



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

Всероссийский научно-исследовательский институт  
кондитерской промышленности –  
филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

**Сборник научных трудов**

**XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

**«ФУД-БУМ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ БУДУЩЕГО ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ»**

28-29 сентября 2023  
Москва

УДК 664

ББК 36:72

Ф94

Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли. Сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов / ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2023. – 331 с.

ISBN 978-5-901768-50-1

В сборнике опубликованы статьи молодых ученых и специалистов научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и организаций, занимающихся разработкой инновационных и совершенствованием традиционных технологий производства пищевой продукции и переработки сельскохозяйственного сырья, современными методами контроля качества и безопасности продуктов питания, разработкой оборудования, а также хранением, транспортированием и реализацией продуктов и сырья различных отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности. Материалы сборника представляют интерес для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов и специалистов АПК.

Сборник представлен в авторской редакции

УДК 664

ББК 36:72

© Коллектив авторов, 2023 г.

© ФГБНУ «Федеральный научный центр  
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2023 г.



*Участникам и гостям  
XVI Международной  
научно-практической конференции  
молодых ученых и специалистов*

*Уважаемые коллеги!*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова - одна из лидирующих научных организаций, охватывающая широкую область науки и аккумулирующая мировые знания о пищевых продуктах.*

*В этом году Конференция предоставляет площадку для дискуссий молодых специалистов из разных регионов России и стран Ближнего Зарубежья. Проведение молодежных конференций способствует открытию путей к новым научным знаниям, образованию связей между разными направлениями, создает стимулы для дальнейшей плодотворной работы, обмену опытом, взаимодействию и развитию новых идей.*

*Желаю всем участникам и гостям XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов конструктивного диалога и эффективного взаимодействия!*

*Директор  
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем  
им. В.М. Горбатова» РАН, д.т.н.*

*О.А. Кузнецова*



*Участникам XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли»*

*От имени Российской академии наук приветствую организаторов, участников и гостей XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли».*

*Молодые ученые и специалисты всегда выступают генератором новых идей и решений. Современный нестандартный взгляд на проблему, креативное мышление помогают им при поддержке опытных наставников быстрее находить ее правильное решение.*

*Надеюсь, что и нынешняя конференция внесет достойный вклад в дальнейшее развитие отечественной науки и достижение технологической независимости социально значимой отрасли экономики – пищевой промышленности.*

*Желаю всем участникам конференции плодотворной и конструктивной работы.*

*Вице-президент РАН,  
академик РАН*

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Н.К. Долгушкин". The signature is fluid and cursive.

*Н.К. Долгушкин*





*Участникам и гостям  
XVI Международной  
научно-практической конференции  
молодых ученых и специалистов*

*Уважаемые коллеги и участники конференции!*

*От имени коллектива Всероссийского института кондитерской промышленности поздравляю вас с началом работы XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов!*

*Тематика конференции охватывает большую область исследований пищевой отрасли. Современные вызовы агропромышленного комплекса требуют новых подходов и решений, и ваше участие здесь имеет огромное значение.*

*В рамках Конференции проходит конкурс научно-исследовательских работ. Представленные работы на конкурс показывают заинтересованность молодых ученых, занимающихся научными исследованиями в разных направлениях, участвовать в традиционной конференции ФНЦ пищевых систем.*

*Желаю Вам продуктивной работы, активного участия в дискуссиях, обмена опытом и находить новых единомышленников для успешных исследований.*

*Директор ВНИИ кондитерской  
промышленности – филиал ФГБНУ  
«ФНЦ пищевых систем им. В.М.  
Горбатова» РАН, к.т.н.*

*С.Л. Белецкий*

## *Предисловие к Сборнику!*

*Этот том – результат научного труда участников Шестнадцатой Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли».*

*В сборнике представлено более 60 статей молодых ученых, аспирантов, магистрантов, бакалавров и студентов из 33 организаций со всех концов России. Исследования посвящены изучению механизмов протекания различных биохимических процессов в сельскохозяйственном сырье, анализу формирования и оценке качества и безопасности продукции, методическим аспектам исследований, всестороннему анализу рисков. Большое внимание в исследованиях уделено методологиям биологических исследований для подтверждения функциональных характеристик пищевого сырья, ингредиентов и готового продукта.*

*Пищевая наука имеет огромное прикладное значение и тесно связана с продовольственной безопасностью. Россия была и остается одной из ведущих стран мира в области производства пищевых продуктов общей и специализированной направленности. Многие предложенные в статьях разработки базируются на передовых технических и технологических решениях, обладают высоким потенциалом коммерциализации.*

*Желаю всем авторам дальнейшей плодотворной работы, новых идей, нестандартных решений, успехов не только в науке, но и в жизни!*



***Чернуха Ирина Михайловна***

*академик РАН, д.т.н., профессор,  
председатель Экспертной комиссии  
конференции*

A handwritten signature in blue ink, reading "Чернуха".

**Список организаций, принявших участие в XVI Международной  
научно-практической конференции молодых учёных и специалистов  
«Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли»**

ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,  
г. Москва

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал  
ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,  
г. Углич

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и  
винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр  
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности –  
филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности –  
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»  
РАН, г. Москва

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ  
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Санкт-  
Петербург

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки –  
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»  
РАН, г. Москва

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и  
океанографии», г. Москва

Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей  
промышленности – филиал ФГБНУ Федерального научного центра «Всероссийский  
научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, Московская  
обл., пос. Ржавки

ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной  
промышленности», г. Москва

Санкт-Петербургский филиал ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности, г. Санкт-  
Петербург

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии», г. Москва

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская  
сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева», г. Москва

ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»,  
г. Орел

Научно-исследовательский институт пищевых концентратной промышленности и  
специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»,  
Московская обл., пос. Измайлово

ФГБУ Научно–исследовательский институт проблем хранения Росрезерва, г. Москва  
ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет», г. Москва  
ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н. М. Эммануэля» РАН, г. Москва  
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», г. Москва  
ФГБУ «Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов», г. Москва  
ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», г. Вологда, с. Молочное  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный аграрный университет», г. Ярославль  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург  
ФГАОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов  
ФГАОУ ВО «Тюменский Государственный Университет», г. Тюмень  
Научно-исследовательский центр ООО «Микробные нутриенты иммунокорректоры», г. Москва  
ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж  
НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Казахстан, г. Семей

# Содержание

Архипов Л.О., Гриневиц А.И., Лаврухина Е.В., Зарубин Н.Ю. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ ПОДМОРОЖЕННОЙ ПИЩЕВОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТР ЕАЭС 040/2016 .....	13
Афанасьева А.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДСЫРНОГО МАСЛА С ВКУСОВЫМИ КОМПОНЕНТАМИ.....	18
Баскаков А.В. КЛАССИФИКАЦИЯ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА.....	23
Бирюлина Н.А, Петров Н.А., Сидорова Ю.С. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФПИ ПРИ НАРУШЕНИЯХ ЖИРОВОГО ОБМЕНА У КРЫС-САМЦОВ ЛИНИИ ВИСТАР .....	27
Богданова Ю.И. ВЛИЯНИЕ ПЛОДОВЫХ ПОРОШКОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СЫРОВЯЛЕННЫХ КОЛБАСАХ.....	32
Большакова Е. И. ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ .....	37
Будова А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКА ИЗ ВЫЖИМОК ЯГОД СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ В КАЧЕСТВЕ ОБОГАЩАЮЩЕЙ ДОБАВКИ В ЗЕРНОВЫХ БАТОНЧИКАХ ИЗ БЕЗГЛУТЕНОВОГО СЫРЬЯ .....	41
Винокуров В.И. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ИЗ ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ .....	46
Галимова А.Р., Ильина М.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЯСНЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЁГКИХ.....	52
Герасина А.Ю. ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОВРЕЖДЕННОГО КРАХМАЛА НА КАЧЕСТВО ПШЕНИЧНОЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ МУКИ.....	58
Хатем Гернуг ИССЛЕДОВАНИЕ ОЛИВКОВОГО МАСЛА ИЗ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ АЛЖИРА.....	61
Горева И.В., Куренкова Л.А. КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ.....	64
Горнич Е.А., Терентьева Д.В. АКВАФАБА – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕГЕТАРИАНСКИХ СОУСОВ .....	69
Грачев С.А., Филиппова Ю.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ФОСФОРА В ПИЩЕВОЙ И КОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ .....	74
Григорьева А.И. ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОТЕОЛИЗА ПРИ СОЗРЕВАНИИ СЫРОВ «РОССИЙСКИЙ» И «ГОЛЛАНДСКИЙ» .....	77
Гуляева О.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ФИТОБИОТИКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКОВ НА СЫВОРОТОЧНОЙ ОСНОВЕ.....	85
Дайырбекова А.Д. ПАШТЕТ ИЗ СУБПРОДУКТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОБОГАЩАЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ .....	90

Дерина Д.С. ПРОБЛЕМА КАМПИЛОБАКТЕРИОЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСА ПТИЦЫ .....	95
Журавлева Д.А., Юргенсон А.К. ПРИМЕНЕНИЕ ЛИСТЬЕВ РЕДИСА В БИОТЕХНОЛОГИИ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ.....	98
Ильин Н.А. СРАВНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ МЕТОДАМИ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ И РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ .....	103
Кабаева К.М. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СЕНСОРНОЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНОГО БАТОНЧИКА.....	108
Каверина Ю.Е., Торопцев В.В. ТЕХНОЛОГИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МАКАРОННОГО ТЕСТА.....	113
Кибиткина А.А. ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ ТРИПТОФАНА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАРЕЮЩИХ МЫШЕЙ ГЕТЕРОЗИГОТНЫХ ПО ГЕНУ TRN2 .....	118
Кизиёва А.С. ФУД-ДИЗАЙН В ИНДУСТРИИ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА .....	125
Киреева О.С., Яркина М.В. ВЛИЯНИЕ ВИДА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ Пониженной влажности.....	128
Крюченко Е.В. АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ НЕСООТВЕТСТВИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АЛЛЕРГЕНАМИ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ .....	134
Кузнецова К.Г., Мечтаева Е.В., Мещеряков А.А., Сутула Г.И. ВЛИЯНИЕ РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЛИЧИНОК МУХИ ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА .....	139
Кулишова К.Е., Бянкина Е.С. СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	144
Kurpiy A.S. PROSPECTS FOR APPLYING THE METHODS OF MANAGING THE QUALITY OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS .....	149
Куценкова В.С. ЭМУЛЬСИОННЫЕ ГЕЛИ В КАЧЕСТВЕ АНТИПРИГАРНОГО СРЕДСТВА .....	153
Лаврухина Е.В., Зарубин Н.Ю., Гриневич А.И. БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЛЕ МАКРУРУСА КАК ПИЩЕВОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ .....	158
Лазарева Е.Г., Хан А.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДНК МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ .....	163
Ландиховская А.В. ВЛИЯНИЕ КОНОПЛЯНОГО МАСЛА НА СТРУКТУРУ ВЗБИТОГО ЗАМОРОЖЕННОГО ДЕСЕРТА.....	167
Коновалова А. Д., Левин О.Н. РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА.....	171
Лисицын А.А. АДАПТАЦИЯ МЕТОДА «ДНК-КОМЕТ» ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АНАЛИЗУ КЛЕТОК ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА .....	178



Мазукабзова Э.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГЛАЗУРЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ.....	182
Макарова А.А., Черткова А.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОАНТАГОНИСТИЧЕСКИХ ШТАММОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОКОНСЕРВАНТА ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	187
Мамыкин Д.С., Вахрушева Д.С. ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ ГОЛЛАНДСКОЙ ГРУППЫ.....	192
Мечтаева Е.В., Кузнецова К.Г. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА СУШКИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МУКИ ИЗ НАСЕКОМЫХ.....	198
Михайленко И.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ - КАЛЬЦИНИРОВАННОГО КОАГУЛИРОВАННОГО ЯИЧНОГО МЕЛАНЖА.....	203
Моисеева А.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КРАСНЫХ ИГРИСТЫХ ВИН.....	207
Моисеенко А. Г. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕСТА НА КАЧЕСТВО МУЛЬТИЗЕРНОВЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	212
Молдованов Г.Г , Кибиткина А.А. СРАВНЕНИЕ ТРЕХ ЛИНИЙ КРЫС С МОДЕЛЬЮ ИНТРАЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ГЕМАТОМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ.....	218
Нестерова М.Д., Купаева Н.В. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ НА ОБЩУЮ АНТИОКСИДАНТНУЮ ЕМКОСТЬ ШЕЛУХИ ЛУКА РЕПЧАТОГО .....	225
Непомнящий А.П., Моисеев Р.Е., Путилов В.Э., Свердлов О.П. ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ.....	231
Нутчина М.А. АКТУАЛИЗАЦИЯ АРБИТРАЖНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ ЖИРА В ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ .....	236
Паноян А. А. ЭКСТРАКТ ИЗ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ БЕЛОЙ В СОСТАВЕ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ.....	241
Перфильев Д.С., Мазукабзова Э.В. ПОВЫШЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ КОНДИТЕРСКИХ ГЛАЗУРЕЙ .....	245
Полищук Е. К. ВЛИЯНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	248
Савкина К.Н. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ЙОДОМ ЛАМИНАРИИ БЕЛОМОРСКОЙ .....	257
Салангин В.В., Пискунова М.М. РАЗРАБОТКА МЯГКОГО СОЧНОГО ПРОДУКТА «ШАШЛЫК ИЗ КУРЯТИНЫ».....	261
Сатабаева Д. М., Зайко Е.В., Стаханова О.А. ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ НОРОВИРУСА В ЯГОДАХ .....	265
Свиридов Д.А., Ганин М.Ю., Акбулатова Д.Р., Соломин И.Г. ИДЕНТИФИКАЦИЯ УКСУСА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИЗОТОПНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ.....	270

Ситникова П.Б. ВЛИЯНИЕ СПИРТА НА КОНСИСТЕНЦИЮ И СТРУКТУРУ МОРОЖЕНОГО .....	273
Скоморохова А.И., Зорина О.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛНОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ.....	277
Сметанин Д.О. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ УГЛЕВОДНО-АМИЛАЗНОГО КОМПЛЕКСА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ.....	281
Сорокоумов П.Н., Кулишова К.Е., Дзюбенко В.В., Баштовенко К.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕТА-КАРОТИНА В МИКРОЗЕЛЕНИ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ (ВЭЖХ).....	287
Спирина М. Е. БУФЕРНАЯ ЕМКОСТЬ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ НЕРАСТВОРИМОГО КАЛЬЦИЯ В СЫРЕ.....	290
Степаненко Д.С. НАКОПЛЕНИЕ МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ В ЗЕРНЕ, ПОРАЖЕННОМ МАЛЫМ МУЧНЫМ ХРУЩАКОМ.....	294
Сумеркина Ю.С. РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ К ОБОСНОВАНИЮ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ МАСЛА ГХИ В РОССИИ.....	298
Фролова Ю.М. РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	303
Хаба Н.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПШЕНИЦЫ ПОСЛЕ ХРАНЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ В МУКУ И ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА .....	309
Чубарова М.В., Орловцева О.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КЕКСА ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ .....	314
Шишкина А.Н. РАЗРАБОТКА ШКАЛЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СЫРОВ ДЛЯ ПИЦЦЫ .....	318
Шуба А.А., Богданова Е.В., Дорохова Я.А., Зюзина Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ МОЛОКА ПЬЕЗОСЕНСОРАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ .....	323
Юрасов А.О. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЦЕНТРАТОВ БЕЛКОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ОТ СЫРОВ С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ.....	328

**РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ ПОДМОРОЖЕННОЙ ПИЩЕВОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТР ЕАЭС 040/2016**

**Архипов Л.О.\* , Гриневич А.И., Лаврухина Е.В., Зарубин Н.Ю.**

*\*e-mail: arkhipov@vniro.ru*

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,  
Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *подмораживание рыбы, криоскопическая температура, температурные режимы хранения.*

**АННОТАЦИЯ**

В статье представлены данные, полученные в результате экспериментальных работ по определению криоскопической температуры рыб с целью дальнейшего расчета и обоснования температурных режимов подмораживания и хранения. Описано противоречие определения термина на подмороженную рыбную продукцию и требований к ее хранению согласно ТР ЕАЭС 040/2016, в котором не учитываются значения криоскопических температур рыбы. В результате проведенных работ определено, что криоскопические температуры в двадцати объектах аквакультуры имеют существенные отличия. Так, максимальные и минимальные значения криоскопической температуры исследуемых образцов различались в 5,7 раза. С учетом требований Технического Регламента «О безопасности рыбы и рыбных продуктов» практически ни один вид исследованной рыбы не сможет храниться в подмороженном виде с заданными температурными режимами согласно п. 57 в.

**CALCULATION OF STORAGE CONDITIONS FOR PARTIALLY FROZEN FISH FOOD PRODUCTS IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF TR EAEC 040/2016**

**Arkhipov L.O.\* , Grinevich A. I., Lavrukhhina E. V., Zarubin N. Yu.**

*\*e-mail: arkhipov@vniro.ru*

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *subfreezing of fish, cryoscopic temperature, storage temperature regimes.*

**ABSTRACT**

The article presents data obtained as a result of experimental work to determine the cryoscopic temperature of fish for the purpose of further calculation and justification of temperature regimes of subfreezing and storage. It describes the contradiction of the definition of the term for subfrozen fish products and requirements for their storage according to TR EAEC 040/2016, which does not take into account the values of cryoscopic temperatures of fish. As a result of the work conducted, it was determined that cryoscopic temperatures in twenty aquaculture facilities have significant differences. Thus, the maximum and minimum values of cryoscopic temperature of the studied samples differed by 5.7 times. Taking into account the requirements of the Technical Regulations "On the safety of fish and fish products" practically no type of fish studied can be stored in a subfrozen form with the specified temperature regimes according to item 57 c.

**1. Введение**

В настоящее время технологии производства и хранения продукции с применением криоскопических температур внедрены или находятся на практических этапах внедрения в технологически развитых странах – Япония, Китай, страны Европейского Союза и применяются на сырье растительного и животного происхождения. Такого рода исследования ведутся и отечественными учеными на мясе крупного рогатого скота, свинине и мясе птицы [1-5].

В соответствии с рекомендациями Международного института холода и данных Федерального Центра исследования мяса [6,7] помимо исходного содержания микроорганизмов, гигиенических условий производства, применения химических и биологических консервантов для обработки продукции, температура охлаждающей среды является доминирующим фактором, определяющим скорость роста микроорганизмов в процессах охлаждения и хранения пищевых продуктов. Так, срок хранения мяса до наступления порчи при температуре 1,0 °С составляет

50% от продолжительности хранения мяса при температуре минус 1, 0°C [6], что согласуется с данными Федерального Центра исследования мяса, срок хранения мяса до наступления порчи при температуре 5,0°C составляет 30%, а при 0°C – 70% от продолжительности хранения мяса при температуре минус 1,5°C [7].

Таким образом, управление температурными режимами хранения пищевой продукции путем понижения температур хранения является одним из ключевых факторов, обеспечивающих увеличение продолжительности хранения продукции.

Однако в рыбной отрасли данная концепция практически не реализована. В частности, технология подмораживания не получила широкого практического внедрения в промышленности, возможно, это связано, в том числе, с отсутствием научно обоснованной технологии и соответствующих документов на производство подмороженной пищевой рыбной продукции.

Тем не менее, определение на «подмороженную пищевую рыбную продукцию» включено в ТР ЕАЭС 040/2016 [8]: «подмороженная пищевая рыбная продукция – рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные, а также водоросли и другие водные растения, подвергнутые процессу замораживания до температуры на 1 °C или 2 °C ниже температуры замерзания тканевого сока внутри них».

Таким образом, определение термина подразумевает осуществление подмораживания рыбы с учетом и на основе значений криоскопической температуры каждого вида рыб.

Однако, в п.57 в. ТР ЕАЭС 040/2016 приведены требования к хранению подмороженной рыбной продукции, без учета определения на данный вид продукции в этом же документе, в частности описанные требования не учитывают значения криоскопических температур, а регламентируют температуру хранения продукции в абсолютных величинах – «в диапазоне от минус 3 °C до минус 5 °C», что является противоречием.

Согласно современным исследованиям значения криоскопических температур могут значительно отличаться в зависимости от видовой принадлежности, так, например, согласно исследованиям [9] криоскопическая температура карася серебряного (*Carassius gibelio*) соответствует значению минус 0,41±0,04 °C., а по данным Rahman, Driscoll [10] скумбрия («Mackerel») характеризуется криоскопической температурой значением минус 2,2 °C, в исследованиях Архипова Л.О. на форели радужной (*Oncorhynchus mykiss*) минус 1,3±0,04 °C и карпе установлены значения криоскопической температуры соответственно минус 0,61±0,03 °C [11].

Таким образом, значения криоскопических температур промысловых видов рыб и видов, выращенных в условиях аквакультуры (товарная аквакультура) имеют значительные видовые отличия и важное практическое значение для установления научно-обоснованных температурных режимов хранения рыбы.

**Целью работы** является экспериментальное определение значений криоскопических температур, исследуемых видов рыб, для установления температурных режимов хранения рыбы в подмороженном состоянии в соответствии с требованиями Технического регламента.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследований являлись: голубая акула (*Prionace glauca*), скат звездчатый (*Amblyraja radiata*), сельдь тихоокеанская (*Clupea pallasii*), лосось атлантический (*Salmo salar*), горбуша (*Oncorhynchus gorbusha*), форель радужная (*Oncorhynchus mykiss*), нерка (*Oncorhynchus nerka*), кета (*Oncorhynchus keta*), ленок остромордый (*Brachymystax lenok*), западноафриканская макрель (*Scomberomorus tritor*), кижуч (*Oncorhynchus kisutch*), хариус сибирский (*Thymallus arcticus*), осетр амурский (*Acipenser schrenckii*), осетр русский (*Acipenser gueldenstaedtii*), ряпушка европейская (*Coregonus albula*), вобла каспийская (*Rutilus rutilus caspicus*), сиг амурский (*Coregonus ussuriensis*), щука (*Esox lucius*), амур черный (*Mylopharyngodon piceus rich*), карась (*Carassius gibelio*).

Криоскопическую температуру определяли термографическим методом, подробно описанным М.А. Дибирасулаевым по С. Джеймсу [1].

Измерение и запись температур выполняли при помощи измерителей температуры (ИС-203.2, ООО «ТЕХНО-АС», LTA/2-Н-Н, ООО «ТЕРМЕКС», Россия).

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты определения значений криоскопических температур и установленные температурные режимы хранения рыбы с учетом определения термина «подмороженная рыбная продукция» согласно ТР ТС 40 представлены в таблице 1.

Таблица 1

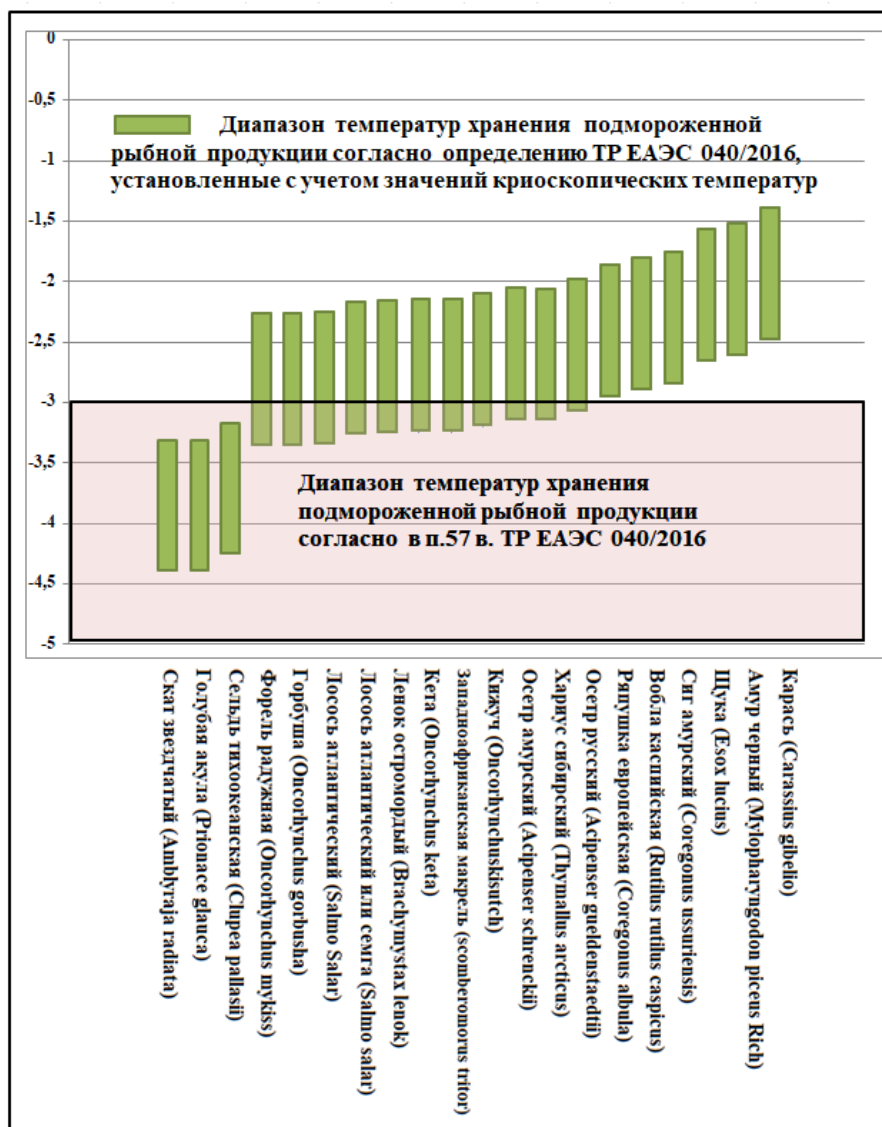
**Значения криоскопических температур и температурные режимы хранения рыбы с учетом определения термина «подмороженная рыбная продукция» согласно ТР ТС 40**

№	Исследуемые объекты	$T_{кр}^*$	$\pm S$	Диапазон температур		Ед. измерения
				подмораживания	и хранения рыбы (макс./мин.).	
1	Голубая акула	-2,35	$\pm 0,05$	-3,35	-4,35	°С
2	Скат звездчатый	-2,35	$\pm 0,05$	-3,35	-4,35	°С
3	Сельдь тихоокеанская	-2,20	$\pm 0,05$	-3,20	-4,20	°С
4	Лосось атлантический	-1,30	$\pm 0,08$	-2,30	-3,30	°С
5	Горбуша	-1,30	$\pm 0,10$	-2,30	-3,30	°С
6	Форель радужная	-1,30	$\pm 0,04$	-2,30	-3,30	°С
7	Нерка	-1,20	$\pm 0,08$	-2,20	-3,20	°С
8	Кета	-1,20	$\pm 0,08$	-2,20	-3,20	°С
9	Ленок остромордый	-1,20	$\pm 0,03$	-2,20	-3,20	°С
10	Западноафриканская макрель	-1,20	$\pm 0,05$	-2,20	-3,20	°С
11	Кижуч	-1,15	$\pm 0,05$	-2,15	-3,15	°С
12	Хариус сибирский	-1,10	$\pm 0,04$	-2,10	-3,10	°С
13	Осетр амурский	-1,10	$\pm 0,03$	-2,10	-3,10	°С
14	Осетр русский	-1,03	$\pm 0,03$	-2,03	-3,03	°С
15	Ряпушка европейская	-0,90	$\pm 0,03$	-1,90	-2,90	°С
16	Вобла каспийская	-0,85	$\pm 0,08$	-1,85	-2,85	°С
17	Сиг амурский	-0,78	$\pm 0,03$	-1,78	-2,78	°С
18	Щука	-0,60	$\pm 0,03$	-1,60	-2,60	°С
19	Амур черный	-0,55	$\pm 0,04$	-1,55	-2,55	°С
20	Карась	-0,41	$\pm 0,04$	-1,41	-2,41	°С

\*  $T_{кр}$  – криоскопическая температура

В результате анализа данных, полученных экспериментально значений криоскопических температур исследуемых видов рыб, и установленных на их основании температурных режимов хранения подмороженной пищевой рыбной продукции согласно ТР ТС 40 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» выявлено, что только три из двадцати исследуемых видов рыб могут храниться не нарушая требования п.57 в. Технического Регламента [8], а остальные семнадцать образцов должны храниться при более высоких значениях температур, рис 1.





**Рисунок 1.** Противоречие требований к температуре хранения подмороженной рыбной продукции согласно ТР ЕАЭС 040/2016

#### 4. Выводы

Определены значения криоскопических температур некоторых видов рыб. Установлено, что значения существенно отличаются, минимальное и максимальное значение криоскопических температур отличается в 5,7 раз. Обоснована необходимость определения криоскопической температуры при обосновании температурных режимов хранения рыбы в подмороженном состоянии.

В результате полученных данных и проведенного анализа существующих температурных режимов хранения рыбы и пищевой рыбной продукции установлено, что определение термина «подмороженная рыбная продукция» не гармонизировано с п.57 в. ТР ЕАЭС 040/2016 в котором приведены абсолютные значения температур хранения подмороженной пищевой рыбной продукции, без учета значений криоскопической температуры объектов подмораживания.

#### Библиографический список

1. Дибирасулаев, М.А., Белозеров, Г.А., Дибирасулаев, Д.М., & Орловский, Д.Е. (2016). Влияние субкриоскопической температуры хранения на количество вымороженной воды в NOR и DFD говядине. *Теория и практика переработки мяса*, 1(2), 18-25. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2016-1-2-18-25>
2. Дибирасулаев, М.А., Белозеров, Г.А., Дибирасулаев, Д.М., Донецких, А.Г., & Кудряшов, Л.С. (2021). Влияние температуры хранения на качество и безопасность бескостных полуфабрикатов из свинины. *Мясная индустрия*, (6), 28-32. <https://doi.org/10.37861/2618-8252-2022-07-40-44>



3. Дибирасулаев, М.А., Белозеров, Г.А., Архипов, Л.О., Дибирасулаев, Д.М., & Донецких, А.Г. (2017). К разработке научно-обоснованных режимов холодильного хранения мяса различных качественных групп при субкриоскопических температурах. *Птица и птицепродукты*, (1), 29-32. <https://doi.org/10.30975/2073-4999-2022-24-2-59-62>
4. Гущин В.В., Маковеев, И.И., Козак С.С. [и др.] (2022). Инновационная технология охлаждения и хранения субпродуктов птицы при субкриоскопической температуре. *Птица и птицепродукты*, № 5, С. 38-42. <https://doi.org/10.30975/2073-4999-2022-24-5-38-42>
5. Гущин, В.В., Маковеев, И.И., Козак, С.С., & Красюков, Ю.Н. (2017). Влияние близкриоскопической температуры хранения на увеличение сроков годности охлажденного мяса индейки. *Птица и птицепродукты*, (1), 15-17.
6. Рекомендации по холодильному хранению скоропортящихся продуктов. Международный институт холода, Париж. – 2000 г. – 180 с.
7. Швегеле, Ф. (1998). Охлаждение, холодильное хранение и созревание мяса – химические и физические основы. Кульмбах: Федеральный центр по исследованию мяса. 218 с.
8. ТР ЕАЭС 040 Технический регламент Евразийского экономического союза 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции», принятый Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 года № 162.
9. Харенко, Е.Н., Архипов, Л.О., Яричевская, Н.Н. (2019). Установление функциональной зависимости количества вымороженной воды от индивидуальных криоскопических температур рыбы. *Труды ВНИРО*, 176, 81-94.
10. Rahman, M.S., Driscoll, R.H. (1994). Freezing points of selected seafoods (invertebrates). *International journal of food science & technology*, 29(1), 51-61.
11. Архипов Л.О., Харенко Е.Н., Биндюкова Е.Д. [и др.] (2022). Влияние субкриоскопической температуры хранения на изменение показателей качества неразделанного карпа (*Cyprinus carpio*). *Пищевая промышленность*. № 6., С. 34-38. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.6.6.008>

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДСЫРНОГО МАСЛА С ВКУСОВЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

**Афанасьева А.А.\***

*\*e-mail: a.afanasyeva@fncps.ru*

*Научный руководитель: д-р тех. наук, Топникова Е.В.*

*Всероссийский научно – исследовательский институт маслоделия и сыроделия –  
филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Углич,  
Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *масло подсырное, вкусовые компоненты, технология*

### **АННОТАЦИЯ**

Цель исследования – разработать технологию производства масла сливочного подсырного с вкусовыми компонентами. Для проведения экспериментальной части работы подсырную сыворотку подвергали сепарированию с получением сливок массовой долей жира 35,0 %. Сливок подвергали термообработке и использовали для выработки масла массовой долей жира 80,0 %. Экспериментальные выработки проводили методом сбивания сливок с применением маслоизготовителей периодического действия. Вкусовые компоненты подбирали с учетом их сочетаемости с молочной основой. В качестве наполнителей были выбраны: соль пищевая, сушеная зелень укропа и перец красный молотый. Суммарная оптимальная доза вносимых компонентов установлена на уровне не более 1,0 %. При выполнении работы обоснованы порядок внесения вкусовых компонентов и технологические режимы производства нового вида масла. Проведенные исследования использованы при разработке комплекта документов на промышленное производство масла сливочного Подсырного с вкусовыми компонентами.

## **DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF WHEY BUTTER WITH FLAVORING COMPONENTS**

**Afanasyeva A.A.\***

*\*e-mail: a.afanasyeva@fncps.ru*

*Supervisor of studies: Topnikova E.V.*

*All-Russian Scientific-Research Institute of Butter –and Cheesemaking –  
Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia*

**KEYWORDS:** *Whey butter, Taste components, Technology*

### **ABSTRACT**

The purpose of the study is to develop a technology for the production of whey butter with flavor components. To carry out the experimental part of the work, the whey was separated to obtain cream with a fat mass fraction of 35.0%. The cream was subjected to heat treatment and used to produce butter with a fat mass fraction of 80.0%. Experimental workings were carried out by the method of churning cream with the use of batch oil manufacturers. The taste components were selected taking into account their compatibility with the milk base. As fillers were selected: food salt, dried dill greens and ground red pepper. The total optimal dose of the introduced components is set at no more than 1.0%. When performing the work, the procedure for introducing flavor components and technological modes of production of a new type of oil are justified. The conducted research was used in the development of a set of documents for the industrial production of whey butter with taste components.

### **1. Введение**

Как известно, сыворотка является побочным продуктом производства, получаемым при производстве сыра и творога. Так как промышленные объемы производства данных продуктов из года в год стабильно растут, следовательно, растут и объемы производства молочной сыворотки [1]. В связи с этим перед промышленностью встает вопрос о максимальном ее использовании. Именно при этих условиях создаются условия безотходного производства сыра и творога и повышается эффективность производства в целом.

Сыворотка, как известно, является ценным сырьевым ресурсом, включающим все компоненты молока. Наибольший интерес для промышленности и науки представляют отдельные ее компоненты, такие как белки, молочный сахар и молочный жир. По данному направлению проведено много исследовательских работ [2-5]. Получение отдельных составляющих сыворотки происходит при применении такой операции как сепарирование, получая при этом на выходе сывороточные или так называемые подсырные сливки. Полученные сливки в дальнейшем направляют на выработку подсырного масла, которые чаще всего используются в качестве сырья при производстве топленого масла. При этом значительно снижается эффективность производства, происходит частичная потеря жира, исключается возможность использования ценных фосфолипидов и сывороточных белков в пищевых целях.

Учитывая уникальный состав подсырных сливок и практическую возможность переработки их в масло, целесообразным является развитие технологии производства Подсырного масла с одновременным расширением ассортиментной линейки продуктов маслоделия.

Целью нашей работы было разработать технологию производства масла сливочного подсырного с вкусовыми компонентами, позволяющую вырабатывать высококачественные продукты маслоделия способные удовлетворить спрос потребителя при его стремлении использовать в пищу натуральное сливочного масла с оригинальным вкусом.

## 2. Материалы и методы

Исследования проводились в лаборатории маслоделия Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия – филиала Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН.

*Объекты исследования:* сыворотка подсырная, подсырные сливки, масло подсырное с вкусовыми компонентами.

Для проведения исследований была взята сыворотка, полученная в процессе производства сычужных сыров ООО «Угличским сыродельно-молочным заводом» (Ярославская область, г. Углич). Сыворотку нагревали до температуры 35–40 °С и сепарировали на сепараторе-сливкоотделителе. Полученные сливки подвергали высокотемпературной обработке, охлаждению и созреванию. Созревшие сливки сбивали с использованием пилотного оборудования. В полученное подсырное масло вносили подготовленные вкусовые компоненты, в качестве которых использовали соль пищевую сорта экстра, зелень укропа сушеную и перец красный молотый (хлопьями).

Органолептические показатели масла оценивали сенсорным методом. Анализ биохимических показателей сырья и готового продукта (массовая доля жира; массовая доля влаги; титруемая кислотность молочной плазмы и жировой фазы) проводился по стандартизированным методикам.

## 3. Результаты и обсуждение

Показатели качества подсырной сыворотки были следующими: массовая доля жира 0,7 %, титруемая кислотность – 12,0 °Т, органолептические характеристики соответствовали требованиям ГОСТ 34352–2017 Сыворотка молочная-сырье. Технические условия. Показатели качества сливок, полученных при сепарировании сыворотки, представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Качественные показатели подсырных сливок-сырья**

Наименование показателя	Сливки-сырье по ГОСТ 34355-2017	Подсырные сливки
Массовая доля жира, %	10,0-58,0	35,0±1,0
Вкус и запах	Выраженный сливочный, чистый, сладковатый, с привкусом пастеризации	Чистый, сливочный, с привкусом пастеризации, слабовыраженным сывороточным привкусом
Консистенция и внешний вид	Однородная, гомогенная. Допускаются единичные комочки жира	Однородная, гомогенная
Цвет	Белый с кремовым оттенком, однородный	Кремовый, однородный
Титруемая кислотность сливок, °Т	Не более 15,0	11,0±1,9

При органолептической оценке подсырных сливок было отмечено наличие слабого сывороточного привкуса, что является допустимым при их использовании в качестве сырья для маслоделия. По остальным параметрам подсырные сливки-сырье соответствовали требованиям, установленным ГОСТ 34355-2017 «Сливки-сырье. Технические условия» и ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

При проведении исследований установлено, что оптимальная температура пастеризации сливок составляет  $(85 \pm 2)$  °С с выдержкой 10 минут, которая обеспечивает полное подавление жизнедеятельности посторонней микрофлоры и придает привкус пастеризации готовому продукту. Установлено, что режимы созревания и сбивания подсырных сливок не требуют корректировки, поскольку состав их жировой фазы приближен к составу сливок, полученных из молока. Поэтому при выполнении эксперимента сливки подвергали созреванию при обычном режиме: температура  $(5 \pm 2)$  °С в течение 15 часов. После созревания сливки подогревали до 12 °С и сбивали при данной температуре. Механическую обработку масляного зерна, после отделения пахты, проводили с частотой вращения емкости (35-45) об/мин, обеспечивающей формирование пласта масла с пластичной консистенцией и равномерным распределением влаги.

Для выработки оригинального по органолептическим показателям масла необходимо было подобрать вкусовые компоненты таким образом, чтобы они по отдельности и в комбинации друг с другом придавали выраженные органолептические характеристики и хорошо сочетались с жировой основой. В качестве наполнителей нами были выбраны: соль пищевая, зелень укропа и перец красный молотый в диапазоне от 0,5 % до 1,0 %.

Массу вкусовых компонентов,  $M_{вк}$ , необходимых для подготовки и внесения в пласт масла конкретной рецептуры, устанавливали согласно расчету, выполненному с учетом теоретического выхода масла и фактического состава используемых компонентов по формуле:

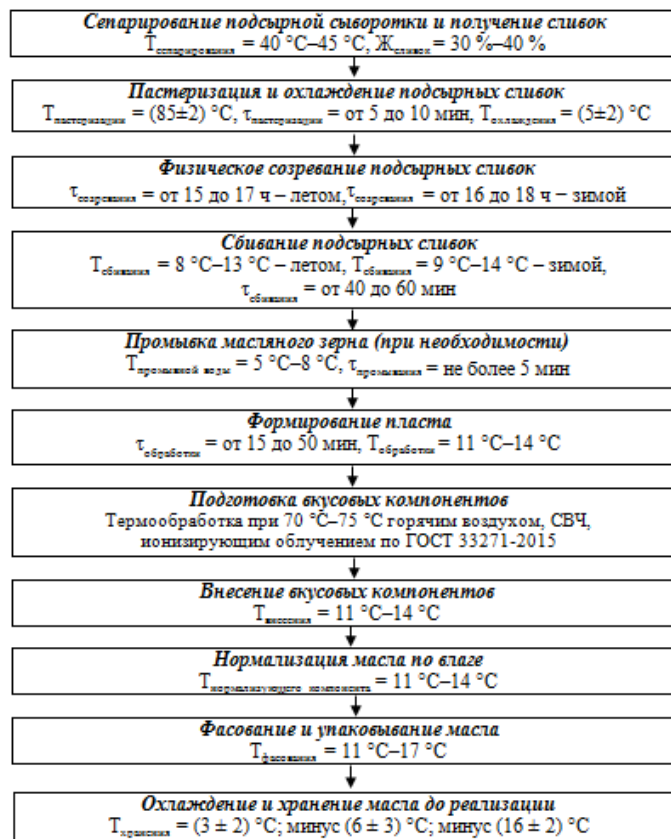
$$M_{вк} = \frac{M_{мо} \cdot ВКм}{100 - Ввк}, \quad (1)$$

где  $M_{мо}$  – ожидаемая масса масла, кг;  $ВКм$  – требуемая массовая доля сухих веществ вкусового компонента в масле, %;  $Ввк$  – массовая доля влаги во вкусовом компоненте, %.

В ходе исследований была подобрана оптимальная доза их внесения: соли пищевой – 0,5 %; зелени укропа – 0,5 % или молотого красного перца – 0,5 % в дополнение к соли.

С целью обеспечения микробиологической безопасности готового продукта вкусовые компоненты целесообразно подвергать предварительной обработке. Установлено, что для обеспечения требуемых микробиологических показателей, сушеные компоненты (укроп и красный перец) целесообразно термически обработать при температуре от 70 °С до 75 °С в течение 10 мин, а затем в охлажденном виде вносить в пласт масла. Пищевую соль после вскрытия упаковки можно вносить методом рассеивания по поверхности таким образом, чтобы обеспечить ее равномерное распределение в продукте. После внесения вкусовых компонентов необходимо проводить дообработку масла до получения массовой доли жира в пласте 80,0 % и равномерного распределения вкусовых компонентов.

На основе полученных данных была разработана технология производства масла подсырного с вкусовыми компонентами с массовой долей жира 80,0 %. Технологическая схема производства данного вида масла приведена на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Технологическая схема производства масла подсырного с вкусовыми компонентами

Показатели качества выработанного по данной технологии масла проводили после его охлаждения и стабилизации структуры. Полученные образцы масла характеризовались следующими показателями: массовая доля жира –  $(80,0 \pm 1,0)$  %; массовая доля влаги: с солью –  $(19,0 \pm 0,2)$  %; с солью и укропом –  $(18,5 \pm 0,2)$  %; с солью и перцем –  $(18,5 \pm 0,2)$  %; титруемая кислотность молочной плазмы –  $(19,0 \pm 0,5)$  °Т; кислотность жировой фазы во всех образцах – не более  $2,0$  °К.

Применение данной технологии обеспечило соответствие продукта по микробиологическим показателям (КМАФАнМ – не более  $1 \times 10^5$  КОЕ/г, БГКП отсутствовали в  $0,01$  г, дрожжи и плесневые грибы не более  $200$  КОЕ/г (в сумме), патогенные микроорганизмы отсутствовали в нормируемой массе) и придало ему оригинальные органолептические свойства (табл. 2).

Таблица 2

### Органолептические показатели образцов масла

Наименование показателя	Масло подсырное соленое	Масло подсырное соленое с укропом	Масло подсырное соленое с перцем
Вкус и запах	Характерный для сливочного масла с привкусом пастеризации, умеренно соленый, со слабовыраженным привкусом сыворотки	Характерный для сливочного масла с привкусом пастеризации, умеренно соленый, со вкусом и запахом укропа, со слабовыраженным привкусом сыворотки	Характерный для сливочного масла с привкусом пастеризации, умеренно соленый, слегка острый, со слабовыраженным привкусом сыворотки
Консистенция и внешний вид	Пластичная, плотная, однородная; с наличием единичных мельчайших капелек влаги	Пластичная, плотная, с включениями частиц вкусового компонента; с наличием единичных мельчайших капелек влаги	Пластичная, плотная, с включениями частиц вкусового компонента; с наличием единичных мельчайших капелек влаги
Цвет	Белый с кремовым оттенком, однородный	Светло-желтый, с вкраплениями частиц вкусового компонента	Светло-желтый, с вкраплениями частиц вкусового компонента

Результаты исследований послужили основой для разработки комплекта технических документов на промышленное производство масла сливочного Подсырного с вкусовыми компонентами: с солью, перцем и укропом (СТО 056-2022 Масло сливочное подсырное соленое).

#### 4. Выводы

Учитывая практическую возможность переработки в масло жирового компонента такого ценного сырья как сыворотка, можно считать, что технология Подсырного масла является перспективным направлением для расширения ассортиментной линейки продуктов маслоделия. Развитие ассортимента этого масла – перспективное и востребованное промышленностью решение, позволяющее вырабатывать этот высококачественный продукт из побочного сырья на существующем маслодельном оборудовании без существенного увеличения затрат.

#### Библиографический список

1. Что происходит в отечественном секторе переработки молока? (2022). Milknews - Новости молочного рынка. Источник <https://milknews.ru/longridy/chto-s-pererabotkoy.html?ysclid=lj118ui9qm306303816>. Дата обращения 18 июня, 2023.
2. Zandona, E., Blažić, M., Režek Jambrak, A. (2021). Whey utilization: Sustainable uses and environmental Approach. *Food Technology and Biotechnology*, 59(2), 147-161. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.02.21.6968>.
3. Minj, S., Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1(3), 233-258. <https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
4. Macedo, C., Nunes, M. C., Sousa, I., Raymundo, A. (2020). Rheology methods as a tool to study the impact of whey powder on the dough and breadmaking performance of wheat flour. *Fluids*, 5(2), 50. <https://doi.org/10.3390/fluids5020050>
5. Rama, G. R., Kuhn, D., Beux, S., Maciel, M. J., de Souza, C. F. V. (2019). Potential applications of dairy whey for the production of lactic acid bacteria cultures. *International Dairy Journal*, 98, 25-37. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.06.012>



## КЛАССИФИКАЦИЯ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

**Баскаков А.В.\***

\*e-mail: [baskakovandrew@gmail.com](mailto:baskakovandrew@gmail.com)

*Научный руководитель: канд. хим. наук, докт. техн. наук, доц. Зайцева Л.В.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный  
центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *пшеница, мука, классификация муки, качественные  
характеристики муки*

### АННОТАЦИЯ

Страны Европейского союза эффективно применяют стратегию распределения показателей качества продуктов переработки пшеницы по физико-химическим показателям. Модернизируя и применяя эту практику начиная со сбора урожая на всех стадиях производства муки. Литературный обзор составляет данные о классификации пшеничной муки в Италии, Франции и Германии, опираясь на научные исследования в этой области за последние несколько лет. Требования к муке строго однозначны для мучных кондитерских изделий - с низким содержанием белка, для хлебобулочных изделий – с повышенным содержанием клейковины, а товарная классификация зерна уже предусматривает целевое использование конечного продукта. Данные практики помогают упростить выбор сырьевой базы для повешения качества готовой продукции и ускорения производственного процесса на хлебопекарных и кондитерских предприятиях.

### CLASSIFICATION OF WHEAT FLOUR IN SOME EUROPEAN UNION COUNTRIES

**Baskakov A.V. \***

\*e-mail: [baskakovandrew@gmail.com](mailto:baskakovandrew@gmail.com)

*Supervisor of studies: Zaitseva L.V.*

*All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal  
Research Center for Food Systems of RAS 20 p.3, Elektrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia*

**KEYWORDS:** *wheat, flour, flour classification, flour quality characteristics*

### ABSTRACT

The countries of the European Union effectively apply the strategy of distributing the quality indicators of wheat processing products by physico-chemical indicators. Modernizing and applying this practice starting from harvest at all stages of flour production. The literature review compiles data on the classification of wheat flour in Italy, France and Germany, based on scientific research in this area over the past few years. The requirements for flour are strictly unambiguous for flour confectionery products - with a low protein content, for bakery products – with a high gluten content, and the commodity classification of grain already provides for the intended use of the final product. These practices help simplify the choice of a raw material base for hanging the quality of finished products and accelerating the production process at bakery and confectionery enterprises.

### 1. Введение

Использование различных видов муки в странах мира зависит в первую очередь от культурных традиций и национальных кухонь. В Италии широко используется мука из твердых сортов пшеницы для приготовления традиционных блюд, таких как паста, хлеб и пицца. Во Франции же предпочитают муку из мягких сортов пшеницы для приготовления булочек, круассанов или багетов.

Каждому виду выпечки соответствует сорт пшеничного зерна подходящего по характеристикам качества. Разделение пшеницы по виду эндосперма на твердую и мягкую оказывает существенное влияние на крупность помола, химический состав муки, качество и количество клейковины, количество белка. Спектр данных показателей помогает с точностью определять качественные характеристики муки необходимые для приготовления итальянской пасты или французских круассанов.

Международная практика классифицирования показывает эффективность стратегии разделения пшеничной муки по физико-химическому составу еще на мукомольных заводах, это существенно упрощает производственные циклы на хлебопекарных и кондитерских предприятиях. [1]

## 2. Материалы и методы

Литературный обзор составляет данные о классификации пшеничной муки в Италии, Франции и Германии, опираясь на научные исследования в этой области за последние несколько лет. Для сбора материала были использованы источники из сети интернет, базы научных статей eLIBRARY и Sciencedirect, один из основных критериев включения материала были статьи на языке оригинала исследуемой страны.

## 3. Результаты и обсуждение

В ЕС 29% производимой муки предназначено для промышленных пекарен, 28% - для пекарен ручной работы, 13% - для тортов, печенья и сухарей, 12% - для пекарен супермаркетов, 12% - для домашнего использования и 6% - для других целей и экспорта.

Весь мукомольный сектор координируется по всему ЕС для соответствия высоким нормативным требованиям и стандартам, которые гарантируют качество продукции для потребителей [2].

Следует отметить, что в ЕС вообще не существует единой системы зерновых стандартов, имеется лишь определение так называемого зерна «среднего стандартного качества», которое используется при определении пригодности зерна требованиям интервенционных закупок ЕС. В то же время, в некоторых странах в основе собственной классификации зерна пшеницы приняты массовая доля белка или клейковины [3].

В странах Европы требования к муке резко дифференцированы: для мучных кондитерских изделий - с низким содержанием белка, для хлебобулочных изделий – с повышенным содержанием клейковины, а товарная классификация зерна уже предусматривает целевое использование конечного продукта (табл. 1).

Таблица 1

### Рекомендации по целевому использованию пшеничной муки в зависимости от содержания белка

Тип муки	Общее содержание белка, %	Целевое использование
Мука для выпечки тортов (Cake flour)	7.5–8.5	Пироги, хлеб быстрого приготовления, кексы, панкейки, блины. Обеспечивает образование в изделии нежного мякиша.
Кондитерская мука (Pastry flour)	8–10	Открытые пироги и кондитерские изделия
Мука быстрого приготовления (Instant flour)	9.5–11	Соусы и подливы
Отбеленная универсальная мука (Bleached flour)	9.5–12	Мука общего назначения для некоторых видов хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.
Мука для хлеба (Bread flour)	11.5–12.5	Дрожжевые сорта хлеба, паста, пицца
Мука из пшеницы дурум (семолины)	13–13.5	Паста

Классификация муки по степени ее измельчения регулируется законодательством различных стран, в которых выход муки при помолке должен соответствовать пороговому значению ряда параметров, в частности, содержанию золы, белка и выходу муки, которые являются эффективными маркерами наличия отрубей (табл. 2).

**Классифицирование европейской муки по показателям качества**

Тип муки			Зола, %	Белок, %	Выход муки, %	Наименование (назначение) муки
Германия	Франция	Италия				
405	45	00	<0,50	~ 9	<65	Кондитерская мука
550	55	0	~ 0,55	~ 11	~70	Мука общего назначения
812	80	1	~ 0,8	~ 14	~80	Мука с высоким содержанием клейковины
1050	110	2	~ 1	~ 15	~ 85	Мука низких сортов
1700	150	Farina integrale	>1,7	~ 13	>90	Цельнозерновая мука

Италия лидирует в европейском мукомольном секторе: 233 мельницы производят более 4 миллионов тонн муки в год. Мука, используемая в Италии, производится почти исключительно в Италии. Итальянская мукомольная промышленность, начиная с помола мягкой и твердой пшеницы, играет важную роль в национальной цепочке поставок пшеницы – как для муки, так и для манной крупы [4].

В Германии для классифицирования муки указывают количество золы (измеряется в миллиграммах), получаемой из 100 г сухой массы этой муки. Стандартные сорта пшеничной муки (определенные в DIN 10355) варьируются от типа 405 для обычной белой пшеничной муки для выпечки до крепких сортов муки 550, 650, 812 и более темных сортов 1050 и 1600 для цельнозернового хлеба. Чем выше номер сорта, тем больше минералов содержится в муке, которые при поджаривании образуют золу [5].

Эта система сортировки действует в Германии с 1934 года. Система сортировки была пересмотрена и дополнена в 1992 году в соответствии со стандартом DIN 10355 (DIN расшифровывается как Deutsches Institut für Normung e.V. — Немецкий институт стандартизации.)

Во Франции, по данным MI Prospects, официальная классификация пшеницы включает четыре класса: Е, 1, 2 и 3, в основу которых положены массовая доля белка, число падения и влажность. Каждый сорт пшеницы перерабатывается в муку для различных хлебопекарных предприятий [6].

Мука общего назначения (Т55) является наиболее распространенной. Ею получают путем тонкого измельчения белка из смеси зерен, полученных из пшеничной муки грубого помола и мягкой пшеницы. Он входит в состав различных хлебобулочных изделий, включая дрожжевой хлеб, пирожные, печенье и выпечку.

Хлебная мука (Т65) предназначена для коммерческих хлебобулочных изделий. Она похожа на универсальную муку, но в ней больше белка.

Мука с добавлением разрыхлителя - это разновидность универсальной муки с добавлением соли и разрыхлителя. Она широко используется в производстве печенья.

Мука для выпечки (Т45) производится из мягкой пшеницы. Она отличается очень тонкой текстурой и низким содержанием белка. Используется для приготовления всех видов хлебобулочных изделий, таких как торты, сладкое и соленое печенье, а также некоторых кондитерских изделий. Эта мука содержит более высокий процент крахмала и более низкий уровень белка, чем хлебная мука [7].

#### 4. Выводы

Рассмотренные стратегии классифицирования позволяют понять, необходимость применения данных методик в России. Хлебопекарные и кондитерские предприятия заинтересованы в получении сырьевой базы, которая будет соответствовать всем оценочным

критериям. Выбранная по заявленным качественным характеристикам мука может сразу соответствовать конкретной производственной задаче.

### **Библиографический список**

1. Pagani, M. A. Marti, A., & Bottega, G. (2014). Wheat Milling and Flour Quality Evaluation. *John Wiley & Sons, Ltd*, pp. 17-53. DOI: doi.org/10.1002/9781118792001.ch2
2. Co-Funded by the European Union. (2023). European & Italian Flour Production. Retrieved from <https://pureflourfromeurope.com/european-italian-flour-production/> Accessed May 20, 2023
3. Commission Regulation (EC) No 1249/96 of 28 June 1996 on rules of application (cereal sector import duties) for Council Regulation (EEC) No 1766 / 92. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ> Accessed May 20, 2023
4. Cereal Varieties from Martonvasar. (2021). Agricultural Institute, Martonvasar. Retrieved from <http://www.agrar.mta.hu>. Accessed May 20, 2023
5. German flour. (2020). German flour grading system. Retrieved from <https://www.cooksinfo.com/german-flours> Accessed May 15, 2023
6. MI Prospects. (2021). Early Bird Survey. HGCA. Retrieved from [http://www.hgca.com/media/280544/mi\\_prospects\\_vol\\_1\\_6-13-1-.pdf](http://www.hgca.com/media/280544/mi_prospects_vol_1_6-13-1-.pdf) Accessed May 15, 2023
7. Yara. (2023). The different categories of wheat. Retrieved from <https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/ble/categorisation-ble/> Accessed May 15, 2023

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФПИ ПРИ НАРУШЕНИЯХ ЖИРОВОГО ОБМЕНА У КРЫС-САМЦОВ ЛИНИИ ВИСТАР

Бирюлина Н.А.\*, Петров Н.А., Сидорова Ю.С.

\*e-mail: [biryulina\\_nadezhda@mail.ru](mailto:biryulina_nadezhda@mail.ru)

Научный руководитель: докт. биол. наук, проф. Мазо В.К.

Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи,  
Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *концентрат фикоцианинов, соевый белок, инсулинорезистентность, гиполипидемический эффект.*

### АННОТАЦИЯ

Представляется перспективным использование в качестве пищевых ингредиентов специализированных пищевых продуктов обладающих гипогликемическими, гиполипидемическими и антиоксидантными свойствами концентратов фикоцианинов, экстрагируемых из биомассы пищевой цианобактерии *A. Platensis*. Эффективность ФПИ при нарушениях углеводного и липидного обмена оценивали в течение 113 суток на растущих крысах-самцах линии Вистар с исходной массой тела  $45 \pm 5$  г. Функциональный пищевой ингредиент (ФПИ) получали сухим смешиванием концентрата фикоцианинов и изолята соевого белка. Потребление фикоцианинов в дозе 30 мг/кг массы тела в составе ФПИ крысами-самцами линии Вистар с нарушениями липидного обмена, индуцированным высокожировым высокоуглеводным рационом с добавлением 2% холестерина, оказывало гиполипидемическое действие, нормализуя уровни гормонов лептина и грелина, ферментов супероксиддисмутазы и малонового диальдегида, и препятствуя развитию инсулинорезистентности.

**Финансирование:** Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований (Тема № FGMF-2022-0002).

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF FFI IN LIPID METABOLISM DISORDERS OF MALE WISTAR RATS

Biryulina N.A.\*, Petrov N.A., Sidorova Yu.S.

\*e-mail: [biryulina\\_nadezhda@mail.ru](mailto:biryulina_nadezhda@mail.ru)

Supervisor of studies: doctor of Biological sciences, prof. Mazo V.K.

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

KEYWORDS: *phycocyanin concentrate, soy protein, insulin resistance, hypolipidemic effect*

### ABSTRACT

It seems promising to use phycocyanin concentrates extracted from the biomass of the food cyanobacterium *A. platensis* with hypoglycemic, hypolipidemic and antioxidant properties as food ingredients of specialized food products. The effectiveness of FFI in disorders of carbohydrate and lipid metabolism was evaluated for 113 days on growing male Wistar rats with an initial body weight of  $45 \pm 5$  g. The functional food ingredient (FFI) was obtained by dry mixing of phycocyanin concentrate and soy protein isolate. Consumption of phycocyanins at a dose of 30 mg/kg of body weight in the composition of FFI by male Wistar rats with lipid metabolism disorders, induced by a high-fat high-carbohydrate diet with the addition of 2% cholesterol, had a hypolipidemic effect, normalizing the levels of leptin and ghrelin, the superoxide dismutase and malondialdehyde, and preventing the development of insulin resistance.

**Funding:** The work was supported by the state assignment within the framework of the Program for Fundamental Scientific Research (Subject No. FGMF-2022-0002).

### 1. Введение

Профилактика и диетотерапия алиментарно-зависимых заболеваний предполагают включение в рационы питания лиц, входящих в группу риска, специализированных пищевых продуктов (СПП), эффективность которых определяется наличием в их составах пищевых



ингредиентов, содержащих биологически активные вещества (БАВ), проявляющие гипогликемическое и гиполипидемическое действие. Перспективным источником БАВ, в первую очередь фикоцианинов, для включения в состав СПП является биомасса *A.platensis*. Отличительной особенностью *A.platensis*, определяющей высокую пищевую и биологическую ценность её состава, является содержание белка, которое в высушенной биомассе спирулины может достигать 75 %. Около 50% от общего содержания всех белков в составе биомассы *A.platensis* составляют фикоцианины (С-фикоцианин и аллофикоцианин) комплексы белков с фикоцианобилином - синим тетрапиррольным хромофором. Благоприятные эффекты использования фикоцианинов в качестве пищевого источника БАВ при моделировании нарушений углеводного и/или жирового обмена у млекопитающих убедительно подтверждены в опытах *in vitro* и *in vivo* с использованием лабораторных животных [1-5]. Выраженные антиоксидантные, гипогликемические и гиполипидемические свойства, проявляемые экстрактами с высоким содержанием фикоцианинов, определяют перспективность их получения и включения в составы ФПИ и СПП для диетической профилактики и диетической коррекции нарушений углеводного и/или жирового обмена [5-9].

**Цель данной работы** исследовать *in vivo* влияние функционального пищевого ингредиента на некоторые физиолого-биохимические показатели у крыс-самцов линии Вистар с нарушением липидного обмена, индуцированным потреблением ВЖВУ рациона и холестерина.

## 2. Материалы и методы

Концентрат фикоцианинов экстрагировали из сухой биомассы *A.platensis*, предоставленной НПО «Биосоляр МГУ», при температуре +4°C 0,1М калий фосфатным буфером pH 7,0 в течение 8 часов при соотношении биомасса:экстрагент 1:10. Образовавшуюся суспензию центрифугировали, супернатант отделяли от осадка методом декантирования, повторно экстрагировали осадок по аналогичной схеме и экстракты объединяли. Полученный объединенный экстракт подвергали ультрафильтрации в тангенциальном потоке через мембрану с диаметром пор 30 кДа на установке для микро- и ультрафильтрации на базе фильтродержателя АСФ-018 («Владисарт», РФ). Удаляли пермеат, содержащий низкомолекулярные примеси, и обессоливали на этой же мембране отобранный ретентат. Обессоленный ретентат лиофильно высушивали и получали концентрат фикоцианинов. Суммарное содержание фикоцианинов в концентрате определяли спектрофотометрическим методом при двух длинах волн 620 и 655 нм согласно руководству [10] составило  $211 \pm 0,1$  мг/г.

Функциональный пищевой ингредиент (ФПИ) получали сухим смешиванием концентрата фикоцианинов и изолята соевого белка (Супро 760IP).

Эффективность ФПИ при нарушениях углеводного и липидного обмена оценивали в течение 113 суток на растущих крысах-самцах линии Вистар с исходной массой тела  $45 \pm 5$  г. Животные содержались по 2 крысы в клетке в контролируемых условиях окружающей среды (температура 20-26°C, относительная влажность 30-60%, 12 часовой цикл освещения).

Рандомизированно по массе тела, уровню глюкозы крови и результатам теста «Открытое поле» животных разделили на 4 группы: К1 (n=14), Г2 (n=14), Г3 (n=14), Г4 (n=14).

Животные контрольной группы К1 на протяжении всего эксперимента получали стандартный полусинтетический рацион (ПСР) (20% казеина, 10% жира, 58% углеводов в виде крахмала, 382 ккал/100г). Животные группы Г2 получали модифицированный изоазотистый высокожировой высокоуглеводный (ВЖВУ) рацион с добавлением 2% холестерина (20% казеина, 30% жира, 2% холестерина, 18% углеводов в виде крахмала, 20% сахарозы, 510 ккал/100 г). Животные группы Г3 получали ВЖВУ рацион с добавлением 2% холестерина, где 50% казеина заменяли на изолят соевого белка (10% белка казеина, 10% белка сои, 30% жира, 2% холестерина, 18% углеводов в виде крахмала, 20% сахарозы, 510 ккал/100 г). Животные группы Г4 получали ВЖВУ рацион с добавлением 2% холестерина (10% белка казеина, 10% ФПИ, 30% жира, 2% холестерина, 18% углеводов в виде крахмала, 20% сахарозы, 510 ккал/100 г), где 50% казеина заменяли на ФПИ, полученный смешиванием концентрата фикоцианина и изолята соевого белка, с учетом дозировки фикоцианина – 30 мг на кг массы тела крысы. Животные всех групп на протяжении всего эксперимента получали корм и питьевую воду *ad libitum*.

На протяжении эксперимента контролировали потребление корма, производили взвешивание животных, измеряли уровень глюкозы в крови, проводили тест на инсулинорезистентность (на 93 сутки). На 113 сутки животных выводили из эксперимента декапитацией под легким эфирным наркозом. После декапитации получали сыворотку крови для

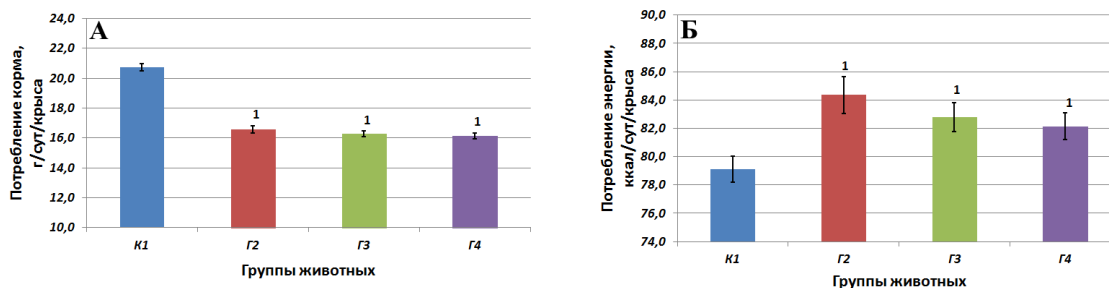


общего биохимического анализа крови и извлекали печень, которую лиофилизовали. В сыворотке крови на автоматическом биохимическом анализаторе «Konelab 20i», фирмы «Thermo Scientific» определяли содержание показателей липидного обмена (общий холестерин). Методом ИФА анализа в сыворотке крови определяли содержание лептина, грелина, малонового диальдегида, супероксиддисмутазы. Содержание триглицеридов и холестерина в жире, экстрагированном из печени, определяли спектрофотометрически на автоматическом биохимическом анализаторе Konelab 20i (ThermoScientific, США). Жир экстрагировали из печени по методу Фолча [11].

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 20 (IBM, США). Вычисляли среднее значение (M) и стандартную ошибку среднего (m). Данные представлены как M±m. Нормальность распределения выборок подтверждена согласно критерию Пирсона. Статистические различия между группами оценивали с использованием критерия Стьюдента. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (p) принимали равным 0,05.

### 3. Результаты и обсуждение

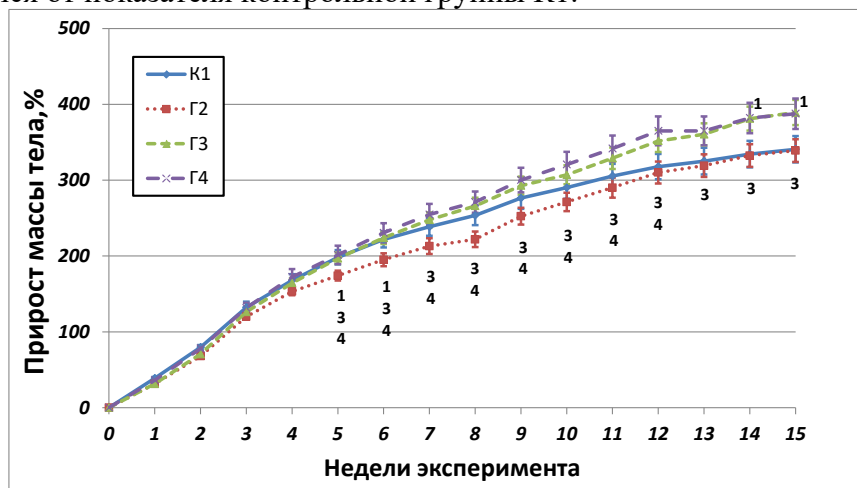
На протяжении эксперимента животные групп, получавших ВЖВУ-рационы, потребляли достоверно меньше корма по сравнению с животными контрольной группы К1, получавшей стандартный полусинтетический рацион (рис. 1). Такое различие в потреблении связано с большей калорийностью ВЖВУ рациона. Потребление энергии животными опытных групп было достоверно выше по сравнению с контрольной группой К1. Фактическое потребление фикоцианина в сутки в составе корма для крыс группы Г4 составило  $27,9 \pm 0,3$  мг/кг массы тела.



Примечание: 1- различия достоверны по сравнению с группой К1 ( $p < 0,05$ )

**Рисунок 1.** Среднее потребление корма (г/сут/крыса, А) и энергии (ккал/сут/крыса, Б)

Начиная с 7 недели эксперимента достоверных различий прироста массы тела между группой Г2, получавших ВЖВУ рацион с добавлением 2% холестерина, и контрольной группой К1 выявлено не было (рис.2). Прирост массы тела животных группы Г3 (ВЖВУ с добавлением 2% холестерина и соевого белка) был достоверно выше по сравнению с приростом животных контрольной группы К1 на момент окончания эксперимента (14 и 15 неделя). Прирост массы тела животных опытной группы Г4, получавших ФПИ, до окончания эксперимента статистически значимо не отличался от показателя контрольной группы К1.

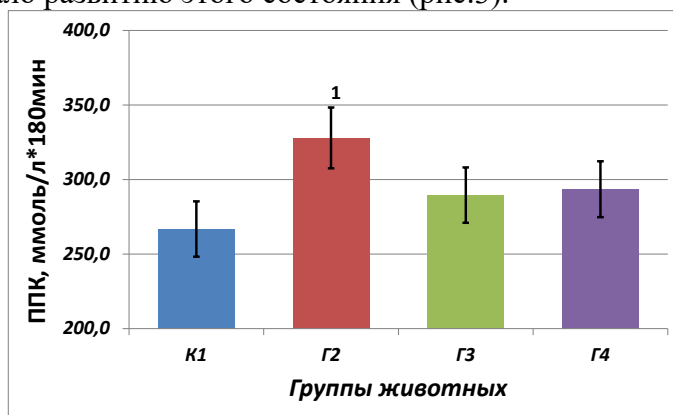


Примечание: 1- различия достоверны по сравнению с группой К1 ( $p < 0,05$ ); 3 – различия достоверны по сравнению с группой Г3 ( $p < 0,05$ ) 4- различия достоверны по сравнению с группой Г4 ( $p < 0,05$ ).

**Рисунок 2.** Прирост массы тела животных, %

На протяжении эксперимента с кормлением средние значения концентрации глюкозы в крови варьировали у всех животных, однако превышения исходных значений не было, и этот показатель оставался в норме.

Согласно результатам инсулинорезистентного теста показатель ППК был достоверно выше у животных опытной группы Г2, по сравнению с животными контрольной группы К1, что свидетельствует о развитии инсулинорезистентности. Потребление фикоцианина в количестве 30 мг/кг м.т. животного (Г4) и соевого белка (Г3) на фоне введения ВЖВУ рациона с добавлением холестерина препятствовало развитию этого состояния (рис.3).



Примечание: 1 – различия достоверны по сравнению с группой К1 ( $p < 0,05$ ).

**Рисунок 3.** Инсулинорезистентный тест

Анализ биохимических показателей крови у животных группы Г4, получавшей ФПИ, показал достоверное снижение уровня грелина, СОД и МДА по сравнению с группой Г2 и отсутствие достоверных различий по показателям СОД и МДА от животных контрольной группы, что свидетельствует о гиполипидемическом эффекте разработанного ФПИ на фоне введения ВЖВУ рациона с добавлением холестерина (таблица 1). У животных всех опытных групп уровень лептина был достоверно выше по сравнению с контрольной группой, однако выявлена тенденция к его снижению у животных группы Г4, получавших фикоцианин в количестве 30 мг/кг м.т. животного, что так же подтверждает оказываемыми им благоприятные эффекты. У животных группы Г2 и Г3 выявлено достоверное увеличение общего холестерина по сравнению с контрольной группы. Содержание холестерина в крови животных группы Г4 достоверно не отличалось от контрольной группы.

Таблица 1

Показатель	Биохимические показатели крови			
	Группы животных			
	К1	Г2	Г3	Г4
Холестерин, ммоль/л	1,59±0,05	1,99±0,13 <sup>1</sup>	1,82±0,10 <sup>1</sup>	1,83±0,14
Грелин, нг/мл	3,5±0,6	12,3±1,9 <sup>1</sup>	12,5±3,7 <sup>1</sup>	7,0±1,3 <sup>1,2</sup>
Лептин, нг/мл	45,7±4,9	188,5±55,9 <sup>1</sup>	193,5±41,5 <sup>1</sup>	90,1±14,8 <sup>1,3</sup>
СОД, нг/мл	2,5±0,4	7,7±1,3 <sup>1</sup>	5,8±1,3 <sup>1</sup>	4,2±0,8 <sup>2</sup>
МДА, нг/мл	845,8±123,6	2082,7±211,9 <sup>1</sup>	2204,9±529,1 <sup>1</sup>	1280,4±134,9 <sup>2</sup>

На фоне введения ВЖВУ рациона с добавлением 2% холестерина, животные опытных групп Г2, Г3 и Г4 накапливали в печени высокое количество жира (412,4±18,2 мг/г; 410,3±13,6мг/г; 383,3±17,4 мг/г), холестерина (44,4±4,1 мг/г; 44,4±3,8 мг/г; 42,3±4,0 мг/г) и триглицеридов (118,9±12,4 мг/г; 140,5±11,0 мг/г; 115,8±12,1 мг/г) по сравнению с контрольной группой К1 (113,6±14,3 мг/г; 6,2±1,2 мг/г; 23,1±8,7 мг/г) соответственно.

#### 4. Выводы

Таким образом, потребление фикоцианинов в дозе 30 мг/кг массы тела в составе ФПИ, на фоне введения ВЖВУ рациона с добавлением холестерина при длительном потреблении (более трех месяцев), оказывало нормализующее влияние на липидный обмен путем регуляции уровня гормона лептина и грелина и ферментов антиоксидантной защиты супероксиддисмутазы и МДА, а также предотвращало развитие инсулинорезистентности у крыс-самцов линии Вистар.

### Библиографический список

1. Cheong S.H., Kim M.Y., Sok D.E., et al. (2010). Spirulina prevents atherosclerosis by reducing hypercholesterolemia in rabbits fed a high-cholesterol diet. *J Nutr Sci Vitaminol*, 56(1), 34–40. <https://doi.org/10.3177/jnsv.56.34>
2. Ku C.S., Yang Y., Park Y., Lee J. (2013). Health benefits of blue-green algae: Prevention of cardiovascular disease and nonalcoholic fatty liver diseases. *J Med Food*, 16(2), 103–111. <https://doi.org/10.1089/jmf.2012.2468>
3. Liu Q., Huang Y., Zhang R., Cai T., Cai Y. (2016). Medical Application of Spirulina platensis Derived C-Phycocyanin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 7803846-7803846. <https://doi.org/10.1155/2016/7803846>
4. McCarty M.F., Iloki-Assanga S. (2018). Co-administration of Phycocyanobilin and/or Phase 2-Inducer Nutraceuticals for Prevention of Opiate Tolerance. *Curr Pharm Des*, 24(20), 2250-2254. <https://doi.org/10.2174/1381612824666180723162730>
5. Nagaoka S., Shimizu K., Kaneko H., Shibayama F., Morikawa K., Kanamaru Y., Otsuka A., Hirahashi T., Kato T. (2005). A Novel Protein C-Phycocyanin Plays a Crucial Role in the Hypocholesterolemic Action of Spirulina platensis Concentrate in Rats. *The Journal of Nutrition*, 135(10), 2425–2430. <https://doi.org/10.1093/jn/135.10.2425>
6. Nasirian F., Dadkhah M., Moradi-Kor N., Obeidavi Z. (2018). Effects of Spirulina platensis microalgae on antioxidant and anti-inflammatory factors in diabetic rats. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 11, 375–380. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S172104>
7. Iwata K., Inayama T., Kato T. (1990). Effects of spirulina platensis on plasma lipoprotein lipase activity in fructose-induced hyperlipidemic rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 36(2), 165–171. <https://doi.org/10.3177/jnsv.36.165>
8. Muthuraman P., Senthilkumar R., Srikumar K. (2009). Alterations in beta-islets of Langerhans in alloxan-induced diabetic rats by marine Spirulina platensis. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 24(6), 1253–1256. <https://doi.org/10.3109/14756360902827240>
9. Ou Y., Lin L., Yang X., Pan Q., Cheng X. (2013). Antidiabetic potential of phycocyanin: effects on KKAy mice. *Pharmaceutical Biology*, 51(5), 539–544. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.7475>
10. Геворгиз Р.Г., Нехорошев М.В. Количественное определение массовой доли С-фикоцианина и аллофикоцианина в сухой биомассе Spirulina (Arthrospira) platensis North. Geitl. Холодная экстракция : учебно-методическое пособие / РАН, Ин-т морских биологических исследований им. А.О.Ковалевского — Севастополь, 2017.—21 с.
11. Minniti M.E., Ahmed O., Pedrelli M. (2020). Enzymatic Quantification of Liver Lipids After Folch Extraction. *Methods Mol Biol*, 2164, 101-108. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0704-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0704-6_11)

## ВЛИЯНИЕ ПЛОДОВЫХ ПОРОШКОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СЫРОВЯЛЕННЫХ КОЛБАСАХ

Богданова Ю.И.

*e-mail: yu.bogdanova@fneps.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, Насонова В.В.*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *сыровяленые колбасы, ферментация, сахара, плодовые порошки*

### АННОТАЦИЯ

Технологический процесс производства сыровяленых мясных продуктов невозможно представить без сахаров. Когда речь идет о «сахарах» в контексте ферментированных мясных продуктов, обычно имеют ввиду глюкозу, лактозу или сахарозу, среди прочих. Являясь одним из сырьевых материалов, сахара выполняют роль субстрата для добавляемой микрофлоры, играют первостепенную роль в проведении биохимических реакций, способствующим формированию органолептических характеристик, снижению водородного показателя при промышленном производстве сыровяленых мясных изделий. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения более одной трети производимых фруктов и овощей выбрасывается или растрачивается впустую. В данной статье была рассмотрена возможность замены сахара на плодовые порошки яблока и вишни с целью изучения их влияния на скорость изменения снижения водородного показателя мясного фарша сыровяленых колбас в процессе ферментации.

## INFLUENCE OF FRUIT POWDERS ON ENZYMATIC PROCESSES IN DRY SAUSAGES

**Bogdanova Yu.I.**

*e-mail: yu.bogdanova@fneps.ru*

*Supervisor of studies: Nasonova V.V.*

*V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *Dried sausages, fermentation, sugars, fruit powders*

### ABSTRACT

The technological process of the production of fermentation meat products cannot be imagined without sugars. When referring to "sugars" in the context of fermented meat products, they usually mean glucose, lactose, or sucrose, among others. Being one of the raw materials, sugars act as a substrate for the added microflora, play a primary role in carrying out biochemical reactions, contributing to the formation of organoleptic characteristics, and a decrease in the pH value in the industrial production of cured meat products. According to the World Health Organization, more than one third of the fruits and vegetables produced are wasted or wasted. In this article, the possibility of replacing sugar with apple and cherry fruit powders was considered in order to study their effect on the rate of change in the decrease in the pH value of minced meat of dry-cured sausages during the fermentation process.

### 1. Введение

В последние годы потребители всё больше отдают предпочтение в сторону мясной продукции, обладающей дополнительными свойствами. В этом сценарии мясная промышленность и научно-технические области сконцентрировали свои усилия для улучшения мясных продуктов и создания более функциональных рецептур, отвечающих требованиям современного рынка и потребителей. Наибольшую перспективу представляют ферментированные мясные продукты, изготовленные использованием нетрадиционных компонентов, например, плодовых порошков, которые могут способствовать улучшению свойств готового изделия.

Добавление углеводного компонента в технологии производства сыровяленых и сырокопченых мясных продуктов способствует ферментативному процессу, так как содержащегося в мясе гликогена не хватает для достижения необходимой кислотности [1].

Сахара принимают участие в формировании вкуса, аромата и цветовых характеристик. Гонсалес-Фернандес (González-Fernández) и коллеги изучали вкусовые и текстурные свойства

чоризо с различным содержанием глюкозы (0,1%, 0,5% и 1,0%) и с различными заквасками (*Lactobacillus sakei* K29, *Pediococcus* sp. P22 и *Pediococcus* sp. P208), а также взаимосвязь между ними. Они отметили, что количество добавляемой закваски и концентрации глюкозы оказывают значительное влияние на pH. Также при помощи анализа профиля текстуры было установлено, что твердость и жевательность значительно различаются у чоризо с закваской или без нее, за исключением партии с 0,1% сахара. Кроме того, самые высокие значения обоих текстурных параметров были обнаружены в партиях с содержанием сахара 0,5% и 1%. Различия в текстуре изучаемых образцов чоризо также были заметны при сенсорной оценке. Аналогичным образом, инструментальные текстурные характеристики показали значительную корреляцию с сенсорным анализом [2].

Важность добавления сахаров отмечается в исследовании Китайских и Канадских ученых, где они добавляли сахар в количестве от 3 до 15%. Было установлено, что общее содержание органических кислот достигало максимума 12,15% после добавления 6% сахара. Массовая доля уксусной кислоты составляла 8,06%, а количество молочной кислоты 2,56%. Авторы сделали вывод о том, что сахар является основным фактором формирования вкуса сыровяленой колбасы и влияет на качество продукта [3].

Добавление в куриный фарш декстрозы и крахмала, который в последствии был подвергнут ферментации с *Lactobacillus plantarum*, способствовало более низкому окислению липидов по сравнению с колбасами, приготовленными из ферментированного куриного фарша без добавления сахара. В готовом изделии, как отмечают исследователи, добавление декстрозы и крахмала улучшило органолептические показатели и снизило количество патогенных микроорганизмов. Однако добавление углеводных компонентов в комбинации оказывало лучший антиоксидантный и антимикробный эффект, чем их использование по отдельности [4].

В качестве сахаров при производстве сыровяленых мясных продуктов, как правило используют не только сахар, но и глюкозу, лактозу и сахарозу. Однако учитывая, что тренд на здоровые продукты питания продолжает расти, представляется интересным изучение замены сахаров на плодовые порошки при производстве сыровяленых колбас.

В последнее время потребители все больше отдают предпочтение фруктам и овощам в своем рационе. Как известно данная категория пищевых продуктов богата витаминами и минералами и является источниками фитохимических веществ, которые действуют как антиоксиданты, фитоэстрогены и противовоспалительные средства [5]. Ученые отмечают, что естественные сахара, содержащиеся во фруктах и овощах, являются важным компонентом здорового и хорошо сбалансированного питания [6].

Переработка пищевых продуктов имеет основополагающее значение для продления срока годности. Недавнее исследование, проведенное в Европе, получило следующее, что фрукты и овощи являются группой пищевых продуктов с наибольшим количеством пищевых отходов, как на стадии потребления, так и на стадии переработки [7].

Согласно данным ФАО/ВОЗ приблизительно 45% фруктов и овощей выбрасывается или растрачивается впустую, а такое количество потерь представляют собой экономическую и социальную проблему. Однако полученные плоды представляют собой потенциальный источник биологически активных соединений, обладающих мощной биологической активностью, а также сахаров [8].

Добавление порошка из свеклы и редьки в качестве потенциальных заменителей нитритов в ферментированных сухих колбасах из-за их высокого содержания нитратов (около 16 000 и 14 000 мг / кг соответственно) было исследовано Озаки (Ozaki) и коллегами. Авторы установили, что добавление порошков способствовало значительному снижению активности воды продуктов в процессе переработки. Также порошки оказали влияние на содержание влаги, потерю веса. Авторы отмечали, что добавление порошков из редьки или свеклы значительно повлияло на начальный pH фарша (0-й день) ( $P < 0,05$ ), при этом значения варьировались от 5,54 (образец со свекольным порошком 0,5%) до 5,65 (контрольный образец). После 21 дня сушки pH всех образцов увеличился, и в конце периода созревания образец с добавлением свекольного порошка в количестве 1% показал самые низкие значения pH ( $P < 0,05$ ) [9]. Данное снижение водородного показателя можно объяснить тем, что свекла богата сахарами. Данное исследование посвящено изучению возможности применения плодовых порошков при производстве сыровяленых колбасных изделий.



## 2. Материалы и методы

Исследования были выполнены в соответствии с методологией, разработанной Кровопусковым [10] Объектами исследований являлись образцы фаршей для сыровяленых колбас, содержащих: говядину жилованную высшего сорта, свинину жилованную нежирную, шпик, соль пищевую, нитритно-посолочную смесь (с массовой долей нитрита натрия 0,6%). В качестве сахаров и порошков использовали: сахар (ГОСТ 3322), порошок вишни (Россия), порошок яблока (Россия). Для измельчения мясного сырья применяли мясорубку («Нугапан НKN-12SC», Китай). Далее измельченное сырье и другие ингредиенты, кроме стартовых культур взвешивали при помощи лабораторных весов II класса точности с внешней калибровкой с дискретной точностью 0.01 г («AND GF-3000», Япония). Стартовую культуру (*Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus*, Италия) взвешивали при помощи аналитических весов («САРТОГОСМ», Россия) и добавляли в количестве согласно рекомендациям производителя. После все компоненты перемешивали и помещали в пластиковые стаканы с закручивающейся крышкой объемом 120 г и отправляли на ферментацию (в термостат «ТСО-200 СПУ», Россия). Режимы термостатирования: в течение первых 24 часов температура составляла 28°C, после 24 часов температура была понижена до 17°C. Процесс ферментации контролировали при помощи измерения величины рН портативным рН-метром («Testo 205», Германия) каждые 4 часа. В контрольных образцах в качестве сахара использовали глюкозу (в количестве 3,5 г на 1 кг мясного сырья), в опытных образцах использовали порошки – вишни (образцы В1, В1,5 содержали 1%, 1,5% порошка вишни соответственно), и порошок яблока (образцы Я1, Я1,5 содержали 1%, 1,5% порошка яблока соответственно). Все полученные результаты, приведенные в статье, представляют собой средние значения трех измерений. Обработка полученных данных проводилась в Microsoft Excel.

## 3. Результаты и обсуждение

На первом этапе проводились теоретические исследования подбора образцов. Согласно литературным данным по распространенности яблоня занимает первое место среди плодовых деревьев на территории Российской Федерации и 3-е в мире после кофейного и оливкового дерева. Дерево вишни занимает второе место по популярности в нашей стране [11,12]. Следующим этапом было изучено количество и соотношение сахаров в выбранных порошках.

Таблица 1

### Содержание сахаров и кислот в исследуемых порошках\*

Показатели	Порошок вишни, г/100 г	Порошок яблока г/100 г
<i>Моносахариды:</i>		
Глюкоза	32,74	11,53
Фруктоза	26,79	31,69
<i>Дисахариды (сахароза)</i>	1,79	8,64
<i>Полисахариды:</i>		
Гемицеллюлозы	0,60	2,31
Клетчатка	2,98	3,46
Крахмал	0,00	4,61
Пектин	2,38	5,76
<i>Органические кислоты:</i>		
Винная	0,00	0,03
Лимонная	0,33	0,23
Щавелевая	0,07	0,03
Яблочная	4,91	2,01

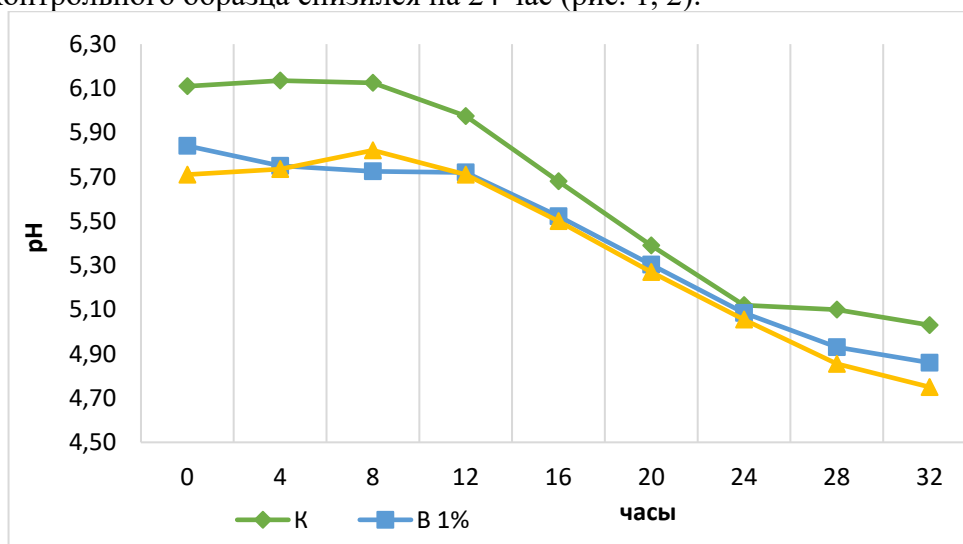
\* - выполнено расчетным путем

Помимо высокого содержания сахаров в данных плодовых порошках, были обнаружены органические кислоты, что может оказать влияние на скорость изменения снижения рН мясного фарша сыровяленых колбас в процессе ферментации.

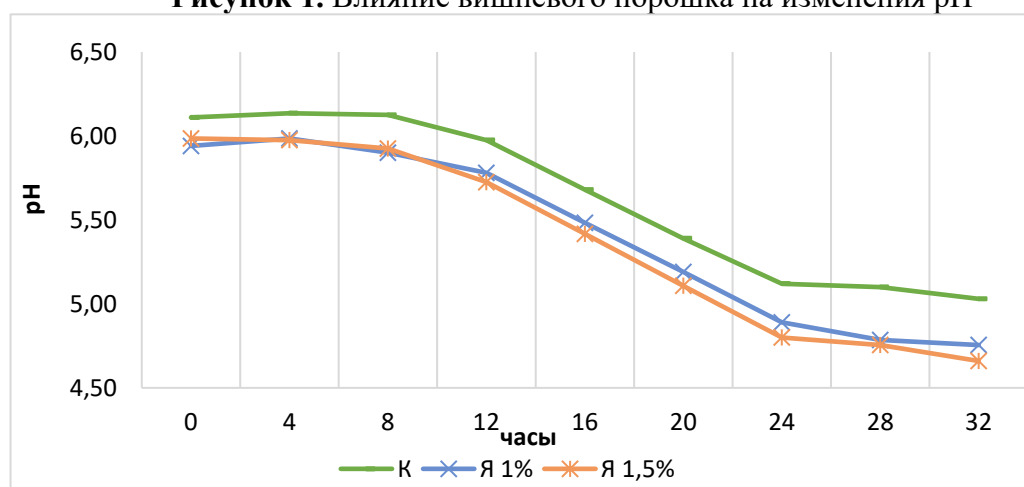
На следующем этапе было проведено экспериментальное исследование сыровяленых модельных фаршей, проводилось измерение рН. Исходные значения для контрольного образца были равны  $6,11 \pm 0,11$ . В опытных образцах после внесения порошков было отмечено снижение



водородного показателя. Самый низкий рН после замешивания фарша был отмечен у образца с добавлением 1,5% вишневого порошка, это можно объяснить тем, что в вишневом порошке содержится больше органических кислот, чем в яблочном (табл. 1). Далее образцы с вишневым порошком до 12 часа, имеют более низкий показатель рН и происходит его более плавное снижение в отличие от опытных образцов с яблочным порошком. После 12 часа группа образцов с порошком яблока имеет более низкий водородный показатель, в отличие от образцов с вишневым (рис. 1,2). Согласно имеющимся научным исследованиям, окончанием ферментации является значение рН 5,3 и ниже. В процессе ферментации водородный показатель постепенно снижался. Все опытные образцы на 20 час имели рН ниже 5,3. Самый низкий рН имел образец с добавлением яблочного порошка концентрацией 1,5% на 20 час  $5,11 \pm 0,10$ . Водородный показатель контрольного образца снизился на 24 час (рис. 1, 2).



**Рисунок 1.** Влияние вишневого порошка на изменения рН



**Рисунок 2.** Влияние яблочного порошка на изменения рН

#### 4. Выводы

Таким образом, применение яблочного и вишневого порошка взамен сахара при производстве сыровяленых колбасных изделий, способствовало более быстрому снижению рН по сравнению с контрольным образцом, содержащим сахар. Но необходимо проведение дальнейших исследований по определению оптимального и технологически обоснованного способа применения порошка плодов при производстве сыровяленых колбас.

#### Библиографический список

1. Аксенова, К.Н., Мануйлова, Т.П., Патиева, А.М. (2014) Влияние углеводов на технологический процесс производства и качественные показатели сырокопченых колбас. *Молодой ученый*, 7(66), 98-100.
2. González-Fernández, C. Santos, E., Rovira, J., Jaime, I. (2006). The effect of sugar concentration and starter culture on instrumental and sensory textural properties of chorizo-Spanish dry cured sausage. *Meat science*, 74(3), 467475. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.019>

3. Qu, Z., Feng, C., Walker, V. K., Kang, W., Liu, N. et al. (2022). Effects of sugar addition on adipolysis and volatile profiles of dry cured sausage. *Journal of Future Foods*, 2(2), 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.001>
4. Geeta, Yadav, A.S. (2017) Antioxidant and antimicrobial profile of chicken sausages prepared after fermentation of minced chicken meat with *Lactobacillus plantarum* and with additional dextrose and starch. *LWT*, 77, 249-258. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.050>
5. Slavin, J.L., Lloyd, B. (2012) Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Adv Nutr*. 3(4). 506–516. <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>
6. Arshad, S., Rehman, T., Saif, S., Rajoka, M.S.R., Ranjha, M.M.A.N.R. et al. (2022) Replacement of refined sugar by natural sweeteners: focus on potential health benefits. *Heliyon*, 8(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10711>
7. Soares Mateus, A. R., Pena, A., Sendón, R., Almeida, C., Nieto, G. A., et al. (2023) By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*. 131. 220-243. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.12.004>
8. FAO (Food Loss and Food Waste. Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2023) Seeking end to loss and waste of food along production chain. Retrieved from <https://www.fao.org/in-action/seeking-end-to-loss-and-waste-of-food-along-production-chain/en/> Accessed May 30, 2023.
9. Ozaki, M.M., Munekata, P.E.S., Jacinto-Valderrama R.A., Efraim, P., Pateiro, M. (2021) Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. *Meat Science*. 171. 108275. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108275>
10. Кровопусков, Д.Е. (2013) Разработка методики ускоренного тестирования стартовых культур для сырокопченых колбас. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 - ГНУ ВНИИ мясной промышленности им. В. М. Горбатова Россельхозакадемии, 260 с. 9.
11. Атажанова, Е.В., Лукичева, Л.А. (2021) Анализ состояния и мировые тенденции выращивания и селекции яблони. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 3(160). 76-85. <https://doi.org/10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85>
12. Юшев, А.А., Орлова, С.Ю. (2020) Вишни России. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 1(58). 39-45. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2020-11039>

## ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

Большакова Е. И.\*

\*e-mail: e\_bolshakova@vniimi.org

*Научный руководитель: канд. техн. наук Кручинин А.Г.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сгущенное молоко, трегалоза, изомальтулоза, полидекстроза

### АННОТАЦИЯ

Тренд на замену сахара в пищевых продуктах является устойчивым. В большинстве продуктов замена сахарозы на композиции сахарозаменителей и подсластителей способна вызвать изменение органолептических и структурно-механических характеристик продукта. В сгущенном молоке с сахаром, сахароза в первую очередь играет роль осмотического агента, который позволяет обеспечить консервирующий эффект в продукте. Целью настоящей работы являлось исследование влияния 15 углеводных композиций, состоящих из трегалозы, изомальтулозы, полидекстрозы и сахарозы в различных соотношениях на изменение значимых технологических показателей сгущенного молока (активность воды, вязкость, размеры кристаллов, потенциал к реакции Майяра). По результатам исследований, наилучшей углеводной композицией для включения в рецептуру молочного продукта с промежуточной влажностью оказалась равнодолевая смесь трегалозы и изомальтулозы.

### 1. Введение

Согласно исследованию о глобальном потреблении сахара в ряде стран его содержание в ежедневном рационе в среднем составляло от 15,4% до 31,4% (от общей энергии) для различных возрастных групп [1]. В свою очередь, данные органов здравоохранения РФ фиксируют превышение нормы потребления сахара на человека в сутки на 30% [2]. Существуют исследования, которые в своих работах определяют прямую или опосредованную зависимость потребления сахарозы и возникновения ряда заболеваний [3]. При этом, другие ученые в своих работах отмечают обратное и подчеркивают отсутствие корреляции потребления сахара, например, с ожирением и сердечно-сосудистыми заболеваниями [4]. Несмотря на наличие противоречивых данных, тренд на расширение ассортимента пищевой продукции без сахара остается устойчивым.

В большинстве пищевых продуктов сахароза в основном определяет органолептические свойства. Соответственно, подбор композиции, состоящей из сахарозаменителей и подсластителей, которые обеспечат равный сахарозе коэффициент сладости для продукта будет достаточным условием производства продукта без сахара. Если речь идет о напитках, то незначительны будут и изменения реологических характеристик при замене сахарозы. В случае более вязких продуктов изучение влияния подслащивающей композиции на структурно-механические свойства является необходимым для подбора оптимальной рецептуры. Кроме этого, при замене сахара в сгущенном молоке следует учитывать, что сахароза отвечает за консервирующий эффект, который обеспечивается благодаря ее осмотическому действию [5,6].

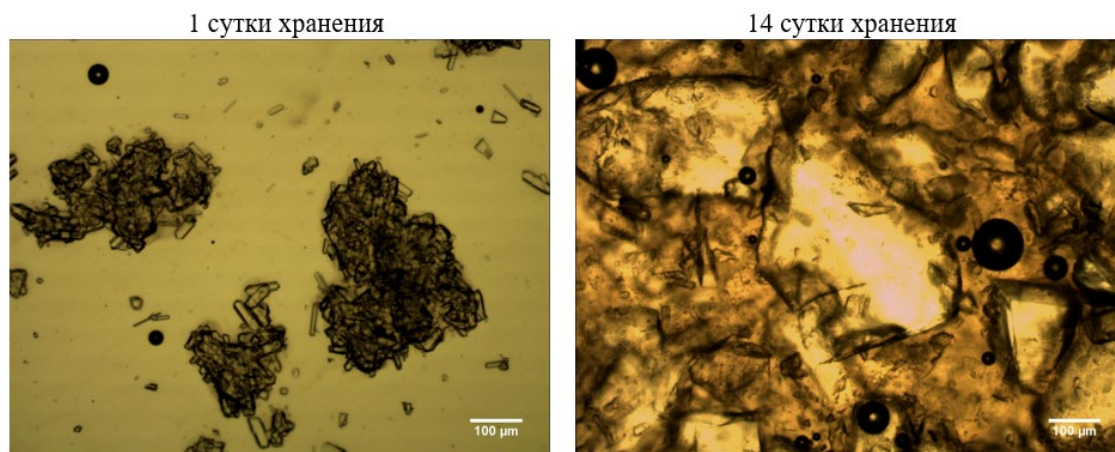
В связи с этим целью исследования являлась разработка молочного продукта с промежуточной влажностью на основе углеводной композиции с осмотическим потенциалом, обеспечивающей консервирующий эффект. В работе также учитывалось влияние составленных углеводных композиций на другие значимые технологические свойства модельных систем сгущенного молока (вязкость, потенциал к реакции Майяра и средний размер кристаллов).

## 2. Материалы и методы

Для выработки модельных систем молочного продукта с промежуточной влажностью использовали традиционную рецептуру сгущенного обезжиренного молока с сахаром на основе сухого обезжиренного молока, воды и углеводной фракции. Углеводная фракция была представлена 15-ю вариантами, включающих сахарозу, трегалозу, полидекстрозу, изомальтулозу в виде моно- и дикомпозиций с концентрацией 45,1% и 22,5%:22,5% соответственно, а также тетракомпозиций в соотношениях 11,3%:11,3%:11,3%:11,3% и 28,2%:5,7%:5,7%:5,7%. Активность воды оценивалась сорбционно-емкостным методом на приборе «HYDROLAB 3»; динамическая вязкость - при помощи ротационного вискозиметра Brookfield DV-II+Pro; средний размер кристаллов - с использованием микроскопа «МИКМЕД-6» с камерой TCA-5.0C (АО «ЛОМО», Россия); потенциал к реакции Майяра - фотофиксацией посредством системы геледокументирования «Взгляд», а также при помощи методики Morales и Van Boekel [7] с некоторыми модификациями. Для последней использовали фотоколориметр КФК-2 (Загорский оптико-механический завод, Россия) при длине волны 440 нм. Ферментативная обработка для высвобождения окрашенных соединений, связанных и несвязанных с белком, проводилась с использованием фермента Алкалазы 2,4 (Novozymes, Дания) в плотно закрытых пробирках на водяной бане (55°C) при постоянном перемешивании в течение 24 часов.

## 3. Результаты и обсуждение

Вязкость всех модельных систем обезжиренного сгущенного молока была выше (от 3,3 до >64 Па×с), чем у контрольного образца с сахарозой ( $2,1 \pm 0,01$  Па×с). При этом вязкость модельной системы ( $64 \pm 0,07$  Па×с) с изомальтулозой была повышенной по причине кристаллизации. Средний размер кристаллов был наивысший в модельной системе с изомальтулозой (45,1%) к 14-му дню хранения и составил 94 мкм (рис. 1).



**Рисунок 1.** Изменения кристаллов в модельной системе с изомальтулозой (45,1%)

При этом, уже на 1-е сутки хранения в модельной системе с изомальтулозой (45,1%) были образованы конгломераты кристаллов изомальтулозы и лактозы. Только в модельных системах, содержащих полидекстрозу (22,5%) и трегалозу (22,5%); сахарозу (22,5%) и изомальтулозу (22,5%); трегалозу (22,5%) и изомальтулозу (22,5%) средний размер кристаллов был ниже 10 мкм, что является желательным в производстве сгущённых молочных консервов с сахаром. При этом стоит отметить, что в хранении в течение 14 дней активность воды оставалась стабильной только в двух модельных системах, содержащих трегалозу (22,5%) и изомальтулозу (22,5%); трегалозу (28,2%), сахарозу (5,7%), полидекстрозу (5,7%) и изомальтулозу (5,7%) и составляла  $0,860 \pm 0,002$  и  $0,855 \pm 0,003$ , соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что преобладающее содержание трегалозы в углеводной композиции позволяет обеспечить стабильность системы, что коррелирует с результатами, полученными Fang и др. [8] В состав оптимальной композиции, подобранной исследователями на основании анализа активности воды, текстуры и сенсорных свойств, входила трегалоза (30%), лактулоза (5%) и полиолы (5%).

Система, содержащая трегалозу (22,5%) и изомальтулозу (22,5%) также показала наиболее приемлемые значения и по цвету (рис. 2).



**Рисунок 2.** Фотофиксация цвета модельных систем молочного продукта с промежуточной влажностью

В оценке цвета было отмечено, что концентрации полидекстрозы 45,1% и 22,5% способны сильно изменить цвет системы. В свою очередь, концентрации 5,7% и 11,3% полидекстрозы наоборот незначительно влияют на изменение цвета, типичного для сгущенного молока с сахаром (белого с кремовым оттенком). Стоит отметить, что повышение концентрации данного углевода в композиции может быть целесообразным в производстве вареных молочных продуктов с промежуточной влажностью. Так, Guimarães и др. использовали полидекстрозу для получения прототипа вареного сгущенного молока, что обусловливается специфичным карамельным цветом, образующимся при нагревании концентрированного молочного продукта с данным углеводом в составе [9].

Оценка индекса потемнения модифицированным методом Morales and Van Boekel позволила выявить снижение потенциала к реакции Майяра в следующем порядке: изомальтулоза > полидекстроза > сахароза > трегалоза.

#### 4. Выводы

На основании скрининга 15 вариантов углеводных композиций с учетом их влияния на функционально-технологические характеристики молочного продукта с промежуточной влажностью определено наилучшее соотношение сахарозаменителей, обеспечивающее необходимый осмотический потенциал, а именно трегалоза (22,5%) : изомальтулоза (22,5%).



### Библиографический список

1. Walton, J., Bell, H., Re, R., Nugent, A.P. (2021). Current perspectives on global sugar consumption: definitions, recommendations, population intakes, challenges and future direction. *Nutrition research reviews*, 1-22. <https://doi.org/10.1017/S095442242100024X>
2. Всемирный день здорового питания – 16 октября (2020). Взято с [https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=15675](https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=15675). Дата обращения 20.01.2022.
3. Ponnulakshmi, R., Shyamaladevi, B., Vijayalakshmi, P., & Selvaraj, J. (2019). In silico and in vivo analysis to identify the antidiabetic activity of beta sitosterol in adipose tissue of high fat diet and sucrose induced type-2 diabetic experimental rats. *Toxicology mechanisms and methods*, 29(4), 276-290. <https://doi.org/10.1080/15376516.2018.1545815>
4. Stanhope, K.L. (2016). Sugar consumption, metabolic disease and obesity: The state of the controversy. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 53(1), 52-67. <https://doi.org/10.3109/10408363.2015.1084990>
5. Стрижко, М.Н., Галстян, А.Г. (2013). Анализ и систематизация альтернативных сахарозе осмотически деятельных веществ. *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*, (2), 97-101.
6. Илларионова, Е.Е., Радаева, И.А., Туровская, С.Н., Гусева, Т.Б. (2017). Активность воды в продуктах с промежуточной влажностью. *Молочная промышленность*, (10), 15-16.
7. Morales, F.J., Van Boekel, M.A.J.S. (1998). A study on advanced Maillard reaction in heated casein/sugar solutions: colour formation. *International Dairy Journal*, 8(10-11), 907-915.
8. Fang, R., Jiang, H., Lin, C., Xia, T., Xu, S., Chen, Q., Xiao, G. (2023). Characterization and shelf stability of sweetened condensed milk formulated with different sucrose substitutes during storage. *Food Chemistry*, 404, 134402. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134402>
9. Renhe, Í.R.T., Pereira, D.B.C., Sá, J.F.O.D., Santos, M.C.D., Teodoro, V.A.M., Magalhães, F.A.R., Perrone Í.T., Silva, P.H.F.D. (2017). Characterization of physicochemical composition, microbiology, sensory evaluation and microscopical attributes of sweetened condensed milk. *Food Science and Technology*, 38, 293-298. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.34416>



## ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКА ИЗ ВЫЖИМОК ЯГОД СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ В КАЧЕСТВЕ ОБОГАЩАЮЩЕЙ ДОБАВКИ В ЗЕРНОВЫХ БАТОНЧИКАХ ИЗ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО СЫРЬЯ

**Будова А.В.**

*e-mail: budova.anna@gmail.com*

*НИИПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Московская область,  
Ленинский район, поселок Измайлово, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *безглютеновая продукция, дети старше трёх лет, зерновые батончики, порошок смородины чёрной, биологически активные вещества*

### АННОТАЦИЯ

Исследование проводилось с целью установления возможности применения порошка из выжимок смородины черной в качестве обогащающей добавки в зерновых батончиках из экспандированного безглютенового сырья.

Установлено, что в порошке полученном из выжимок ягод смородины черной содержится большое количество аскорбиновой кислоты – 139,2 мг/100г, пектиновых веществ – 11,5%, клетчатки – 10,7%, а также веществ Р-активной природы: антоцианов - 1381,1 мг/100 г, лейкоантоцианов – 864,9 мг/100 г и катехинов – 739,4 мг/100 г. Исследуемый порошок характеризуется высоким значением отношения содержаний сахаров и кислот – 4, что говорит о его высоких технологических свойствах при формировании потребительских характеристик зерновых батончиков.

Проведенный расчёт пищевой ценности зерновых батончиков из экспандированного безглютенового сырья показал, что внесение в рецептуру 3,5% порошка, получаемого из выжимок ягод смородины, позволяет покрыть суточную потребность детского организма в биофлавоноидах и пищевых волокнах, а при внесении 7,0% от рецептуры позволяет получить продукт, обогащённый витамином С.

**Финансирование:** Научно-исследовательская работа выполнена в рамках государственного задания на 2022-2024гг. по теме «Разработка специализированных безглютеновых зерновых батончиков с амарантом и плодовоягодными и овощными компонентами для детского питания» (тема № FGMF-2022-0002).

## TITLE APPLICATION OF BLACKCURRANT BERRIES POWDER AS AN ENRICHING ADDITIVE IN GLUTEN-FREE CEREAL BARS

**Budova A.V.**

*e-mail: budova.anna@gmail.com*

*«Scientific Research Institute of Food-concentrate Industry and Special Food Technology» - branch  
«Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology and Food safety», Moscow region, Leninsky  
district, v. Izmailovo, Russia*

**KEYWORDS:** *Gluten-free products, children over three years old, cereal bars, black currant powder, biologically active substances*

### ABSTRACT

The study was conducted in order to establish the possibility of using blackcurrant pomace powder as an enriching additive in cereal bars from expanded gluten-free raw materials.

It has been established that the black currant pomace powder contains a large amount of ascorbic acid - 139.2 mg / 100 g, pectin substances - 11.5%, fiber - 10.7%, as well as substances of P-active nature: anthocyanins - 1381, 1 mg/100 g, leucoanthocyanins - 864.9 mg/100 g and catechins - 739.4 mg/100 g. cereal bars.

The calculation of the nutritional value of cereal bars from expanded luten-free raw materials showed that adding 3.5% powder from the pomace of currant berries to the recipe allows you to cover the daily need of the child's body for bioflavonoids and dietary fiber, adding 7.0% of the recipe, allows you to get a product, enriched with vitamin C.

**Funding:** The research work was carried out within the framework of the state assignment for 2022-2024 on the topic "Development of specialized gluten-free cereal bars with amaranth and fruit and vegetable components for child nutrition" (topic № FGMP-2022-0002).

## 1. Введение

Зерновые батончики являются практичной моделью для разработки на их основе функциональных продуктов для питания детей старше трёх лет. Экспандированное зерно отличается повышенной биодоступностью пищевых веществ, а отсутствие теплового воздействия в процессе формирования изделий позволяет наиболее полно сохранить вносимые биологически активные вещества.

Многочисленные исследования свидетельствуют об обострении витаминдефицитных состояний у молодого поколения [1]. Смородина черная содержит наибольшее количество витамина С среди ягодного сырья (до 200 мг/100 г), при этом в ней содержится относительно небольшое количество окислительных ферментов, что благоприятно влияет на сохранность аскорбиновой кислоты в продуктах переработки ягод, что позволяет использовать их в качестве витаминного средства [2].

Ценным вторичным пищевым ресурсом являются выжимки из ягод черной смородины, за счет высокого остаточного содержания компонентов химического состава, включая клетчатку и пектиновые вещества, обуславливается их витаминная, антиоксидантная и пробиотическая ценность [3].

На сегодняшний день у 6 % населения наблюдается глютеновая энтеропатия [4, 5], при этом отмечается увеличение числа пациентов в возрасте до 14 лет [6-9].

Известно, что наиболее эффективным и физиологически обоснованным способом соблюдения элиминационной диеты, а также профилактики дефицитных состояний в детском возрасте является регулярное включение в рацион специализированной продукции, обогащённой биологически активными компонентами с учетом потребностей детского организма. Однако на данный момент на рынке отсутствует ассортимент специализированной безглютеновой продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста [1,6].

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись экспандированное зерно безглютеновых культур (рис, пшено, гречиха, амарант, киноа) и порошок, полученный из выжимок ягод смородины черной.

Для определения пищевой ценности исследуемого порошка использовались методики, приведенные в действующей нормативной документации. Определение сахаров проводилось по ГОСТ 8756.13 (перманганатный метод). Определение титруемых кислот (общей кислотности) проводилось методом титрования по ГОСТ ГОСТ ISO 750-2013 (титрование определенных объемов экстракта раствором 0,1 н NaOH в присутствии индикатора). Определение содержания витамина С (аскорбиновой кислоты) проводилось йодометрическим методом (титрование аскорбиновой кислоты в окрашенных йодатом калия экстрактах в кислой среде в присутствии йодистого калия и крахмала). Определение содержания биофлавоноидов – антоцианов, лейкоантоцианов и катехинов проводилось колориметрическим методом (на фотоэлектроколориметре). Определение пектиновых веществ проводилось колориметрическим карбазольным методом (получение специфической фиолетово-розовой окраски уроновых кислот с карбазолом в сернокислой среде). Определение пищевой ценности полученных безглютеновых батончиков проводилось расчетным методом.

## 3. Результаты и обсуждение

На предыдущих этапах исследования были получены экспериментальные данные по содержанию основных пищевых веществ в экспандированном зерне исследуемых культур. Данные приведены таблице 1 [10].

**Содержание основных пищевых веществ в исследуемых экспандированных  
безглютеновых культурах**

№ п/п	Наименование продукта	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	Моно- и дисахариды, %	Пищевые волокна, %
1	Пшено	12,0	3,2	68,8	1,6	2,9
2	Гречиха	10,1	3,1	71,3	1,9	5,9
3	Рис	7,4	1,1	81,2	1,3	3,5
4	Амарант	8,8	4,3	70,6	2,1	8,1
5	Киноа	9,1	4,1	71,6	1,9	5,9

Результаты исследования химического состава порошка из выжимок ягод смородины черной приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Химический состав порошка из выжимок ягод смородины черной  
Р-активные вещества, мг/100 г**

Показатель	Р-активные вещества, мг/100 г									
	Органические кислоты, %	Сумма сахаров, %	Сахар / кислота	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Антоцианы	Лейкоантоцианы	Катехины	Сумма	Пектин, %	Клетчатка, %
Порошок из выжимок ягод смородины черной	2,6	9,0	4,0	139,2	1381,1	864,9	739,4	2985,3	11,5	10,7

В результате проведенных исследований установлено, что порошок, полученный из выжимок ягод смородины черной, сохраняет до 50% органических кислот, 47% сахаров, 63% аскорбиновой кислоты и до 29% пищевых волокон по сравнению с их содержанием в исходном сырье [2].

Отношение содержаний сахаров и кислот в ягодном сырье является одним из наиболее значимых факторов, определяющих вкус продукта. Как видно из таблицы 2 порошок из выжимок ягод смородины черной характеризуется высоким значением этого показателя (4,0), что указывает на его высокие технологические свойства при формировании потребительских характеристик зерновых батончиков из безглютенового экспандированного сырья.

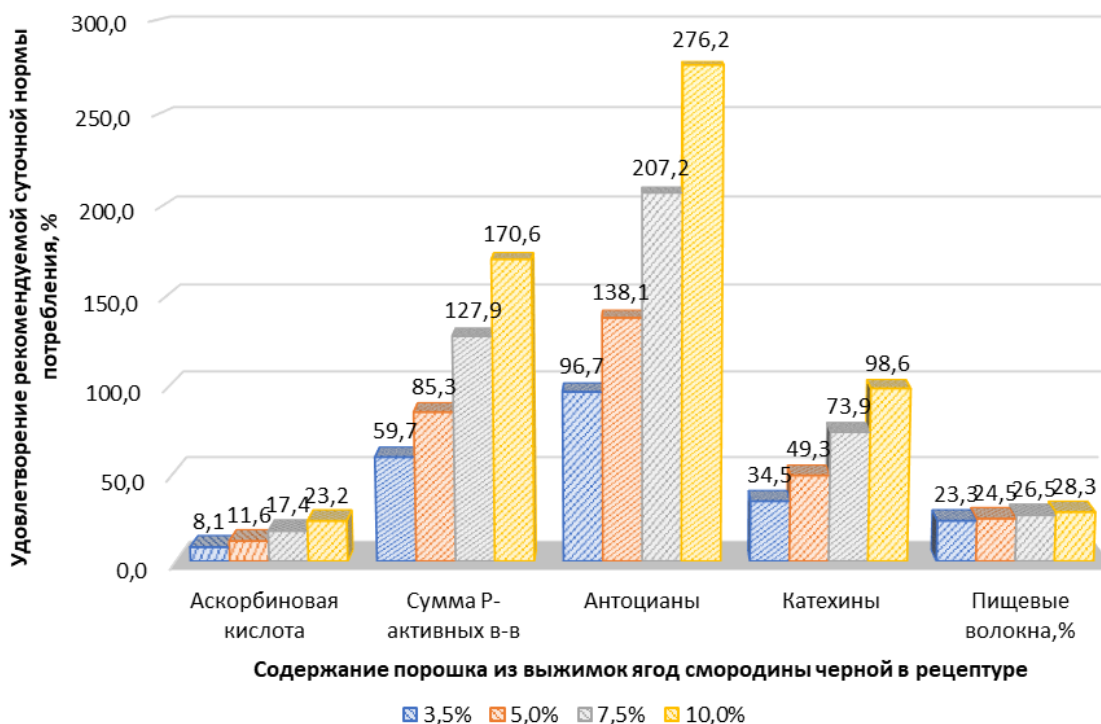
Установлено, что порошок из выжимок ягод смородины черной содержит большое количество биофлавоноидов, представленных антоцианами, лейкоантоцианами и катехинами – веществами Р-активной природы, обладающих антиоксидантным, антитоксичным и радиопротекторным действием. Известно, что данные вещества находятся в тесной взаимосвязи с аскорбиновой кислотой, предохраняя витамин С от окисления и потери его витаминных свойств [1].

Данные, представленные в таблице 2 указывают на высокое остаточное содержание ценных компонентов порошка из выжимок ягод смородины черной, что обосновывает его применение для формирования пищевой ценности, структуры и цвета батончиков из экспандированного безглютенового зерна.

Проведен расчет содержания витамина С, биофлавоноидов (включая антоцианы и катехины) и пищевых волокон в 100 г батончика, в рецептуру которого входили экспандированное зерно амаранта, киноа и гречихи (суммарное содержание до 55%), порошок из выжимок смородины черной (до 10 %) и связующий компонент.

На рисунке 1 представлена диаграмма, характеризующая удовлетворение рекомендуемой суточной нормы витамина С, биофлавоноидов (включая антоцианы и катехины) и пищевых

волокон в 100г батончика из экспандированного безглютенового зерна с добавлением различного количества порошка из выжимок смородины черной при потреблении его детьми школьного возраста [11].



**Рисунок 1.** Удовлетворение рекомендуемой суточной нормы потребления аскорбиновой кислоты, Р-активных веществ и пищевых волокон, содержащихся в 100 г готового изделия с учётом потреблении детьми школьного возраста

График иллюстрирует, что внесение в рецептуру батончиков порошка из выжимок ягод смородины чёрной в количестве от 7,0% от рецептуры позволяет получить продукт, обогащённый витамином С (более 15%), а внесение этого же порошка в количестве от 3,5% и более позволяет покрывать суточную потребность детского организма в биофлавоноидах и пищевых волокнах.

Полученные данные указывают на перспективность применения порошка, полученного из выжимок смородины чёрной в качестве компонента, обогащающего готовое изделие витамином С, биоантиоксидантами, а также пищевыми волокнами. Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение органолептических свойств готового изделия с последующей оптимизацией содержания рецептурных компонентов.

#### 4. Выводы

На основании экспериментальных данных, полученных в результате проведенного исследования, можно сделать вывод, что порошок из выжимок ягод смородины черной характеризуется высоким содержанием антиоксидантных веществ (антоцианов, лейкоантоцианов, катехинов), витамина С и пищевых волокон.

Проведённые расчёты удовлетворения суточной потребности показывают, что внесение порошка из выжимок ягод смородины чёрной является перспективным методом обогащения специализированной продукции для питания детей старше трёх лет с непереносимостью глютена. Главным преимуществом данной обогащающей добавки является высокое содержание остаточного количества витамина С, биофлавоноидов (антоцианов, лейкоантоцианов, катехинов), а также пектина и клетчатки.

Более того, замена искусственных красителей, ароматизаторов и подсластителей натуральным ягодным компонентом позволит снизить риск аллергических реакций и заболеваний ЖКТ, являющихся основными сопутствующими патологиями при непереносимости глютена.

Увеличение ассортимента продукции из зернового безглютенового сырья будет благоприятствовать улучшению обеспеченности детей с непереносимостью глютена безопасными нутриентами растительного происхождения.

### Библиографический список

1. Тутельян В.А., Конь И.Я. и др. (2017). Детское питание. Руководство для врачей. Москва: Медицинское информационное агентство.
2. Мясищева, Н.В., Артемова, Е.Н. (2013). Биологически активные вещества ягод черной смородины новых сортов. *Вопросы питания*, 82(5), 68-70.
3. Мясищева, Н.В., Павлова, А.С. (2017, 15 января). Использование выжимок из ягод черной смородины в технологии желейного мармелада. Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма: Материалы V Международной студенческой Интернет-конференции, Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева.
4. Bizzaro, N., Tozzoli, R., Villalta, D., Fabris, M., Tonutti, E. (2012). Cutting-Edge Issues in Celiac Disease and in Gluten Intolerance. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 42(3), 279-287. <https://doi.org/10.1007/s12016-010-8223-1>
5. Rostami Nejad, M., Karkhane, M., Marzban, A., Nazemalhosseini Mojarad, E., Rostami K. (2012). Gluten related disorders. *Gastroenterology and hepatology from bed to bench*, 5(1), 1-7.
6. Бельмер, С.В., Хавкин, А.И. и др. (2003). Детям с целиакией. Гастроэнтерология детского возраста. Москва: ИД Медпрактика-М.
7. Rubio-Tapia, A., Kyle, R.A., Kaplan, E.L., Johnson, D.R., Page, W., Erdtmann, F., Brantner, T.L., Kim, W.R., Phelps, T.K., Lahr, B.D., Zinsmeister, A.R., Melton, L.J. 3rd, Murray, J.A. (2009). Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease. *Gastroenterology*, 137(1), 88-93. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059>
8. Myléus, A., Ivarsson, A., Webb, C., Danielsson, L., Hernell, O., Högberg, L., Karlsson, E., Lagerqvist, C., Norström, F., Rosén, A., Sandström, O., Stenhammar, L., Stenlund, H., Wall, S., Carlsson, A. (2009). Celiac disease revealed in 3% of Swedish 12-year-olds born during an epidemic. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 49(2), 170-176. <https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e31818c52cc>
9. Журавская Н.В., Петрова А.И., Туркина Н.В. (2005). Целиакия у детей. *Медицинская сестра*, 5, 4-7.
10. Urubkov, S.A., Khovanskaya S.S., Smirnov S.O. (2022). The content of essential nutrients in expanded gluten-free grains and its use in cereal bars for children. *Pediatric Nutrition*, 20(2), 83-86.
11. МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. – 72 с.



## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ИЗ ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

**Винокуров В.И.**

*e-mail: vitalekcorp@mail.ru*

*Научно–исследовательский институт проблем хранения Росрезерва, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *зерно, пшеница, сусло, молочная кислота*

### АННОТАЦИЯ

В настоящее время расширение возможности производства и использования молочной кислоты предполагает увеличение объемов производственного выпуска, совершенствование действующих технологий, снижение себестоимости без потери качества, улучшение качества и товарного вида выпускаемых продуктов, освоение новых видов продукции. Цель работы: обосновать актуальность крупнотоннажного производства молочной кислоты. Изучены патенты с целью поиска обоснованного и оптимального технологического решения. Найдено решение, которое позволяет улучшить качество питательной среды (сусла), а именно: увеличение содержания сухих веществ в 1,2 – 1,5 раза и сахаров (глюкоза и мальтоза), непосредственно сбраживаемых в молочную кислоту на 57,5 – 62,6%; снижение на 6,9 – 15,7 % содержания декстринов, для ферментации которых продуценту необходимо синтезировать амилолитические ферменты, снижение расхода сырья и длительности его подготовки к стадии сбраживания. Также воплощение данного технологического решения позволяет снизить расходы энергоносителей (электроэнергия, пар) и воды. Произведены расчёты расхода (сырьё энергоносители, вода) на производство питательной среды из зерна пшеницы для предприятия с графиком работы в три смены, продолжительностью 8 часов, число рабочих суток в году – 248.

## TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A NUTRIENT MEDIUM FROM WHEAT IN THE PROCESS OF MAKING LACTIC ACID

**Vinokurov V.I.**

*e-mail: vitalekcorp@mail.ru*

*Research Institute of Storage Problems of Rosreserv, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *grain, wheat, wort, lactic acid*

### ABSTRACT

At present, the expansion of the possibility of production and use of lactic acid involves an increase in production output, improvement of existing technologies, cost reduction without loss of quality, improvement in the quality and presentation of products, development of new types of products. The purpose of the work: to substantiate the relevance of large-scale production of lactic acid. Patents were studied in order to find a reasonable and optimal technological solution. A solution has been found that improves the quality of the nutrient medium (wort), namely: an increase in the content of solids by 1.2 – 1.5 times and sugars (glucose and maltose) directly fermented into lactic acid by 57.5 – 62.6 %; reduction by 6.9 – 15.7% of the content of dextrans, for the fermentation of which the producer needs to synthesize amylolytic enzymes, reducing the consumption of raw materials and the duration of its preparation for the fermentation stage. Also, the implementation of this technological solution allows to reduce the cost of energy carriers (electricity, steam) and water. Calculations were made of the consumption (raw materials, energy, water) for the production of a nutrient medium from wheat grain for an enterprise with a work schedule of three shifts, lasting 8 hours, the number of working days per year – 248. of this technological solution allows to reduce the cost of energy carriers (electricity, steam) and water. The calculation of the consumption of raw materials, energy carriers, water for the production of a nutrient medium from wheat grain was made.

### 1. Введение

С середины 2010–ых годов в условиях другой экономической реальности Российская Федерация столкнулась с новыми вызовами, которые поспособствовали к пониманию о необходимости перехода на курс импортозамещения в различных важных направлениях, развитию новых отечественных инновационных продуктов. В связи с прекращением или



уменьшением объёмов импорта (лекарственные препараты, пищевая и косметическая продукция), необходимо не допустить сокращения ассортимента на медицинские и потребительские товары.

РФ имеет богатый потенциал развития (создание новых предприятий, расширение и модернизация действующих) различных производств (хлебопекарное, кондитерское, лекарственные, парфюмерно – косметические и других) [1]. Однако для реализации потенциала существует необходимость использования различных материалов и сырьевых источников. Одним из таких является молочная кислота.

Молочная кислота ( $C_3H_6O_3$ ) представляет собой органическое вещество, которое относится к классу карбоновых кислот. Она получается биохимическим способом и является одной из важнейших кислот, которая пользуется спросом и широко используется во всём мире.

На российском рынке молочной кислоты 99 % продукции является импортной. Объем рынка молочной кислоты по итогам первого полугодия 2020 г. составил 3753,5 т. Единственным производителем молочной кислоты в России является ООО «Сухой крахмал и молочная кислота» («Скимк», Рязанская обл.) [2]. В год предприятия изготавливает около 2 тыс. тонн 40%-ого молочной кислоты в год [3], тогда как годовая потребность потребления оценивается в 10 тыс. тонн [4].

Основным сырьём в производстве молочной кислоты является питательная среда (сусло), которая изготавливается из крахмалосодержащих сырьевых материалов. Одним из таких является зерно пшеницы. Данная культура содержит большое количества крахмала, что важно в технологии производства доброкачественной питательной среды (сусла) в изготовлении молочной кислоты. Кроме этого, ежегодно наблюдается устойчивый рост валового сбора урожая пшеницы, что делает данную культуру доступной на внутрироссийском рынке.

В связи с этим, вопрос разработки технологии крупнотоннажного производства молочной кислоты и проектирование таких производств является особенно актуальным.

## 2. Материалы и методы

Материалом служат: пшеница, пар, вода (холодная, горячая), ферментные препараты (Глюкаваморин Л, нейтраза 1,5 МГ, амилосубтилин ГЗХ). Оборудованием служат: автомобильный и (или) железнодорожный транспорт, авторазгрузчик, нория, силос для зерна, бункер для отходов, приемная воронка, шнековый конвейер, автовесы, магнитный сепаратор, подогреватель, воздушно – ситовой сепаратор, молотковая дробилка, сита, аппарат ультразвуковой обработки, вальцевый станок, шнековый питатель, смеситель, насос, емкость для выдерживания замеса, предразварник, контактная головка, варочная колонна, паросепаратор. Отделения: завальная яма для зерна, бродильное отделение.

Методы. Технологические стадии получения сусла состоят из подготовки и измельчения сырья, приготовления замеса, подваривания и разваривания замеса, осахаривания замеса. Данные стадии могут осуществляться непрерывным или периодическим способом.

Уменьшение температуры, продолжительности разваривания, сокращение потерь сбраживаемых сахаров, снижение расходов пара, электроэнергии и воды является актуальным на сегодняшний день. В связи с этим были изучены патенты с целью поиска технологических решений в изготовлении питательной среды из крахмалсодержащего сырья (табл. 1).

Таблица 1

### Результаты патентного поиска

№	Предмет поиска (объект, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы
1	Способ подготовки зернового сырья к сбраживанию [5]	Патент РФ № 2287584, МПК С 12 Р 17/06, 20.11.2006.
2	Способ подготовки зернового сырья к сбраживанию [6]	Патент РФ № 2509806, МПК С 12 Р 17/06, 20.12.2012.
3	Способ подготовки зернового сырья к сбраживанию [7]	Патент РФ № 2232817, МПК С12Р7/06, 20.07.2004.
4	Способ подготовки зернового крахмалсодержащего сырья для спиртового брожения [8]	Патент РФ № 2145354, МПК С12Р7/06, 10.02.2000.
5	Способ подготовки крахмалсодержащего сырья при производстве спирта [9]	Патент РФ №2252257, МПК С12Р7/06, 20.05.2005.

Особенностью разрабатываемой технологии является увеличение содержания сухих веществ в 1,2 – 1,5 раза до 19,2% и редуцирующих сахаров (глюкоза и мальтоза), которые сбраживаются непосредственно в молочную кислоту на 57,5 – 62,6% до 8%; снижение на 6,9 - 15,7 % содержания декстринов. При этом доброкачественность суслу составляет не менее 86%. В основе данного решения был положен способ сбраживания крахмалсодержащего зернового сырья, изложенный в патенте РФ № 2424321 [10].

Базисные нормы пшеницы должны соответствовать ГОСТ 9353 [11].

### 3. Результаты и обсуждение

Технологический процесс производства питательной среды из пшеницы начинается с приемки и подготовки. Зерно поступает на предприятие железнодорожным или автомобильным транспортом, ссыпается в завальную яму, откуда норийей подается в силос на хранение.

По мере производственной необходимости пшеница из силоса ссыпается в приемную воронку и оттуда шнековым конвейером передается на норию, которая непосредственно подает зерно в производство.

В осенне-зимний период (при отрицательных температурах) осуществляется кондиционирование и подогрев зерна.

Поступившее в производство зерно проходит через магнитный сепаратор, и далее задается на автовесы. Зерно подогревается, при необходимости, в подогревателе. Затем оно поступает на первую стадию очистки, взвешивание и проходит вторую очистку в воздушно –ситовом сепараторе. Очищенное зерно накапливается в силосе, а сорная примесь поступает в бункер для отходов.

Очищенная пшеница с помощью нории поступает на измельчение, которое проводится в две стадии. На первой стадии зерно подвергается грубому измельчению в молотковой дробилке. Затем дробленая пшеница, прошедшая через первую стадию измельчения отводится на рассев через сито (диаметр отверстий 0,7 – 0,8 мм). Проход с сита – крупка размером  $700 \pm 40$  мкм через магнитный сепаратор направляется на следующую стадию – ультразвуковую обработку, а сход подается в вальцевый станок на повторное измельчение и повторный рассев. Сход со второго отсева отправляется в бункер для отходов, а проход через магнитный сепаратор направляется на ультразвуковую обработку.

Затем осуществляется ультразвуковая обработка (длительность экспозиции 0,5 – 2 минуты, частота 18 – 24 КГц и интенсивность 50 – 100 Вт/см<sup>2</sup>) зерновой крупки для ускорения распада крахмальных зёрен и в дальнейшем более легкому образованию сбраживаемых амилодекстринов и мальтозы. Данная обработка способствует ускорению процессов набухания, клейстеризации крахмала и повышению текучести замесов.

После ультразвуковой обработки зерновая крупка посредством шнекового питателя подается в смеситель для приготовления замеса. При замесе крупка смешивается с холодной и горячей водой в отношении приблизительно 1:3. Затем в ёмкости замес выдерживается 12 часов при температуре 20 – 25 °С. Во время данной технологической операции крахмальные зёрна разрушаются, набухают. Под воздействием ферментов пшеницы частично гидролизуются крахмал, белки, разжижается замес.

Выдержанный замес с помощью насоса перекачивается в предразварник на подваривание при температуре 45 °С в течение 1 часа. При этом в замес вводятся ферментные препараты Глюкаваморин Л и Нейтраза 1,5 МГ. Препарат Глюкаваморин Л вносится из расчета 2 ед. КМЦС/г условного крахмала и обеспечивает ферментативный гидролиз целлюлозы. Препарат Нейтраза 1,5 МГ вносится из расчета 1 ед. ПС/г условного крахмала и обеспечивает гидролиз белков зерна до аминокислот. Гидролиз целлюлозы обеспечивает не только уменьшение содержания несбраживаемых сухих веществ в замесе, но и обеспечивает улучшение условий экстракции и гидролиза крахмала.

Подваренный замес самотеком поступает контактную головку на подогрев, где в течении 1 часа при температуре 80 °С разваривается и осахаривается. Далее подогретая масса самотеком поступает в варочную колонну. Затем вносят Амилоубтилин ГЗХ (ферментный препарат с амилолитической активностью) из расчета 0,5 ед. АС/г условного крахмала. Препарат обеспечивает гидролиз крахмала и накопление в питательной среде глюкозы, мальтозы и декстринов.

Питательная среда (сусло) с помощью насоса подается в паросепаратор (испаритель), в котором охлаждается до температуры 20 – 22 °С. Далее с помощью насоса подается в бродильное отделение, в котором происходит сбраживание суслу в молочную кислоту.

Из вышеописанного известно, что для потребности в молочной кислоте составляет 10000 т/год. Значит произведем продуктовый расчёт сырья (табл. 2) с учетом нормируемых потерь для изготовления 10000 т/год 50 % водного раствора молочной кислоты [12, 13]. За основу берется спиртовое предприятие, которое расположено в ЦФО, с графиком работы в три смены, продолжительность которых 8 ч. и числом рабочих суток в году – 248.

Таблица 2

**Сводная таблица расхода основного сырья, воды и энергоносителей на производство суслу для сбраживания в молочную кислоту**

№	Наименование	Единица измерений	Количество	
			На суточное производство	На годовой выпуск
1	Пшеница	т	36,56	9066,88
2	Амилосубтилина ГЗХ	кг	7,6	1884,8
3	Глюкаваморин Л	л	4,12	1021,76
4	Нейтразы 1,5 MG	кг	10,30	2555,6
5	Воды на охлаждение	м <sup>3</sup>	761,06	188742,88
6	Воды на замес	м <sup>3</sup>	111,504	27652,99
7	Пар	т	7,12+7,18+0,6=14,9	3695,2

В производственных условиях молочнокислое брожение не является чистым (из воздуха попадают маслянокислые, пропионовые и другие бактерии), на постороннее брожение, преимущественно на образование летучих кислот – уксусной, пропионовой и масляной – расходуется 4 % сахаров [12]. На синтез клеточного вещества (в основном молочнокислых бактерий) расходуется некоторое количество сахара. К введенным сахарам количество сухой бактериальной массы составляет 2,6% [12]. Содержание углерода в биомассе бактерий составляет 53%, в глюкозе, мальтозе и крахмале 42% [13], вычисляем расход сбраживаемых сахаров:

$$\frac{100 \times 2,6 \times 53}{100} = 3,28\% \quad (1)$$

с учетом расхода сбраживаемых сахаров на образование неидентифицируемых продуктов брожения расход его составляет 4% [12]. При этом учитываем, что содержание несброженного сахара составляет 4% [12].

Значит, суммарные затраты сахара не приводящие к образованию молочной кислоты составляют:

$$4 + 4 + 4 = 12\% \quad (2)$$

В молочную кислоту сбраживается сахаров:

$$100 - 12 = 88\% \quad (3)$$

или в пересчете на содержание их в питательной среде:

$$\frac{16,6 \times 88}{100} = 14,61\% \quad (4)$$

Согласно уравнению молочнокислого брожения  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH(OH)COOH$  из 1 кг гексоз образуется 1 кг молочной кислоты. Таким образом, из 1 тонны питательной среды теоретический выход молочной кислоты составляет:

$$\frac{1000 \times 14,61}{100} = 146,1 \text{ кг} \quad (5)$$

$$1000 \times 14,61 / 100 = 146,1 \text{ кг}$$

Выход молочной кислоты с производства (с учетом нормируемых потерь на уровне 7%) на 1 т питательной среды составляет:

$$\frac{146,1 \times (100 - 7)}{100} = 135,87 \text{ кг} \quad (6)$$

Подготовка зерна пшеницы – технологический процесс производства, который включает в себя: подогрев (при необходимости), очистку от сорной и зерновой примеси и взвешивание. Данные технологические процессы осуществляются периодически – 1 раз в смену с часовым расходом пшеницы в количестве 12000 кг. Технологический процесс очистки предусматривает отделение зерновой примеси, а также механические потери в количестве 256 кг/сутки. Таким образом, на последующую технологическую операцию – измельчение зерна поступает 36310

кг/сутки очищенного зерна. На данной операции так же предусмотрены потери на уровне 726,2 кг/сутки. Измельчение осуществляется так же периодически один раз каждую смену с часовой производительностью 12000 кг.

Измельченное зерно в количестве 36310 кг/сутки (12000 кг/ч) периодически поступает на технологическую операцию рассева зерна. На данной операции так же предусмотрены потери на уровне 726,2 кг/сутки в виде схода с сит. Фракция – зерновая крупка (проход сит) подается на ультразвуковую обработку в количестве 35584,6 кг/сутки (12000 кг/ч).

После данной операции обработанная зерновая крупка задается на хранение в промежуточный бункер, откуда непрерывно с часовым расходом 1482,7 кг/ч задается на смешение. Общий часовой материальный поток на данной стадии с учетом добавляемой при смешении воды составляет 6128,7 кг/ч.

Затем замес поступает на выдерживание в течение 12 часов. Далее выдержанный замес с часовым расходом 6128,7 кг непрерывно подается в дальнейшее производство на I стадию ферментативного гидролиза.

С данной стадии замес в количестве 6427,6 кг/ч непрерывно поступает на II стадию ферментативного гидролиза. На данной стадии дополнительно вводится ферментный препарат Амилоубтилин ГЗХ и осуществляется нагрев замеса до температуры 80 °С. В результате полученная питательная среда в количестве 6724,4 кг/ч непрерывно поступает на охлаждение.

На стадии охлаждения непрерывно и ежечасно выделяется 541,6 кг вторичного пара. Таким образом, с данной стадии в дальнейшее производство молочной кислоты непрерывно ежечасно поступает 6182,8 кг питательной среды (крахмального сусле).

#### 4. Выводы

Российская Федерация обладает огромным потенциалом в дальнейшем развитии пищевой, косметической промышленности, а также лекарственного производства. В этой связи, многие производства (хлебопекарное, кондитерское, лекарственных, парфюмерно – косметических средств и других) нужно сохранить, модернизировать, расширять, развивать с «0». Чтобы получить развитие вышеописанных производств, важно перейти на отечественное сырьё.

Анализ открытых источников показал, что в Российской Федерации объемы выпуска молочной кислоты невелики, значительная часть данного продукта импортируется, а потребность в молочной кислоте в настоящее время уже сейчас является очевидной.

Однако устранение зависимости от импорта из других стран молочной кислоты является решаемой задачей.

Из года в год АПК устанавливает новые мировые рекорды по сбору урожая зерна пшеницы, ячменя, кукурузы и других.

Переработка лишь части от данного зернового урожая в питательную среду может дать возможность выпуска отечественной молочной кислоты на российском рынке. Таким образом, существуют все возможности не только для удовлетворения внутреннего спроса, но и для наращивания и развития экспортного потенциала в будущем.

#### Библиографический список

1. Тугачева Л.В., Капнинова О.С. (2021). Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности в России, *«Индустриальная экономика»*, 3(3), 45–51. [https://doi.org/10.47576/2712-7559\\_2021\\_3\\_3\\_45](https://doi.org/10.47576/2712-7559_2021_3_3_45)

2. Агентство Discovery research group (2020). Рынок молочной кислоты в России. Аналитический отчет. Получено из [https://drgroup.ru/components/com\\_jshopping/files/demo\\_products/Demo.23861.PDF](https://drgroup.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/Demo.23861.PDF). Дата обращения: Август 30, 2023.

3. Самуйленко А.Я., Гринь С.А., Еремец В.И., Шинкарев С.М. (2017). Тенденция развития производства молочной кислоты. *Вестник технологического университета*, 20(1), 162–165.

4. ИА «Интерфакс» (2022). Первое в РФ производство лимонной и молочной кислот создадут в Тульской области. Получено из <https://www.interfax.ru/russia/856669>. Дата обращения: Май 23, 2023

5. Патент РФ № 2287584. Способ подготовки зернового сырья к сбразиванию/ Моисеенко, В.С., Дячкина, А.Б. Опубл. 10.08.2011. Бюл. №22.

6. Патент РФ № 2509806. Способ подготовки зернового сырья к сбразиванию / Гостева, И.А., Костина И.В. Опубл. 20.12.2012. Бюл. № 8.

7. Патент РФ № 2232817. Моисеенко, В.С / Способ подготовки зернового сырья к сбразиванию. Оpubл. 20.07.2004.
8. Патент РФ № 2145354. Способ подготовки зернового крахмалсодержащего сырья для спиртового брожения / В.А. Бондаренко, В.Л. Касперович, В.А. Буцко, Э.Ш Манеева. Оpubл. 10.02.2000.
9. Патент РФ №2252257. Способ подготовки крахмалсодержащего сырья при производстве спирта / Смирнова, И.В., Кречетникова, А.Н., Гернет, М.В. Оpubл. 20.05.2005. Бюл. №14.
10. Патент РФ № 2424321. Способ подготовки крахмалсодержащего сырья при производстве лимонной кислоты / Н.Ю. Шарова, Н.В. Каменькова, Д.Х. Кулев, А.Г. Палаев, Н.А. Палаев, А.И. Потапов. Оpubл. 20.07.2011 Бюл. № 20.
11. ГОСТ 9353 – 2016 «Пшеница. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2019. – 3 с.
12. Смирнов В.А. (1983). Пищевые кислоты (лимонная, молочная, винная). Москва. Легкая и пищевая промышленность. 1983. 264 с.
13. Бирюков, В.В. (2004). Основы промышленной биотехнологии. Москва. «КолосС», 2004. 296 с.



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЯСНЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЁГКИХ

Галимова А.Р.<sup>1,2\*</sup>, Ильина М.А.<sup>3</sup>

\*e-mail: [alinkamx79@gmail.com](mailto:alinkamx79@gmail.com)

Научный руководитель: канд. техн. наук Асланова М.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт Биохимической Физики им. Н. М. Эммануэля, Москва, Россия

<sup>3</sup>Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, Москва, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ХОБЛ, эйкозапентаеновая ЖК, докозагексаеновая ЖК, нутриентная адекватность.

### АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день увеличилось производство функциональных и специализированных продуктов питания. Но для определённых групп населения ассортимент функциональных и специализированных продуктов недостаточен или полностью отсутствует. Одна из таких групп – люди с хроническими заболеваниями лёгких. Хроническая обструктивная болезнь лёгких является одной из важных причин смерти во всем мире. В данной работе представлены результаты проектирования рецептур специализированных мясных консервов с учётом нутриентной адекватности и с учётом особенностей роли жирных кислот при хронической обструктивной болезни лёгких. Также рассчитан минеральный состав специализированных мясных консервов. Расчетным путем определен оптимальный источник длинноцепочечных  $\omega 3$  полиненасыщенных жирных кислот, также подобраны мясные ингредиенты позволяющие спроектировать мясную консерву, которая является источником цинка и железа.

**Финансирование:** Исследование проведено при поддержке Российского Научного фонда: грант № 21-16-00085, <https://rscf.ru/проект/21-16-00085/>.

## DESIGN OF A RECIPE OF SPECIALIZED CANNED MEAT FOR PEOPLE WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Galimova A.R.<sup>1,2\*</sup>, Ilyina M.A.<sup>3</sup>

\*e-mail: [alinkamx79@gmail.com](mailto:alinkamx79@gmail.com)

Supervisor of studies: Aslanova M.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Institute of Biochemical Physics. N. M. Emmanuel, Moscow, Russia

<sup>3</sup>V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

**KEY WORDS:** COPD, eicosapentaenoic fatty acid, docosahexaenoic fatty acid, nutrient adequacy.

### ABSTRACT

To date, the production of functional and specialized food products has increased. But for certain groups of the population, the range of functional and specialized products is insufficient or completely absent. One such group is people with chronic lung diseases. Chronic obstructive pulmonary disease is one of the major causes of death worldwide. This paper presents the results of designing recipes for specialized canned meat, taking into account nutrient adequacy and taking into account the specific role of fatty acids in chronic obstructive pulmonary disease. The mineral composition of specialized canned meat was also calculated. By calculation, the optimal source of long-chain  $\omega 3$  polyunsaturated fatty acids was determined, and meat ingredients were also selected to design canned meat, which is a source of zinc and iron.

**Funding:** The research was supported by the Russian Science Foundation: grant No. 21-16-00085, <https://rscf.ru/project/21-16-00085/>.



## 1. Введение

В современном мире питание становится важным фактором, определяющим здоровье населения. Значение сбалансированного рациона питания в снижении уровня хронических заболеваний у населения неоднократно подчеркивалось Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [1]. Правительство Российской Федерации уделяет большое внимание совершенствованию научных исследований в области питания населения, в том числе в области производства функциональных продуктов для профилактики наиболее распространенных неинфекционных заболеваний, а также развитию технологий продуктов, направленных на повышение качества жизни людей [2].

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – третья причина смерти во всем мире. Проблема ХОБЛ отражена в глобальном плане действий ВОЗ по профилактике неинфекционных заболеваний (НИЗ) и борьбе с ними и в повестке дня Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития на период до 2030 г [3].

В России, по данным Минздрава, 2,4 млн человек страдают хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). В действительности, по данным эпидемиологических исследований Российского респираторного общества, — около 11 млн, включая недиагностированные случаи [4].

В недавно опубликованном поперечном, популяционном эпидемиологическом исследовании, проведенном в 12 регионах России (в рамках программы GARD), распространенность ХОБЛ среди лиц с респираторными симптомами составила 21.8%, а в общей популяции – 15.3% [5].

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) в первую очередь поражает легкие, но из-за сопутствующего хронического систематического воспаления возникает множество внелегочных эффектов, которые включают сложные физические и метаболические адаптации. Точный патогенез снижения массы тела до сих пор остается неясным, к ним относятся гипоксия тканей, атрофия от бездействия, изменения метаболизма и потребления калорий, окислительный стресс, старение, воспаление, прием лекарств и недоедание [6]. Непреднамеренная потеря веса и недоедание, связанное с болезнью, являются распространенными проблемами у пациентов с ХОБЛ [7] и, как было установлено, связаны с более низким качеством жизни [8], увеличением обращения за медицинской помощью и затратами на здравоохранение [9]. Имеются убедительные доказательства, что нутритивная поддержка, в виде пероральных пищевых добавок помогает преодолеть энергетический и белковый дисбаланс, что приводит к улучшению состояния питания и функциональных возможностей [10].

Рекомендации в отношении потребности в белке и старения предполагают ежедневное потребление 1,0–1,2 г белка на кг массы тела в день [11]. У пациентов с ХОБЛ, идентифицированных как истощение, терапевтической целью нутритивной поддержки должно быть увеличение массы тела не менее чем на 2 кг, что может быть достигнуто с помощью пищевых целей не менее 45 ккал/кг массы тела/день и 1,2 г белка/ кг массы тела в день [12].

Заболевания бронхолегочной системы сопровождаются развитием системной воспалительной реакции, которая значительно утяжеляет течение и прогноз основного заболевания [13]. В ней участвуют провоспалительные медиаторы липидной природы - эйкозаноиды, которые являются конечными продуктами метаболизма ПНЖК, в особенности арахидоновой. Были проведены исследования состава ЖК мембран эритроцитов крови у больных ХОБЛ в фазе ремиссии. В пуле ПНЖК мембран эритроцитов выявлено увеличение арахидоновой кислоты на 41% по сравнению с группой контроля. Относительное содержание эйкозапентаеновой кислоты и её метаболита докозапентаеновой кислоты в мембранах эритроцитов снижалось в два раза. Выявленное повышение соотношения 20:4n6/20:5n3 в 3 раза относительно группы контроля свидетельствует о значительном дисбалансе в синтезе про- и противовоспалительных медиаторов с преобладанием воспалительного компонента [14].

Также для людей с ХОБЛ необходимы такие микроэлементы как цинк и железо, так как железо участвует в доставке кислорода, а у людей с данным диагнозом часто пониженная сатурация. Цинк оказывает влияние на функциональную активность Т-лимфоцитов, выработку ими медиаторов иммунного ответа. Кроме того, цинк регулирует фагоцитарную активность нейтрофилов, цитотоксический ответ и процессы апоптоза [15].

В связи с этим актуальным вопросом является разработка продуктов направленного действия для расширения рациона питания людей с ХОБЛ.

Целью работы является проектирование рецептуры специализированных мясных консервов, обогащенных длинноцепочечными  $\omega 3$  ПНЖК, для людей с ХОБЛ, а также увеличение содержания цинка и железа. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- выбор компонентного состава (сырья и функциональных ингредиентов) рецептур мясных консервов для людей с хроническими заболеваниями лёгких;
- конструирование рецептур методом математического моделирования и оценка их нутриентной адекватности.

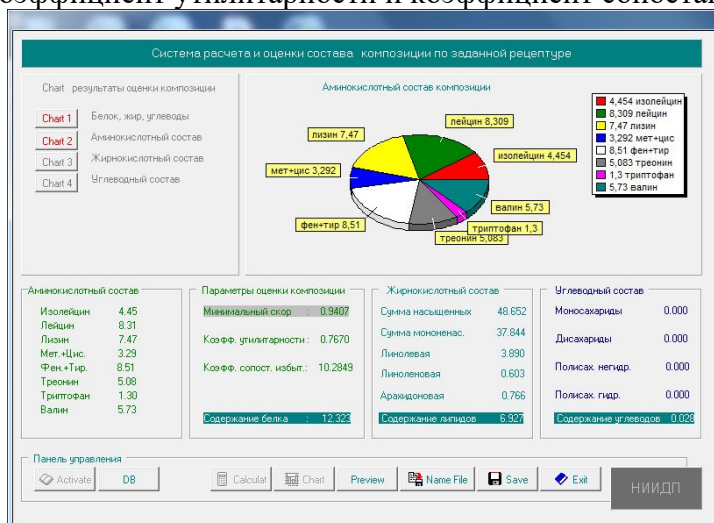
## 2. Материалы и методы

Для решения поставленных задач использованы следующие методы:

- компьютерное проектирование рецептурного состава мясных консервов осуществлялось согласно методологии академика Липатова Н.Н., реализованной в виде компьютерной программы моделирования «Система проектирования и оценка качества поликомпонентных пищевых композиций (Version 7.4)» (рис. 1).

- расчёт жирнокислотного состава с помощью программы Excel.

Оценку аминокислотной сбалансированности полученных рецептурных композиций по критериям адекватности аминокислотного состава проводили по следующим показателям: минимальный скор, коэффициент утилитарности и коэффициент сопоставимой избыточности.



**Рисунок 1.** Программа «Система проектирования и оценка качества поликомпонентных пищевых композиций» (Version 7.4).

1. Для расчёта аминокислотного сора программа использовала следующую формулу:

$$C = \frac{M_i}{M_{iЭТ}} \quad (1)$$

где  $C$  – аминокислотный скор, дол. ед.

$M_i$  – содержание незаменимой аминокислоты, г/100 г исследуемого белка;

$M_{iЭТ}$  – содержание той же аминокислоты, г/100 г эталона.

2. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава, дол.ед.

$$\sigma = C_{min} \frac{\sum A_{эj}}{\sum A_j} \quad (2)$$

где  $C_{min}$  – минимальный скор;

$A_j$  – массовая доля  $j$ -й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка;

$A_{эj}$  – массовая доля  $j$ -й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

3. Коэффициент сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот:

$$U = \frac{\sum A_j - C_{min}}{C_{min}} \quad (3)$$

## 3. Результаты и обсуждения

Выбор предпочтительных видов рецептурных компонентов и функциональных ингредиентов осуществляли с учетом медико-биологических рекомендаций, а также с позиций аминокислотной и жирнокислотной сбалансированности состава сырья. В качестве основного мясного сырья была выбрана говядина (тазобедренная часть) от молодых животных с содержанием жира до 9 % и низким содержанием арахидоновой кислоты, с высоким

содержанием железа (2,6 мг/100 г) и цинка (3,24 мг/100 г). Печень говяжья была выбрана как источник железа (6,5 мг/100 г).

Выбор мяса кролика обусловлен такими отличительными признаками, как источник  $\omega$ 3 ПНЖК ( $\alpha$ -линоленовая 0,36 г/100 г, ЭПК 0,06 г/100 г, ДГК 0,17 г/100 г) [16]. Масло льняное и рыбий жир выбраны как источники  $\omega$ 3 ПНЖК с содержанием  $\alpha$ -линоленовой на уровне 44 г/100 г и 2,3 г/100 г соответственно. Также отличительной особенностью рыбьего жира является наличие эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК) - 27,6 г/100 г и докозагексаеновой кислоты (ДГК) - 20 г/100 г [16]. Эфирное масло гвоздики было выбрано как антиоксидант, устойчивый к высоким тепловым нагрузкам [17].

С использованием информации о нутриентной адекватности предполагаемых ингредиентов были спроектированы рецептурные композиции мясных консервов, представленные в табл. 1. Для выбора наиболее предпочтительной рецептуры с точки зрения нутриентной адекватности, были проанализированы различные соотношения мясного сырья.

Таблица 1

<b>Рецептуры образцов специализированных мясных консервов</b>				
<b>№</b>	<b>Ингредиенты</b>	<b>Образец №1</b>	<b>Образец №2</b>	<b>Образец №3</b>
1	Говядина (1 кат.)	30	43	43
2	Печень говяжья	10	10	10
3	Мясо кролика	13	-	-
4	Вода	40,594	40,444	40,444
5	Масло сливочное, 72.5%	3	3	3
6	Соль	0,6	0,6	0,6
7	Мускатный орех	0,05	0,05	0,05
8	Казеинат натрия	2,75	2,75	2,75
9	Рыбий жир	-	-	0,15
10	Льняное масло	-	0,15	-
11	Эфирное масло гвоздики	0,006	0,006	0,006
	Итого	100	100	100

Таким образом, в образце №1 изменен мясной состав продукта за счет внесения мяса кролика как источника  $\omega$ 3 ПНЖК. В образце №2 источником ДЦ ПНЖК выбрано льняное масло, а в образце №3 рыбий жир. Во все образцы было рассчитано внесение одинакового количества ЭМГ, как мощного антиоксиданта. По другим компонентам рецептурный состав образцов не отличается.

Результаты компьютерной оценки рецептов, спроектированных на базе информации о нутриентной адекватности сырья и сопоставления с эталоном ФАО/ВОЗ, представлены в табл. 2.

Таблица 2

<b>Нутриентная адекватность специализированных мясных консервов</b>					
<b>№</b>	<b>Показатель</b>	<b>Физиологическая адекватность</b>	<b>Образец №1</b>	<b>Образец №2</b>	<b>Образец №3</b>
1	Аминокислотный скор	→ 1	0,87	0,93	0,94
2	Кэф. утилитарности	→ 1	0,88	0,87	0,88
3	Кэф. сопоставимой избыточности	→ 0	10,45	8,54	8,45

Анализ результатов компьютерной оценки рецептов свидетельствует, что спроектированные продукты являются хорошо сбалансированными по аминокислотному составу. Говядина, мясо кролика и печень в значительной степени нутриентно адекватны к шкале ФАО/ВОЗ и могут быть использованы в рецептурах консервов для людей с ХОБЛ. Однако высокий уровень аминокислотной сбалансированности белкового компонента был достигнут в образце №3 за счет подобранного соотношения белкового сырья говядина:печень на уровне 4,3:1.

Жирынокислотный состав консервов представлен в табл. 3.

**Жирнокислотный состав мясных консервов**

№	Показатель	Образец №1	Образец №2	Образец №3
1	Арахидоновая C20:4 $\omega$ 6	0,0002	0,00036	0,00036
2	$\alpha$ -линоленовая C18:3 $\omega$ 3	0,0021	0,0021	0,0175
3	Эйкозапентаеновая C20:5 $\omega$ 3	-	-	0,055
4	Докозагексаеновая C22:6 $\omega$ 3	-	-	0,04
	$\omega$ 6 / $\omega$ 3	10,5:1	6,0:1	5,0:1
	(МБТ: $\rightarrow$ (3 $\div$ 5):1)			

Анализ состава консервов по содержанию ПНЖК показал, что совместное использование животного и рыбьего жиров в образце №3, позволило обогатить консервы ПНЖК класса  $\omega$ 3 и улучшить соотношение  $\omega$ 6/ $\omega$ 3 жирных кислот, являющееся медиатором про и противовоспалительных ферментов.

Использование сырья с нутритивным потенциалом позволило получить продукт с отличительными признаками (табл. 4).

Таблица 4.

**Функциональные признаки консервов**

Показатель	Содержание железа	Отличительный признак	Содержание цинка	Отличительный признак
Образец №1	1,0	-	1,6	-
Образец №2	1,5	Источник железа	1,9	Источник цинка
Образец №3	2,3	Источник железа	3,12	Источник цинка

Таким образом, в образцы №2 и 3 за счет подобранного мясного сырья являются источниками цинка и железа согласно ГОСТ 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности».

**4. Выводы**

Таким образом, на основе медико-биологических рекомендаций методом компьютерного проектирования спроектирован и обоснован состав консервов, имеющих высокую биологическую ценность, характеризуемую коэффициентом утилитарного белка на уровне 0,87-0,88 и минимальным скором равным 0,87-0,94. Наиболее приемлемым является образец №3, который помимо высокой биологической ценности имеет соотношение  $\omega$ 6/ $\omega$ 3 жирных кислот равное 5:1, соответствующее МБТ и характеризуется следующими отличительными признаками: источник железа и источник цинка.

**Библиографический список**

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р. // Собр. Законодательства РФ. 2010. № 45.
2. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р // Собр. Законодательства РФ. 2016 г. № 28.
3. Информационный бюллетень ВОЗ от 20.05.2022. Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ). Электронный ресурс.

4. Remels AH, Gosker HR, Langen RC, Schols AM. (2013). The mechanisms of cachexia underlying muscle dysfunction in COPD. *J Appl Physiol*; <https://doi.org/114:1253-62>
5. Chuchalin A.G., Khaltaev N., Antonov N.S. (2014). Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *Int J COPD*; <https://doi.org/12:963-4>
6. Langen RC, Gosker HR, Remels AH, Schols AM. (2013). Triggers and mechanisms of skeletal muscle wasting in chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Biochem Cell Biol.* <https://doi.org/45:2245-56>
7. Hogan D, Lan LT, Diep DT. (2017). Nutritional status of Vietnamese outpatients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Hum Nutr Diet.* <https://doi.org/30:83-9>. 10.1111/jhn.12402
8. Nguyen HT, Collins PF, Pavey TG. (2019). Nutritional status, dietary intake, and health-related quality of life in outpatients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* <https://doi.org/14:215-26>. 10.2147/COPD.S181322
9. Hoong JM, Ferguson M, Hukins C. (2017). Economic and operational burden associated with malnutrition in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Nutr.* <https://doi.org/36:1105-9>. 10.1016/j.clnu.2016.07.008
10. Slinde F, Gronberg AM, Svantesson U. (2011). Energy expenditure in chronic obstructive pulmonary disease-evaluation of simple measures. *Eur J Clin Nutr.* <https://doi.org/65:1309-13>
11. Deutz NE, Bauer JM, Barazzoni R. (2014). Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clin Nutr* <https://doi.org/33:929-36>
12. Carson EL, Pourshahidi LK, Madigan SM. (2018). Vitamin D status is associated with muscle strength and quality of life in patients with COPD: a seasonal prospective observation study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* <https://doi.org/13:2613-22>. 10.2147
13. Авдеев С. (2007). Хроническая обструктивная болезнь легких как системное заболевание. *Пульмонология.* <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2007-0-2-104-116>
14. Новгородцева Т.П., Караман Ю.К., Кнышова В.В., Жукова Н.В., Бивалькевич Н.В. (2013). Состав жирных кислот мембран эритроцитов у пациентов с хроническими заболеваниями бронхолегочной системы. *Бюл. физ. и пат. дых.* №48.
15. Карзакова Л.М., Ухтерова Н.Д., Борисова Л.В., Иванов Л.Н. (2008) Иммунологические и иммуногенетические маркеры хронической обструктивной болезни легких в условиях естественного дефицита цинка. *Медицинская Иммунология.* <https://doi.org/10.15789/1563-0625-2008-6-513-518>
16. Дыдыкин А.С., Зубарев Ю.Н., Логунова Е.И., Асланова М.А., Деревицкая О.К. (2022). Мясо – уникальный ресурс для создания функциональных продуктов питания. *Всё о мясе.*
17. Maria G. Semenova, Anna S. Antipova, Elena I. Martirosova, Sergey A. Chebotarev, Nadezhda P. Palmina, Natalya G. Bogdanova, Natalya I. Krikunova, Daria V. Zelikina, Maria S. Anokhina, Valery V. Kasparova. (2022). The relationship between the structure and functionality of the essential PUFA delivery systems based on sodium caseinate with phosphatidylcholine liposomes without and with a plant antioxidant: an in vitro and in vivo study. *Food & Function.* <https://doi.org/10.1039/D1FO03336K>



## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОВРЕЖДЕННОГО КРАХМАЛА НА КАЧЕСТВО ПШЕНИЧНОЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ МУКИ

Герасина А.Ю.

*e-mail: a.gerasina@fnscps.ru*

*Научный руководитель: канд. сель-хоз. наук Коломиец С.Н.*

*Всероссийский научно – исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *количество поврежденного крахмала, мука пшеничная, реология.*

### АННОТАЦИЯ

Во ВНИИЗ проводится работа по изучению влияния количества поврежденного крахмала на технологические свойства муки. Однако этот показатель является малоизученным, поэтому изучение влияния поврежденного крахмала на качество муки является актуальным. В работе исследованы образцы пшеничной хлебопекарной муки производственного помола по физико-химическим показателям качества, реологическим свойствам теста, пробной лабораторной выпечке, а также изучено влияние поврежденного крахмала на перечисленные выше показатели содержания поврежденного крахмала. Корреляционная зависимость выявлена между поврежденным крахмалом и количеством клейковины (-0,89), числом падения (-0,93), белизной (0,85) и реологическими показателями – ВПС (0,99), время замеса (-0,89), устойчивостью (-0,88), разжижением (0,99) и валориметрической оценкой (0,96). Между количеством поврежденного крахмала и показателями выпечки хлеба (объемный выход, пористость, органолептическая оценка) корреляционную зависимость выявить не удалось.

**Финансирование:** статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2023-0006 Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук.

## INFLUENCE OF THE AMOUNT OF DAMAGED STARCH ON THE QUALITY OF WHEAT BAKERY FLOUR

Gerasina A.Y.

*e-mail: a.gerasina@fnscps.ru*

*Supervisor of studies: Kolomiets S.N.*

*<sup>1</sup>All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *amount of damaged starch, wheat flour, rheology.*

### ABSTRACT

VNIIZ is working to study the effect of the amount of damaged starch on the processing properties of flour. However, this indicator is poorly studied, so the study of the effect of damaged starch on the quality of flour is relevant. The work examined samples of wheat bakery flour of production grinding according to physical and chemical parameters of quality, rheological properties of dough, test laboratory baking, and also studied the effect of damaged starch on the above indicators of damaged starch content. The correlation relationship was revealed between the damaged starch and the amount of gluten (-0.89), the number of falls (-0.93), whiteness (0.85) and rheological parameters - PRV (0.99), kneading time (-0.89), stability (-0.88), liquefaction (0.99) and calorimetric assessment (0.96). Correlation between the amount of damaged starch and bread baking parameters (volumetric yield, porosity, organoleptic assessment) cannot be found.

**Funding:** the article was prepared as part of research on state assignment No. FGUS-2023-0006 of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов of the Russian Academy of Sciences.

### 1. Введение

Пшеничная мука является сырьем для производства широкого ассортимента продуктов питания (хлебобулочные, макаронные, мучные кондитерские изделия, а также ряд кулинарных изделий), которые входят в ежедневный рацион питания человека.

Пшеница является одним из основных источников крахмала среди зерновых культур. В пшеничной муке содержится 75-80% крахмала [1].

Качество хлеба и хлебобулочных изделий напрямую зависит от состояния белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов муки, из которой они выпекаются.

Среди показателей, характеризующих состояние углеводно-амилазного комплекса муки выделяют количество поврежденного крахмала [2-3].

В настоящее время этот показатель редко контролируется в мукомольной промышленности, однако он имеет важное значение. Из литературных данных следует, что систематическое определение количества поврежденного крахмала в условиях производства позволяет осуществлять контроль мукомольного процесса: проверять параллельность и износ мельничных валков при размоле, оптимизировать давление и износ, что в свою очередь оказывает влияние на выход готовой продукции, ее цвет и сроки хранения. Также количество поврежденного крахмала большое влияние оказывает на реологические свойства теста. При несоблюдении баланса между водопоглощением и стабильностью теста при низком водопоглощении будет низкий объем хлеба, а при избыточном – нестабильность реологических свойств теста в части соотношения упруго-эластичных характеристик [4]. Однако эта тема остаётся малоизученной, поэтому изучение влияния поврежденного крахмала на качество муки является актуальным [5-7].

Цель работы: оценить качество пшеничной хлебопекарной муки и установить влияние количества поврежденного крахмала на технологические показатели.

Задача: оценить образцы пшеничной муки по физико-химическим показателям качества, в том числе по содержанию поврежденного крахмала, реологическим свойствам теста, пробной лабораторной выпечке и установить зависимости между показателями.

## 2. Материалы и методы

В работе использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта производственного помола по ГОСТ 26574-2017. Оценку физико-химических показателей качества, в том числе содержание поврежденного крахмала, реологических свойств теста, пробную лабораторную выпечку хлеба проводили в соответствии с действующими ГОСТами, принятыми в отрасли.

Количество повреждённого крахмала определяли на анализаторе повреждённого крахмала (YUCEBAS MACHINERY). Реологические свойства теста определяли на фаринографе (YUCEBAS MACHINERY).

Статистические исследования проводились в программе MS Excel.

## 3. Результаты и обсуждение

Таблица 1

<b>Физико-химические показатели качества пшеничной хлебопекарной муки</b>					
№ образца	Количество поврежденного крахмала (UCD)	Количество клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК, группа	Число падения, с	Белизна, ед. РЗ-БПЛ
1	17	29,5	61 I Хорошая	335	56,0
2	19	29,1	45 II Удовлетворительная крепкая	305	62,7
3	21	28,3	58 I Хорошая	250	65,4
4	23	28,5	58 I Хорошая	244	65,9
5	27	28,1	63 I Хорошая	221	67,2

\*UCD – единица повреждённого крахмала с учётом влажности и белка

Полученные данные (таблица 1) обработаны статистическим и корреляционным анализами. В результате корреляционного анализа, выявляющего прямолинейные зависимости между показателями качества, установлена прямая зависимость между количеством поврежденного крахмала в муке и показателем «белизна» (коэффициент корреляции составил 0,85) и качество клейковины (коэффициент корреляции составил 0,42). Отрицательная корреляция наблюдалась у показателя количества клейковины (-0,89) и числа падения (-0,93).

Таблица 2

<b>Реологические свойства теста из пшеничной хлебопекарной муки</b>					
№ образца	ВПС, %	Время замеса теста, мин.	Устойчивость теста, мин.	Разжижение теста по валориграфу, Е.В.	Валориметрическая оценка теста, Е.В.
1	55,2	2,2	13,0	57	63,48
2	56,2	2,0	9,7	73	63,50
3	57,8	1,9	9,2	98	67,31
4	60,6	1,8	8,5	105	66,87
5	62,8	1,8	7,7	140	72,25

\*ВПС – водопоглощение

Анализ реологических свойств теста (таблица 2) показал следующие результаты: количество поврежденного крахмала коррелировало со всеми показателями: водопоглощением (0,99), временем замеса теста (-0,89), устойчивостью теста (-0,88), разжижением (0,99), валориметрической оценкой (0,96), чего нельзя сказать про показатели пробной лабораторной выпечки хлеба, где корреляция с количеством поврежденногo крахмала в муке не выявлена (таблица 3). Наибольшей суммарной оценкой хлеба обладали пробы с количеством поврежденного крахмала в диапазоне от 19 до 23 USD. Дальнейшее увеличение количества поврежденного крахмала приводило к уменьшению суммарной оценки выпечки хлеба, наблюдалось неравномерная окраска корки хлеба (рис.1).

Таблица 3

### Характеристика качества хлеба из пшеничной хлебопекарной муки

№ образца	Объемный выход хлеба, V, см <sup>3</sup> /100 г муки	Пористость, %	Органолептическая оценка, балл:		
			внешнего вида	мякиша	суммарная оценка
1	374	75	3	3	6
2	529	83	5	4,5	9,5
3	535	83	5,5	5,5	11
4	575	85	4	5	9
5	414	78	3	3,5	6,5

Проведенные исследования согласуются с литературными данными. Работа по изучению влияния количества поврежденного крахмала нуждается в дополнительных исследованиях, которые будут направлены на установление норм по целевому использованию пшеничной хлебопекарной муки.

#### 4. Выводы

Таким образом, анализ количества поврежденного крахмала в муке выявил существенное влияние его на физико-химические показатели качества муки и реологические свойства теста.

#### Библиографический список

1. Месяц, В.К. и др. (1998) Большой энциклопедический словарь Сельское хозяйство. – М.: Большая Российская энциклопедия. – 656 с.
2. Gabriela N. Barrera, Carmen C. Tadini, Alberto E. Leo'n, Pablo D. Ribotta. (2016). Use of alpha-amylase and amyloglucosidase combinations to minimize the bread quality problems caused by high levels of damaged starch *J Food Sci Technol*, 53(10):3675-3684. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2337-2>
3. Русляков, В.А. (2023) Влияние поврежденности крахмальных гранул и бактериальной альфа-амилазы на хлебопекарные показатели муки. *Актуальные исследования*. 5 (135). 39-44. [https://doi.org/10.51635/27131513\\_2023\\_5\\_39](https://doi.org/10.51635/27131513_2023_5_39)
4. Дремучева, Г.Ф., Носова, М.В. (2021) Результаты исследований хлебопекарных свойств пшеничной муки с использованием реоферментометра. *XIIIC*. №3, 105-114.
5. Claudia Vogel, Katharina Anne Scherf, Peter Koehler (2018) Effects of thermal and mechanical treatments on the physicochemical properties of wheat flour. *European Food Research and Technology* 244:1367-1379. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3050-3>
6. Suresh D. Sakhare, Aashitosh A. Inamdar, D. Indrani, M. H. Madhu Kiran, G. (2015) Venkateswara Rao Physicochemical and microstructure analysis of flour mill streams and milled products. *J Food Sci Technol* 52(1):407-414. DOI 10.1007/s13197-013-1029-4.
7. N. Alper Tapan, M. Erdem Günay, Nilüfer Yıldırım (2023) Application of Machine Learning for the Determination of Damaged Starch Ratio as an Alternative to Medcalf and Gilles Principle // *Food Analytical Methods* 16:604-614. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02442-9>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОЛИВКОВОГО МАСЛА ИЗ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ АЛЖИРА

Хатем Гернуг

*e-mail: hatemghernoug95@gmail.com*

*Российский биотехнологический университет, Москва, Россия*

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, академик РАН Чернуха И.М.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *оливковое масло, регион происхождения, жирнокислотный состав*

### АННОТАЦИЯ

Впервые исследовано оливковое масло (ОМ), произведенное в южных регионах Алжира, уникальных по своим климато-географическим характеристикам. Установлено, что по внешнему виду и жирнокислотному составу это масло отличается от продуктов, выработанных в странах – традиционных производителях ОМ. Учитывая полученные данные, рассматривается перспектива использования этого ОМ в функциональных мясо-растительных продуктах с соответствующим ЖК профилем.

**Благодарности:** Автор выражает благодарность сотруднику ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН Утьянову Д.А. за помощь в проведении анализов образцов.

## ASSESSMENT OF THE OLIVE OIL PRODUCED AT THE SOUTHERN REGIONS OF ALGERIA

Hatem Ghernoug

*e-mail: hatemghernoug95@gmail.com*

*Russian Biotechnological University, Moscow, Russia*

*Scientific supervisor: Chernukha I.M., Doctor of technical sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences*

**KEYWORDS:** *olive oil, geographical region, fatty acid*

### ABSTRACT

Olive oil (OM) produced in the southern regions of Algeria, which is unique in its climatic and geographical characteristics, was studied for the first time. It has been established that in appearance and fatty acid composition, this oil differs from the products developed in the countries – traditional producers of OM. Taking into account the data obtained, the prospect of using this OM in functional products of meat-plant origin with optimal FA profile has been considered.

**Acknowledgements:** The author thanks the scientist of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Utyanov D.A., for the kind assistance in sample analyses.

### 1. Введение

Алжир – одна из стран-производителей оливкового масла занимает девятое место в рейтинге по состоянию на 2022 год. Родина оливы – юго-восточные регионы Средиземноморья. Таким образом, по климатическим характеристикам и географическому расположению Алжир соответствует требованиям для произрастания оливы.

На территории Алжира произрастает несколько сортов оливы европейской (*Olea europaea*). В том числе, Сегваз, Азрадж, Эпл, Шамлан, Лемли и др. Оливки этих сортов различаются по цвету, форме, размеру, а также по содержанию масла в них. В оливках этих сортов. Произрастающих на территории Алжира, содержание масел колеблется от 18 до 33% [1]

Изучению особенностей оливкового масла из Испании [2], Италии [3], Туниса [4] посвящено много исследований.

Вместе с тем, оливковое масло из Алжира еще не было объектом пристального изучения. Целью данной работы является изучение жирнокислотного состава ОМ. Произведенного в южном регионе Алжира и оценка его потенциала как основы для функциональных продуктов.

### 2. Материалы и методы

Объектом исследований служило оливковое масло, отобранное на предприятии dar al-shouyou, и выработанное из оливок, выращенных в районе Джельфа.

Жирнокислотный состав ОМ определяли по ГОСТ 30623-2018.

### 3. Результаты и обсуждение

Качество и функциональность растительных масел принято характеризовать составом жирных кислот. В растительных маслах основную долю составляют линолевая и линоленовая



ЖК. Обе кислоты относятся к полиненасыщенным. Обе являются продуктами биосинтеза олеиновой ЖК. Именно дефицит омега 3 жирных кислот в организме человека приводят к нарушению жирового обмена, изменяют вязкость крови и эластичности кровеносных сосудов, провоцируют сердечнососудистые заболевания. [5]

Полиненасыщенные жирные кислоты (линолевая C18:2(ω-6), линоленовая C18:3 (ω-3), арахидоновая C20:4(ω-6)) настолько важны в повседневном питании, что получили название «витамин F». Эти ЖК не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей.

Результаты исследования ОМ из алжирского региона Джельфа показали следующие значения ЖК (% к общему количеству липидов): C16:0 = 11,1; C 16:1 = 0,4; C 18:0 = 3,8; C 18:1 = 29,8; C 18:2 = 48,5; C 18:3 = 6,1.

Следует отметить, что масло из этого региона отличается завышенным содержанием линолевой ЖК. По этому показателю масло можно отнести к линолевой группе по классификации Долголюк И.В. и соав. (2014). Интересно. Что авторы относят к этой группе арбузное. Конопляное. Тыквенное, кедровое и др. масла. Но отнюдь не ОМ [6]

Соотношение C 18:1 / C 18:2 для этого масла составляет 0,614. Для сравнения, ОМ из Китая дает значение 8 [7], 4,84 - 5,77 для ОМ, произведенного из культивированных в Бразилии итальянских оливок сорта *Arbequina* [8], 16,67 для ОМ из Толедо и 5,29 для ОМ из Турции. [9] Интересно, что в ОМ из Турции отмечено очень высокое содержание C 18:2 – до 13,14%, а в ОМ из оливок сортов *Blanqueta* and *Picudo*, выращенных в Кордобе, исследователи отмечали содержание C 18:2 20.74 and 18.74%, соответственно [2] Соотношение олеиновой и линолевой кислот рассматривается с точки зрения вклада различных ферментативных реакций, участвующих в биосинтезе жирных кислот.

С другой стороны, содержание C14:0, C:17:0, C22:0 и C24:0 были на пределе обнаружения (0%).

Соотношение насыщенных ЖК к мононенасыщенным и полиненасыщенным ЖУ в этом масле составляет 15:30:55. То есть, ОМ южного региона Джельфа имеет сдвиг в сторону полиненасыщенных ЖК, линолевой и линоленовой. Более того, содержание линоленовой ЖК в этом масле выше обычного, что дает соотношение ω3/ ω6 ЖК для этого масла 1:8. В отличие от данных других авторов [6]

Оливковое масло из региона Джельфа (рис.1)



ДЖЕЛЬФА

Средний температурный максимум – 20<sup>0</sup>С

Средний температурный минимум – 14<sup>0</sup>С

Климат засушливый; южнее начинается пустыня Сахара

Абани (Abani)

Злитни (Zlitni)

Фаркани (Farkani)



ОМ из региона Джельфа

Оливки, выращиваемые в регионе Джельфа, устойчивы к сухому климату.

**Рисунок 1.** Сводная информация о сырье и продукте.

Различия в ЖК профиле ОМ, по мнению одних, связаны с географическими, почвенными и климатическими особенностями произрастания [7], а по мнению других, в основном зависит от сорта оливок[2].

#### 4. Выводы

Исследования показали, что образец ОМ из региона Джельфа (Алжир) отличается по жирнокислотному составу от ОМ из основных стран-производителей ОМ.



Известно, что оптимальное соотношение НЖК:МНЖК: ПНЖК в суточном рационе питания здорового взрослого человека должно составлять: 3:6:2. В исследованном ОМ это соотношение было смещено в сторону ПНЖК.

В целом, по ЖК профилю, соотношению  $\omega 3/ \omega 6$  ЖК оливковое масло из пустынного региона Джельфа (Алжир) отличалось от стандартных. Возможно это связано с реакцией растений (олив) на водный стресс. В ответ на нехватку воды изменяется ЖК профиль ОМ. Это согласуется с данными Orlandi, Bonofiglio, Romano, & Fornaciari (2012), связавшими снижение поступления влаги к деревьям со сдвигами в ЖК профиле: содержания олеиновой кислоты в сторону снижения и повышением уровня линолевой и линоленовой кислот [10]

Известно, что в мясном сырье преобладают  $\omega 6$  ЖК. Введение такого ОМ в белково-жировые модули может открыть перспективу создания функционального продукта, с потенциалом профилактики ССЗ. В дальнейшем предполагается рассмотреть эту гипотезу.

#### Библиографический список

1. الاصناف المزروعة في الجزائر. Получено из <https://www.aoad.org/olive/alg.htm> . Дата обращения Июль 7, 2023.
2. S. Tomé-Rodríguez, F. Barba-Palomeque, C.A. Ledesma-Escobar, H. Miho, C.M. Díez, F. Priego-Capote. (2023). Influence of genetic and interannual factors on the fatty acids profile of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 422, Article 136175, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136175>
3. Angela Cicutelli, Tancredi Fortunati, Italia De Feis, Stefano Castiglione. (2013) Oil composition and genetic biodiversity of ancient and new olive (*Olea europea* L.) varieties and accessions of southern Italy. *Plant Science*, 210, 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.05.011>.
4. Bechir Baccouri, Theresa Sieren, Salma Nayet Mohamed, Ina Willenberg. (2023) Fingerprinting of tocopherol, phenolic compounds and oxidative properties of unstudied minor and rare Tunisian olive oils. *South African Journal of Botany*, 156, 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.03.003>.
5. Воробьева В.М, Дербенева С.А, Залетова ТС, Котенкова ЕА, Кочеткова АА, Погожева АВ, Стародубова АВ, Чернуха ИМ Применение специализированных пищевых продуктов для диетотерапии больных с цереброваскулярной патологией - СПб.: Научно-технические технологии, 2021. - 187 с. ISBN 978-5-6045558-6-6
6. Долголюк И.В., Терещук Л.В., Трубникова М.А., Старовойтова К.В. (2014) Растительные масла – функциональные продукты питания. *Техника и технология пищевых производств* - 2 (33), 122-125
7. Yang Zhang, Caihong Zhang, Cong Xu, Yejun Deng, Bo Wen, Pujun Xie, Lixin Huang (2022) Effect of geographical location and soil fertility on main phenolic compounds and fatty acids compositions of virgin olive oil from Leccino cultivar in China. *Food Research International*, 157. Article 111207. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111207>
8. Borges TH, Pereira JA, Cabrera-Vique C, Lara L, Oliveira AF, Seiquer I. (2017) Characterization of Arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. *Food Chem*, 15; 215:454-62. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.07.162.
9. Songul Kesen, Asghar Amanpour, A. Salih Sonmezdag, Hasim Kelebek, Serkan Selli. (2017) Effects of Cultivar, Maturity Index and Growing Region on Fatty Acid Composition of Olive Oils [https://www.researchgate.net/publication/317095755\\_Effects\\_of\\_Cultivar\\_Maturity\\_Index\\_and\\_Growing\\_Region\\_on\\_Fatty\\_Acid\\_Composition\\_of\\_Olive\\_Oils#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/317095755_Effects_of_Cultivar_Maturity_Index_and_Growing_Region_on_Fatty_Acid_Composition_of_Olive_Oils#fullTextFileContent)
10. F. Orlandi, T. Bonofiglio, B. Romano, M. Fornaciari. (2012) Qualitative and quantitative aspects of olive production in relation to climate in southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 138, 151-158. 10.1016/j.scienta.2012.02.029.

## КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Горева И.В.\*, Куренкова Л.А.

\*e-mail: fdor.nikitin.00@inbox.ru

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент. Куренкова Л.А.*

*Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, г. Вологда  
– Молочное, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *новый продукт, йогурт, растительное сырьё, закваска, органолептические свойства.*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье приведены исследования по расширению ассортимента кисломолочных продуктов за счет добавления овсяного сиропа и порошка шпината. Показаны полезные биологически активные вещества натуральных ингредиентов. Были определены органолептические и физико-химические показатели нового продукта. При исследовании образцов были использованы стандартные методы: органолептический, физико-химические показатели измеряли на ультразвуковом анализаторе, потенциометрический метод измерения pH. Образцы были произведены в лабораторных условиях термостатным способом. В качестве растительных компонентов использовался шпинат, содержащий в составе витамины С, β-каротин, др. и минералы Ca, Fe, Zn и овсяный сироп, содержащий β-глюкан, витамин В1 и витамина В2. Обоснован выбор наполнителей и определена рецептура на основании выбора экспертов. Для выбора наиболее подходящей дозы наполнителя использовался метод балльной оценки. Установлено, что наилучшими органолептическими свойствами характеризовался образец, содержащий 4 % овсяного сиропа и 1% сухого шпината. Исследования данного образца будут продолжены.

## FERMENTED MILK PRODUCT WITH PLANT COMPONENTS

Goreva I.V.\*, Kurenkova L.A.

\*e-mail: fdor.nikitin.00@inbox.ru

*Supervisor of studies: candidate of Technical Sciences, docent Kurenkova L.A.*

*Vologda state dairy farming academy named after N.V. Vereshchagin, City Vologda - Molochnoe,  
Russia*

**KEYWORDS:** *new product, yogurt, vegetable raw materials, sourdough, organoleptic properties.*

### ABSTRACT

This article presents research on expanding the range of fermented milk products by adding oatmeal syrup and spinach powder. Useful biologically active substances of natural ingredients are shown. The organoleptic and physico-chemical parameters of the new product were determined. When examining the samples, standard methods were used: organoleptic, physicochemical parameters were measured on an ultrasonic analyzer, and a potentiometric method for measuring pH. The samples were produced under laboratory conditions in a thermostatic manner. Spinach containing vitamins C, β-carotene, etc. and minerals Ca, Fe, Zn and oatmeal syrup containing β-glucan, vitamin B1 and vitamin B2 were used as plant components. The choice of fillers is substantiated and the recipe is determined based on the choice of experts. A scoring method was used to select the most appropriate dose of excipient. It was established that the sample containing 4% oat syrup and 1% dry spinach was characterized by the best organoleptic properties. Research on this sample will continue.

### 1. Введение

Последние тенденции в развитии производства продуктов питания направлены на совершенствования традиционных видов и разработки новых оригинальных продуктов, которые будет содержать преимущественно натуральные ингредиенты, отличаться низкой калорийностью, оказывать положительный эффект на здоровье человека [1].

В настоящее время в России не получили широкого внедрения перспективные нетрадиционные методы комплексной переработки молочного сырья по причине дорогостоящего оборудования. В питании присутствует дефицит животного белка, эта проблема требует поиска новых направлений его получения.

Актуальность расширения ассортимента молочных продуктов продиктована ростом в обществе осознания необходимости ведения здорового образа жизни, повышения культуры питания и возможностью расширения рынка сбыта. Работа в данном направлении предусматривает моделирование состава продуктов, дальнейшее расширение ассортимента

продукции с повышенным содержанием белка, замену свекольного и тростникового сахара на подсластители с низким гликемическим индексом.

Целью работы является разработка рецептуры йогурты с овсяным сиропом и шпинатом для расширения ассортимента продукции с естественными наполнителями. Предполагается изменение вкуса за счет растительных компонентов; изменение цвета и консистенции, путем внесения загустителей и стабилизаторов; разработка продукции с нетрадиционными вкусовыми и органолептическими свойствами [2].

Употребление кисломолочной продукции способствует нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, что особенно важно при лечении антибиотиками, улучшению здоровья, хорошо помогает при таких заболеваниях как гастрит, дисбактериоз кишечника, укрепляет иммунитет и снижает последствия и проявления аллергии, и поддержанию здорового образа жизни [3].

Проведенный патентный поиск подтверждает интерес к исследованию и использованию сухого шпината и овсяного сиропа. Например: группой ученых получен патент на способ получения шоколадного мороженого с наноструктурированным сухим экстрактом шпината, результатом данной работы является получение в ассортименте нового мороженого со оригинальным вкусом, обогащенного биологически активными веществами растительного сырья [4]; группа ученых представила патент на изобретение способа получения сахаросодержащего продукта, обеспечивает повышение пищевой ценности за счет применения в качестве исходного сырья зерна овса, обладающего богатым химическим составом, что позволяет обогащать пищевые продукты не только моно- и дисахаридами, но и белками, пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами [5].

## 2. Материалы и методы

Кисломолочная продукция исторически пользуется стабильным спросом среди россиян. Ассортимент становится разнообразнее, растёт популярность йогуртов. Йогурт – кисломолочный продукт, отличительной особенностью которого является повышенная массовая доля сухих веществ [6].

Молочные продукты занимают одно из важнейших мест в полноценном рационе питания населения всех возрастных групп, сегодня существует проблема дальнейшего повышения качества товаров этой категории. Молочные продукты имеют высокую пищевую ценность, содержат в своём составе важные биологические компоненты, которые могут использоваться в лечебно-профилактических и функциональных целях. Недостаточный уровень потребления молочных продуктов в России, вследствие довольно высокой стоимости и низкой платежеспособности населения, заставляет искать возможности для их удешевления, в том числе – за счет использования альтернативных видов сырья.

Шпинат – это листовый овощ, который богат витаминами и минеральными веществами. При этом многие из них содержатся в таком количестве, которое покрывает суточную потребность человека в них, например, витамины А и К. Из-за того, что шпинат употребляется в пищу сырым или после минимальной термообработки, его витамины сохраняются в нем и поступают в организм практически в том же количестве, которое содержится в растущих листьях.

В проводимом исследовании использовали порошок шпината, т.к. его удобно хранить и использовать в производстве, при этом высушенный шпинат практически не теряет своих полезных свойств [7].

Порошок шпинат содержит витамины и минеральные вещества. В приведенной ниже таблице 1 указано содержание полезных биологически активных веществ в шпинате и суточная норма физиологических потребностей человека МР 2.3.1.2432-08 «Методические рекомендации. Рациональное питание» [8, 9].

Таблица 1

### Содержание в шпинате биологически активных веществ и рекомендованная суточная норма потребности

Наименование	Содержится в	
	100 г порошка шпината, мг	Суточная норма потребности, мг в сутки
Кальций	1304	500
Железо	40,36	
- для мужчин		10
- для женщин		18
Натрий	98,2	1300
Калий	233,38	2500
Цинк	13,38	9,5
Витамин С	18,07	55
Бета-каротин	22,59	5
Фосфор	336	800

Овсяный сироп имеет высокое содержание мальтозы и низкое глюкозы, а значит, меньшую сладость и может быть рекомендованы для производства продуктов специального назначения. Сироп содержит несбраживаемые углеводы и  $\beta$ -глюкан. Кроме того, он имеет высокое содержание витамина В1 и является источником витамина В2, что отражено в таблице 2 [10].

Таблица 2

**Содержание в овсяном сиропе биологически активных веществ и рекомендованная суточная норма потребности**

Наименование	Содержится в 100 г овсяного сиропа, мг	Суточная норма потребности, мг в сутки
В1 (тиамин)	0,5	1,5
В2 (рибофлавин)	0,22	1,8
Е (токоферол)	0,525	15

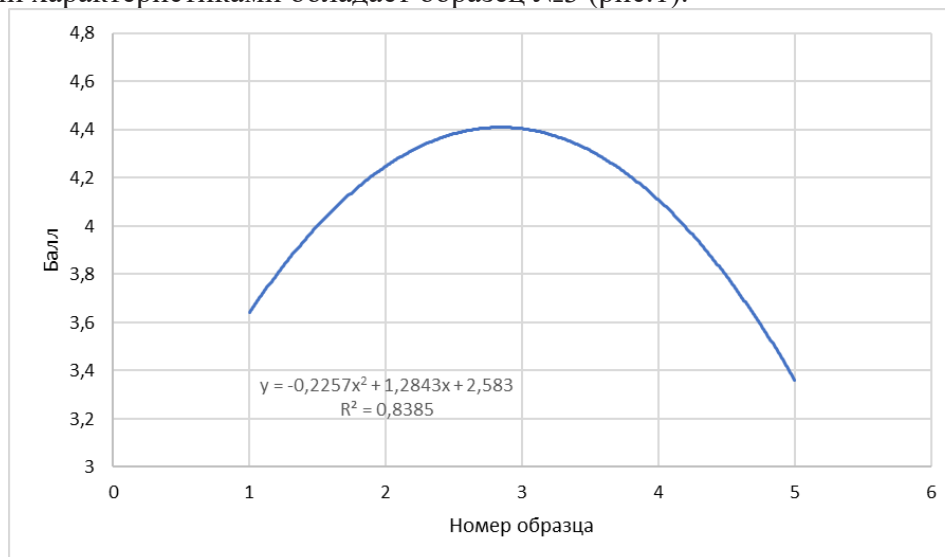
При исследовании образцов были использованы стандартные методы. По ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия» органолептические показатели, физико-химические показатели измеряли на ультразвуковом Анализатор СуперПлемЭксперт, согласно приказу N 421 от 28 июня 2021г. Минсельхоз РФ, утвержден к применению; измерения pH образцов были проведены на pH-метр МИ-150. Образцы были произведены в лабораторных условиях термостатным способом. Эксперты использовался метод балльной оценки согласно ГОСТ 31986-2012 «Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания» для определения дозы растительных ингредиентов.

Технология изготовления образцов термостатным способом предполагает: приготовление молочной смеси, внесение растительных ингредиентов, перемешивание, пастеризацию при температуре 90°C, розлив, охлаждение до температуры 40±2°C, внесение лабораторной закваски при температуре 40±2°C, сквашивание при температуре 40±2°C в течение 4 часов до образования плотного сгустка, охлаждение до температуры 4±2°C.

### 3. Результаты и обсуждение

Для достижения поставленной цели были произведены предварительные расчеты, на основании которых был выбран диапазон внесения сушеного шпината и овсяного сиропа. После чего были произведены лабораторные выработки продукта на кафедре технологии молока и молочных продуктов ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. В полученных образцах были определены органолептические и физико-химические показатели образцов.

В результате органолептической оценки образцов было установлено, что наиболее желательными характеристиками обладает образец №3 (рис.1).



**Рисунок 1.** Результаты балльной оценки органолептических свойств (вкус и запах) образцов йогурта:

- 1 - Образец с Bifidobacterium (5%), овсяным сироп (4%), шпинатом (0,7%)
- 2 – Образец с Lactobacillus bulgaricus и Streptococcus thermophilus (5%), овсяным сироп (4%), шпинатом (0,7%)
- 3 - Образец с Lactobacillus bulgaricus и Streptococcus thermophilus (5%), овсяным сироп (4%), шпинатом (1%)
- 4 - Образец с Bifidobacterium (5%), овсяным сироп (4%), шпинатом (1%)
- 5 - Образец с Lactobacillus bulgaricus и Streptococcus thermophilus (5%), овсяным сироп (4%), шпинатом (1,3%)

Рецептура йогурта с наполнителем представлена в таблице 3.

Таблица 3

<b>Рецептура йогурта с овсяным сиропом и шпинатом</b>	
<b>Компоненты</b>	<b>Расход компонентов, г, на 1000 г продукта</b>
Молоко коровье (м.д.ж. 3,45%)	606
Сливки (м.д.ж. 10%)	289,5
СОМ (м.д.ж. 1%)	4,5
Закваска с <i>Lactobacillus bulgaricus</i> и <i>Streptococcus thermophilus</i>	50
Овсяный сироп	40
Порошок шпината	10
Итого	1000

Органолептические и физико-химические показатели выбранного на основании результатов дегустации образца представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

<b>Органолептические показатели готовой продукции</b>			
<b>Наименование продукта</b>	<b>Характеристики готового продукта</b>		
	<b>Вкус и запах</b>	<b>Консистенция</b>	<b>Цвет</b>
Йогурт с овсяным сиропом и шпинатом	Кисломолочный вкус и запах, с приятным привкусом и запахом зелени (не приторный), вкус сладкий.	Однородная консистенция, плотный, прочный сгусток, в меру вязкая, допустимо небольшое отделение сыворотки (термостатный способ).	Цвет – светлый оттенок зеленого (фисташковый), равномерно распределен по всему объему, допускаются небольшие вкрапления частиц шпината.

Таблица 5

<b>Физико-химические показатели Йогурта с овсяным сиропом и шпинатом</b>	
<b>Наименование показателя</b>	<b>Норма</b>
Массовая доля жира, %	5
Массовая доля белка, %	2,8
Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), %	8,5
Кислотность, °Т	80-95

#### 4. Выводы

На основании исследований была определена рецептура йогурта с овсяным сиропом и шпинатом. Новый йогурт является оригинальным продуктом для расширения ассортимента полезных продуктов питания с овощными ингредиентами и подсластителями с низким гликемическим индексом. Продукт отличается от других, предлагаемых на рынке йогуртов, оригинальным составом. Показаны полезные биологически активные вещества натуральных ингредиентов, растительные ингредиенты влияют на изменение вкуса, цвета и консистенции. Экспертами проведена оценка органолептических свойств бальным методом. По мнению дегустаторов наиболее удачными оказались образцы с закваской, в состав которой входят *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*. Образец со шпинатом, доля которого составляет 1%, получил большее количество баллов. Было отмечено, что он имеет приятный сладковатый кисломолочный вкус с привкусом зелени и светло – зеленый цвет (фисташковый). Определены физико-химические показатели продукта, которые соответствуют ГОСТу 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия». Организация производства нового йогурта возможна на любом действующем молочном заводе, оснащённом необходимым оборудованием для производства цельномолочных продуктов.



### Библиографический список

1. Рахимова, С. (2018). Роль инноваций и инновационного процесса в развитии пищевой промышленности. *International Journal of Innovative Technologies in Economy*, 6(18). [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ijite/01072018/5938](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijite/01072018/5938)
2. Кремьянская, Е.В. (2022). Перспективные направления развития инновационных процессов в молочной промышленности. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 9(3). 361-366. <https://doi.org/10.17513/vaael.2482>
3. Никонова, Е.Л., Попова, Е.Н. (2019). Монография под редакцией. МИКРОБИОТА. Москва. 31-35.
4. Патент № 2659399. Способ получения шоколадного мороженого с наноструктурированным сухим экстрактом шпината / Кролевец А.А. Оpubл. 02.07.2018 Бюл. № 19.
5. Патент № 2349645. Способ получения сахаросодержащего продукта / Румянцева В.В., Шеламова Т.Н., Ковач Н.М. Оpubл. 20.03.2009 Бюл. № 8.
6. Канарейкина, С.Г., Канарейкин, В.И., Бикбова, Р.А. (2016). Популярный кисломолочный продукт – йогурт. *Животноводство и кормопроизводство*, 2(94).
7. A. Kala & Jamuna Prakash (2004). Nutrient Composition and Sensory Profile of Differently Cooked Green Leafy Vegetables, *International Journal of Food Properties*, 7:3, 659-669. <https://doi.org/10.1081/JFP-200033079>
8. МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации». — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.—36 с.
9. Waseem, M., Akhtar, S., Manzoor, M.F., et al. (2021). Nutritional characterization and food value addition properties of dehydrated spinach powder. *Food Sci Nutr*, 9, 1213–1221. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2110>
10. Чекина, М.С., Меледина, Т.В. (2016). Разработка технологии зернового сиропа из овса. *Вестник ВГУИТ. Пищевая биотехнология*, 3(69), 210-217.

**АКВАФАБА – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЕГЕТАРИАНСКИХ СОУСОВ****Горнич Е.А.\*, Терентьева Д.В.***\*e-mail: gornich@yarcxa.ru**Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия***КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *аквафаба, фасоль, вегетарианский соус*

**АННОТАЦИЯ:** Из-за существенного дисбаланса питания снижается уровень здоровья человека, а также уровень сопротивляемости его организма различным неблагоприятным факторам окружающей среды. Поэтому все больше потребителей отдают предпочтение гипоаллергенным продуктам питания не содержащих, лактозу, глютен, животные белки по разным причинам. Для того, чтобы удовлетворить их спрос в качестве альтернативного сырья можно использовать аквафабу для различных продуктов питания со сбалансированным составом физиологически ценных ингредиентов. В статье представлена технология производства, рецептуры соусов на основе аквафабы белой и красной фасоли, определена и дана оценка органолептических и физико-химических (массовая доля жира и влаги, кислотность в пересчете на уксусную кислоту, стойкость неразрушенной эмульсии, активная кислотность) показателей опытных образцов.

**AQUAFABA IS A PROMISING RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION  
OF VEGETARIAN SAUCES****Gornich E.A.\*, Terenteva D.V.***Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia***KEYWORDS:** *aquafaba, beans, vegetarian sauce*

**ABSTRACT:** Due to a significant nutritional imbalance, the level of human health decreases, as well as the level of resistance of his body to various adverse environmental factors. Therefore, more and more consumers prefer hypoallergenic foods that do not contain lactose, gluten, animal proteins for various reasons. In order to meet their demand, aquafaba can be used as an alternative raw material for various food products with a balanced composition of physiologically valuable ingredients. The article presents the technology of production of sauce based on aquafaba beans with and without prebiotic and the results of the evaluation of organoleptic and physico-chemical parameters of the prototypes.

**1. Введение**

В XXI веке большое значение придается разработке и производству пищевых продуктов. Недостаток витаминов, микро- и макроэлементов, минеральных веществ и пищевых волокон в ежедневном рационе питания человека – является ведущей проблемой, с которой сталкивается наука сегодня. Темпы снижения качества и количества потребляемых важных веществ поразительны. Из-за существенного дисбаланса питания снижается уровень здоровья человека, а также уровень сопротивляемости его организма различным неблагоприятным факторам окружающей среды. В связи, с чем исследования направленные на улучшения качества питания человека требуют разработки новых рецептур и технологий. В качестве перспективных направлений можно отметить пищевые водно-жировые эмульсии, на основе которых возможно создание майонезных соусов со сбалансированным составом физиологически ценных ингредиентов.

Новым направлением в производстве колбасных изделий [1], кондитерских изделий (безе, зефиrow, пастилы), майонезных соусов является использование в качестве заменителя яичных продуктов аквафабы (аqua – вода и faba – бобы) [2-4]. Она представляет собой жидкий отвар бобовых (гороха, чечевицы, нута, фасоли), а также жидкость из-под консервированных бобов, которая обладает высокой пенообразующей, стабилизирующей и эмульгирующей способностью. Данная особенность позволяет использовать аквафабу в качестве компонента при производстве майонезных соусов [5].

Над разработкой вегетарианских соусов на основе аквафабы работают ученые во всем мире. Так, например, Dever Z. (2020) предлагает соусы на основе аквафабы из нута, [6], Т.Д. Коржова (2022) предлагает технологию безхолестеринового майонезного соуса на основе аквафабы с добавлением тыквенного порошка [7], Е. В. Левковская, М. С. Кобякова, Т. Ж. Чочаева предлагают соус из аквафабы со шпинатом.

Изучение литературных источников позволило нам сделать заключение, что в настоящее время пищевая промышленность не производит вегетарианские соусы на основе аквафабы.

Актуальность исследования заключается в том, что разработка технологии и рецептуры вегетарианского соуса на основе аквафабы позволит расширить ассортимент за счёт продукции, для людей, страдающих проблемами с желудочно-кишечным трактом, аллергией на яичный белок, имеющих повышенный холестерин, вегетарианцы, детям и многим другим.

Цель исследования – разработать технологию вегетарианского соуса на основе аквафабы.

Для достижения цели были поставлены и решены задачи:

- изучить нормативную документацию, на основе применяемых в настоящее время технологий производства майонезных соусов, разработать альтернативный продукт на основе аквафабы;

- разработать рецептуры опытных образцов, в соответствии с которыми провести лабораторную выработку;

- провести оценку органолептических и физико-химических показателей.

## **2. Материалы и методы**

Исследование по теме началось на базе кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО Ярославской государственной сельскохозяйственной академии с 2022 года в соответствии со схемой исследования. Были изучены основные нормативно-правовые документы, проанализированы литературные источники, сделана первичная лабораторная выработка опытных образцов на основе консервированной аквафабы красной фасоли, проведена органолептическая оценка опытных образцов, составлена технологическая схема.

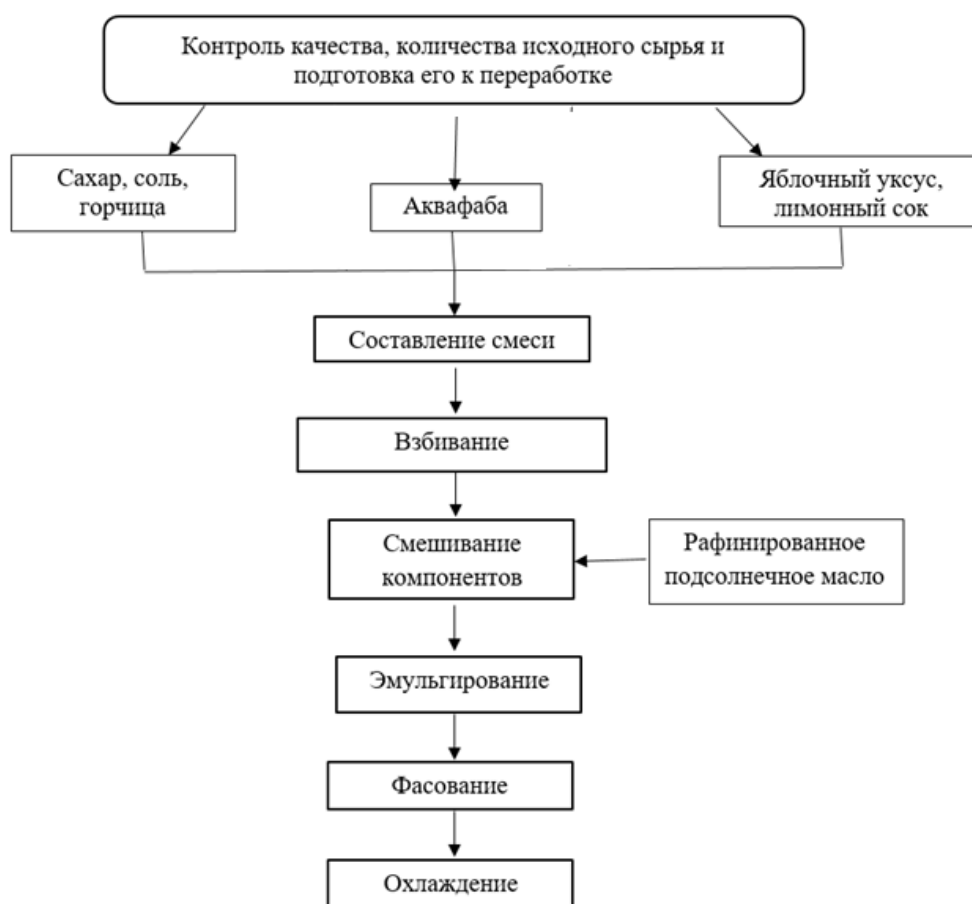
В 2023 году была выполнена доработка рецептов, подбор образца растительного масла из трех предложенных («Mr. Rico», «Золотая семечка», «Олейна»). Проведена лабораторная выработка контрольного образца, и опытных образцов на основе консервированной аквафабы белой и красной фасоли.

Для лабораторной выработки использовалось следующее сырье: масло растительное подсолнечное – ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия» [8]; горчица пищевая «Русская» – ТУ 9169-005-53904500-04 Горчица пищевая «Русская» [9]; соль пищевая – ГОСТ Р 51574-2018 «Соль пищевая. Общие технические условия» [10]; сахар белый пищевой – ГОСТ 33222 – 2015 «Сахар белый. Технические условия» [11]; уксус столовый – ГОСТ Р 56968-2016 «Уксус столовый. Технические условия» [12]; аквафаба консервированной фасоли – ГОСТ Р 54679-2011 «Консервы из фасоли. Технические условия» [13]; сухой яичный желток – ГОСТ 30363 – 2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия» [14]; вода питьевая – ГОСТ 32220-2013 «Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия» [15].

Исследование физико-химических показателей проводилось на базе кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, где был выработан контрольный образец майонезного соуса и 4 опытных образца вегетарианского соуса на основе аквафабы. Контрольный образец был выработан стандартного состава, на основе сухого яичного желтка, без содержания консервантов и пищевых добавок, что соответствовало ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия», рецептура которого была разработана ранее на кафедре технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Ярославской ГСХА. [16; 17]. Были изучены и применены на практике следующие физико-химические исследования образцов майонезных соусов: массовая доля жира; титруемая кислотность; активная кислотность (рН); массовая доля влаги; стойкость эмульсии; органолептические показатели: внешний вид, консистенция, вкус и запах, цвет.

## **3. Результаты и обсуждение**

Лабораторная выработка и исследования вегетарианского соуса на основе аквафабы проводились на базе кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» в соответствии с технологической схемой (Рисунок 2) и рецептурами Таблица 1.



**Рисунок 1.** Технологическая схема выработки вегетарианского соуса на основе аквафабы

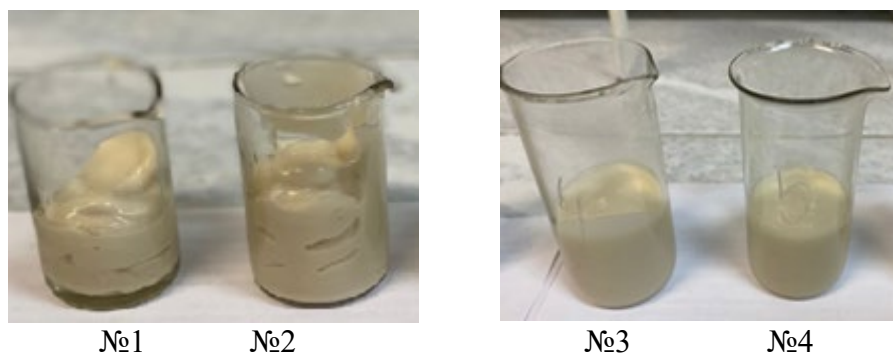
Технологический процесс получения вегетарианского соуса на основе аквафабы состояло из этапов. В начале проводилась оценка качества и количества исходного сырья, аквафаба отделялась от консервированной фасоли. При составлении смеси все компоненты (за исключением растительного масла) загружались в чашу смесителя с последующим взбиванием. В смесителе при небольшой частоте вращения мешалки приготавливали грубую эмульсию. На операции смешивание компонентов с одновременным эмульгированием смеси происходила дозированная подача растительного масла для дальнейшего эмульгирования, которое проводилось с целью получения однородной структуры за счет дробления капель жира. При этом подача растительного масла должна происходить очень медленно, все части оборудования, которые контактируют с продуктом должны быть холодные, может произойти расслоение смеси.

Таблица 1

**Рецептуры вегетарианского соуса на основе аквафабы на 100 кг**

Ингредиенты	Контрольный образец	Аквафаба красной фасоли		Аквафаба белой фасоли	
		Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Масло растительное	79	72,2	72,2	86,7	86,7
Яичный сухой желток	10	-	-	-	-
Аквафаба	-	23,3	22,5	17,2	18,3
Горчица	5	-	5,5	-	4,4
Уксус	3	2,3	-	3,3	-
Лимонный сок	-	-	1,5	-	1,7
Сахар	-	7,8	20	5,5	20
Соль	1	0,8	0,8	0,5	0,56
Вода	30	-	-	-	-
Итого	128	106,4	122,5	113,2	131,66

После получения готовые образцы (рисунок 2) прошли оценку органолептических и физико-химических показателей.



**Рисунок 2.** Опытные образцы вегетарианского соуса на основе аквафабы

Образца №1, №2, были выработаны из аквафабы красной фасоли, образцы №3, №4 - из аквафабы белой фасоли. В №1 и №3 в качестве кислоты использовался яблочный уксус (5%), в №2 и №4 - лимонный сок.

Оценка органолептических показателей проводилась в соответствии с ГОСТ 31762-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний». Вкус слегка острый, кисловатый, с пряным запахом и в опытных образцах не отмечался привкус фасоли. Образцы с уксусом №1 и №3 имели более острый вкус и привкус растительного масла. Цвет контрольного образца светло-кремовый. У опытных образцов более выраженным кремовым с серо-розоватым оттенком равномерным по всей массе. Стоит отметить, что, не смотря на исходный более темный бурый цвет аквафабы красной фасоли это не повлияло на изменение окраски готового соуса по сравнению с белой аквафабой.

По консистенции все образцы имели однородную сметанообразную консистенцию с небольшим количеством пузырьков воздуха. Более густая консистенция отмечалась у соусов на основе аквафабы красной фасоли.

По мнению дегустационной комиссии, образец №2 выработанный на основе аквафабы красной фасоли с лимонным соком имел наиболее приятный вкус и нежную консистенцию.

Массовая доля жира варьировала от 58,94% (образец №2) до 76,59% (образец №3), что соответствует по данному показателю согласно с классификацией майонезам.

Согласно ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний». кислотность в пересчете на уксусную кислоту должна быть не более 1% в майонезе, в исследуемых образцах титруемая кислотность варьируется от 0,312 (контроль) до 0,751% (образец №1), что соответствует требованиям нормативной документации. Стоит отметить, что аквафаба красной фасоли способствовала росту изучаемого показателя на 0,226...0,315% по сравнению с образцами из белой фасоли.

Активная кислотность рН в опытных образцах выше, чем в контрольном на 0,42...0,62 единиц, но не выходит за пределы нормативных значений от 3,5 до 5,0 единиц.

Согласно ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия» стойкость неразрушенной эмульсии в майонезе должна быть не менее 98. Стойкость эмульсии исследуемых образцов составила 100. В пробирках с продуктом не было разделения на водную и жировую фазу.

Массовая доля влаги составила 26,56%...28,51% выше была в образцах из аквафабы с белой фасолью, что может быть связано с меньшей пенообразующей и эмульгирующей способностью, чем у красной аквафабы.

#### **4. Выводы**

Использование растительного сырья в качестве альтернативы продуктам животного происхождения является одной из ключевых тенденций современного общества. Разработанный вегетарианский соус на основе аквафабы обладает высокими вкусовыми показателями и пищевой ценностью и не имеет аналогов на рынке, что способствует расширению ассортимента майонезных соусов, и как следствие позволит удовлетворить часть потребительского спроса, увеличить рентабельность и экономическую эффективность деятельности предприятий и позволит решить проблему утилизации побочной продукции.



В ходе исследований было установлено, что разработанные образцы соусов на основе аквафабы отвечают требованиям нормативной документации. Лучшее сочетание было отмечено у образца №2 выработанного на основе аквафабы красной фасоли с лимонным соком, поскольку он обладал наиболее приятный вкус и нежную консистенцию.

### Библиографический список

1. Пьяникова, Э.А. (2022). Влияние комплексной растительной добавки на качественные показатели мясного колбасного изделия. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*, 3, 66-75. –<https://doi.org/10.24412/2311-6447-2022-3-66-75>.
2. Калмыкова, О.В. (2020. 10 ноября) *Аквафаба - функциональный ингредиент при производстве кондитерских изделий*. Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, Россия.
3. Кирилюк, Т.Н. (2023, 23–27 января). *Аквафаба - функциональный ингредиент при производстве пищевых продуктов*. Материалы пула научно-практических конференций, Сочи, Россия.
4. Ларькина А.В., Янова М.А. (2022, 2 марта). *Использование аквафабы в производстве кондитерских изделий пастильной группы*. Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Современные тенденции в пищевых производствах, Красноярск, Россия.
5. Ярмушова, А.И. (2021, 22–25 декабря). *Аквафаба как альтернатива яйцепродуктам в майонезных соусах*. Инновационные технологии пищевых производств: сборник тезисов докладов IV Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, Россия.
6. Dever Z. (2016). Aquafaba: Sweet and Savory Vegan Recipes Made Egg-Free with the Magic of Bean Water. Retrieved from <https://www.amazon.com/Aquafaba-Sweet-Savory-Recipes-Egg-Free/dp/1941252273>. Accessed January 20, 2023
7. Коржова, Т. Д. (2022, 31 марта). *Разработка технологии производства майонезного соуса на основе аквафабы*. Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК: Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной памяти академиков М.П. Тушнова и А.З. Равилова, Казань, Россия.
8. ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия (с Поправкой)». – М: Стандартинформ, 2019. – 18 с.
9. ТУ 10.84.12-104-37676459-2017 «Горчица пищевая готовая». - Научно-производственный центр «Агропищепром», 2017. – 10 с.
10. ГОСТ Р 51574-2018 «Соль пищевая. Общие технические условия». – М: Стандартинформ, 2018. – 11 с.
11. ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия (с Поправкой)». – Москва: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
12. ГОСТ Р 56968-2016. «Уксус столовый. Технические условия (Переиздание)». – М: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
13. ГОСТ Р 54679-2011 «Консервы из фасоли. Технические условия». – М: Стандартинформ, 2019. – 19 с.
14. ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия». – М: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
15. ГОСТ 32220-2013. Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия (Переиздание) – М: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
16. ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия». – М: Стандартинформ, 2013. – 14 с.
17. Горнич Е.А., Дурягина А.В., Зайцева Ю.И., Хаханова В.А. (2021). Разработка технологии майонеза, обогащённого молочным сывороточным белком. *Вестник АПК Верхневолжья*, 1(53), С. 64-70. – <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.53.1.011>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ФОСФОРА В ПИЩЕВОЙ И КОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ

Грачев С.А.\*, Филиппова Ю.Н.

\*e-mail: [grachev\\_s.a.1992@mail.ru](mailto:grachev_s.a.1992@mail.ru)

*Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *общий фосфор, пищевая и кормовая продукция, атомно-абсорбционная спектрометрия с электротермической атомизацией*

### АННОТАЦИЯ

Разработана методика определения содержания общего фосфора в пищевой и кормовой продукции методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией для широкого применения в лабораториях вместо имеющихся на данный момент ряда колориметрических методов. Подобраны условия пробоподготовки, обеспечивающие возможность проведения последующего анализа целого ряда элементов. Оптимизированы инструментальные условия. Выполнена метрологическая оценка разработанной методики с применением ряда сертифицированных образцов различных матриц. Показано, что методика демонстрирует высокую степень корреляции с аттестованными значениями.

## DETERMINATION OF TOTAL PHOSPHORUS IN FOOD AND FEED PRODUCTS BY ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY WITH ELECTROTHERMAL ATOMIZATION

Grachev S.A.\*, Filippova Yu.N.

\*e-mail: [grachev\\_s.a.1992@mail.ru](mailto:grachev_s.a.1992@mail.ru)

*The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *total phosphorus, food and feed products, atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization*

### ABSTRACT

A method for determining of total phosphorus in food and feed products by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization has been developed for wide use in laboratories instead of currently available a number of colorimetric methods. Sample preparation conditions have been selected that provide the possibility of subsequent analysis of a number of elements. Instrumental conditions have been optimized. A metrological evaluation of the developed methodology was performed using a number of certified samples of various matrices. It is shown that the technique demonstrates a high degree of correlation with the certified values.

### 1. Введение

На сегодняшний день на территории РФ содержание общего фосфора нормируется в ТР ТС 034/2013 – «О безопасности мяса и мясной продукции» и ТР ЕАЭС 051/2021 "О безопасности мяса птицы и продукции его переработки". В пищевой продукции и кормах применяется более 10 ГОСТов по определению общего фосфора, подавляющее количество из которых – колориметрические, отличающиеся между собой только основным реактивом и областью применения. Однако определение данными методами становится проблематичным для лабораторий при большом потоке проб, т.к колориметрические методы обладают низкой производительностью и высокой трудозатратностью по сравнению с более автоматизированными методами исследований. Среди указанных ГОСТов присутствует также ГОСТ 32041-2012 [1], в котором используется метод спектроскопии в ближней инфракрасной области и ГОСТ Р ИСО 27085-2012 [2], основанный на применении атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС). Но и упомянутые методы имеют отрицательные стороны: первый обладает довольно низкой чувствительностью, а второй – сложной и крайне дорогостоящей приборной базой, что в разы усложняет реализацию указанного стандарта в большинстве лабораторий.

Цель работы – создание универсальной методики для применения в лабораториях, позволяющей в автоматическом режиме определять содержание общего фосфора в пищевой

продукции и кормах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией.

## 2. Материалы и методы

**Аппаратура.** В работе использовали атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией и Зеемановской коррекцией фона AA280Z (Varian, Австралия), лампу с полым катодом для определения фосфора (213,6 нм) (Agilent, США), графитовые кюветы с пиролитическим покрытием (Varian, Австралия).

Пробоподготовку осуществляли при помощи системы микроволнового разложения Milestone Ultraclave с рабочей мощностью 1200 Вт (Milestone, Италия).

Применяли аналитические весы Discovery 214С первого класса точности с пределом взвешивания 0.1 мг (Ohaus Corporation, США), систему перегонки кислот SVT-1000 (Savillex, США) дозаторы Proline Biohit одноканальные механические переменного объема 10–100 мкл, 100–1000 мкл, 1000–5000 мкл (Biohit, Финляндия), пробирки полипропиленовые емк. 50 и 15 мл (Corning, США).

**Реактивы.** Использовали стандартный раствор кальция (1 мг/мл), (Inorganic Ventures, США), референтные стандартные образцы из бычьей печени SRM 1577с (NIST, США), рисовой муки SRM 1568b (NIST, США), гомогената мяса SRM 1546а (NIST, США), мультивитаминный комплекс SRM 3280 (NIST, США), образец для межлабораторных сличительных испытаний FAPAS 10168 (FAPAS, Великобритания) и отраслевой стандартный образец ОСО 220-2016 (ФГБНУ «ВНИИ агрохимия», Россия). Использовали палладиевый модификатор с концентрацией нитрата палладия 10 мг/мл (Merck, Германия), азотную кислоту 65% Suprapur (Merck, Германия), пероксид водорода 30% (х.ч.) (АО «ЛенРеактив», Россия), аммония дигидроортофосфат (>98%) (Sigma, США). Рабочие стандартные растворы готовили последовательным разбавлением исходных деионизированной водой (не менее 18 МОм·см, ОСТ 11 029.003-80).

**Пробоподготовка.** Навески образцов 0,200-0,500 г помещали в сосуды для разложения, добавляли 2,5 мл концентрированной азотной кислоты, 1,5 мл пероксида водорода и 1 мл деионизированной воды. Сосуды закрывали и устанавливали в микроволновую печь. Кислотную минерализацию проводили по следующей программе:

1-я стадия: 10 мин нагрев до 110°C;

2-я стадия: 10 мин нагрев до 180°C;

3-я стадия: 10 мин нагрев до 220°C, удержание 10 мин;

4-я стадия: охлаждение до 50°C.

Давление в системе при этом достигало 75 бар.

Минерализованную пробу переносили в полипропиленовую пробирку емк. 50 мл, стенки сосуда для разложения дважды смывали деионизированной водой и сливали в пробирку, центрифугировали. Анализ проводили методом ЭТ-ААС на длине волны 213,6 нм, температура пиролиза – 800°C, температура атомизации – 2700°C.

## 3. Результаты и обсуждение

Для оценки правильности методики нами были использованы шесть видов сертифицированных образцов с аттестованным содержанием общего фосфора, на основе матриц, относящихся к пищевой и кормовой продукции.

В качестве реакционной среды разложения была выбрана смесь азотной кислоты и пероксида водорода, т.к. данное сочетание обладает довольно окислительным потенциалом и позволяет минерализовать большинство органических матриц. Также указанная среда разложения является универсальной для методов ЭТ-ААС, что позволяет проводить в этих же образцах определение содержания целого ряда элементов, например, меди, цинка, марганца, свинца, кадмия и др. Viso E. и Zachariadis G. в статье [3] использовали смесь азотной и серной кислот, но наши эксперименты показали, что указанное сочетание приводит к повышенному износу графитовых кювет, а также нестабильному результату анализа.

В нескольких литературных источниках в качестве модификатора рекомендуют использовать раствор солей лантана, например, нитрата, однако, в статье [4] указано, что применение лантана приводит к эрозии графита и снижению срока службы кюветы. Поэтому нами была выбрана смесь нитратов палладия и кальция с концентрацией палладия – 2 г/л и кальция – 0,5 г/л, использование которого также рассматривается в источниках [4,5], и оптимизирована температурная программа под использование указанной смеси.

В качестве градуировочного раствора нами использовался раствор дигидроортофосфата аммония с концентрацией фосфора 20 мг/л.

В таблице 1 представлены результаты, полученные с использованием метода ЭТ-ААС.

Таблица 1

**Результаты определения общего фосфора в сертифицированных образцах**

Образец	Аттестованное значение, мг/кг	Найдено, мг/кг (n =6, P= 0,95)
Bovine Liver NIST® SRM® 1577c	11750 ± 270	11500 ± 1000
Rice Flour NIST® SRM® 1568b	1530 ± 40	1650 ± 200
Meat Homogenate NIST® SRM® 1546a	1651 ± 32	1590 ± 140
FAPAS® 10168	120000 ± 14400	126000 ± 9700
OCO 10-220-2016	5200 ± 100	5390 ± 580
Multivitamin NIST® SRM® 3280	75700 ± 3200	77600 ± 100

Экспериментальные данные показывают высокую степень корреляции результатов с аттестованными значениями сертифицированных образцов, полученных с использованием нашей методики.

В таблице 2 представлены метрологические характеристики предлагаемой методики. Предел обнаружения и предел определения определены по [6] (коэффициент чувствительности методики определен по стандартному отклонению холостой пробы). Пределы повторяемости, воспроизводимости и границы абсолютной погрешности определены в соответствии с [7].

Таблица 2

**Метрологические характеристики представленной методики**

Предел обнаружения, мг/л (мг/кг)		Предел количественного определения, мг/л (мг/кг)	
0,5 (50)*		1,6 (160)*	
Диапазон измерений, мг/кг	Предел повторяемости, %	Предел воспроизводимости, %	Границы абсолютной погрешности, %
от 200	30	30	20

\*в скобках указаны предельные значения в мг/кг при навеске образца равной 0,5 г

**4. Выводы**

Использование ЭТ-ААС для определения содержания общего фосфора в пищевой и кормовой продукции является достойной альтернативой применению более дорогого метода ИСП-АЭС и низкопроизводительных колориметрических методов. Оборудование для реализации метода ЭТ-ААС является широкораспространённым и простым в обслуживании, наличие предлагаемой методики позволит более широкому кругу лабораторий участвовать в мониторинговых и научных исследованиях в сфере определения содержания общего фосфора в пищевой и кормовой продукции.

**Библиографический список**

- ГОСТ 32041-2012 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой золы, кальция и фосфора с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области». – М.: Стандартинформ, 2014. – 10 с.
- ГОСТ Р ИСО 27085-2012 «Корма для животных. Определение содержания кальция, натрия, фосфора, магния, калия, железа, цинка, меди, марганца, кобальта, молибдена, мышьяка, свинца и кадмия методом ИСП-АЭС». – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
- Viso E., Zachariadis G. (2018) Method Development of Phosphorus and Boron Determination in Fertilizers by ICP-AES. *Separations*, 5, 36-46. <https://doi.org/10.3390/separations5030036>
- Пупышев А.А., Зайцева П.В., Зайцева М.В. (2016) Спектральное определение фосфора с использованием его электротермического испарения и атомизации в присутствии различных химических модификаторов. *Аналитика и контроль*. 20(4), 266-285. <https://doi.org/10.15826/analitika.2016.20.4.010>
- Lyra F.H., Dias Carneiro M.T.W., Brandao G.P., Pessoa H.M., Ribeiro de Castro E.V. (2009) Direct determination of phosphorus in biodiesel samples by graphite furnace atomic absorption spectrometry using a solid sampling accessory. *J. Anal. At. Spectrom*, 24, 1262-1266. <https://doi.org/10.1039/b907071k>
- Общая фармакопейная статья 1.1.0012.15 «Валидация аналитических методик Государственная фармакопея Российской Федерации». изд. XIII, т. I, 2015, 222-234.
- ГОСТ Р 50.2.060-2008 «Государственная система обеспечения единства измерений. Внедрение стандартизованных методик количественного химического анализа в лаборатории». – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.



**ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОТЕОЛИЗА ПРИ СОЗРЕВАНИИ СЫРОВ  
«РОССИЙСКИЙ» И «ГОЛЛАНДСКИЙ»**

**Григорьева А.И.**

*e-mail: a.grigoriyeva@fncps.ru*

*Научный руководитель: д-р техн. наук Лепилкина О.В.*

*Всероссийский научно – исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал  
Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Углич, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сыр, активная кислотность, созревание, протеолиз, пептидный профиль

**АННОТАЦИЯ**

На основе анализа пептидных профилей, полученных методом гель-фильтрации высокого разрешения, проведена оценка особенностей протекания протеолиза при созревании сыров «Российский» и «Голландский», отличающихся различным уровнем развития процесса молочнокислого брожения. Анализ пептидных профилей, полученных на разных стадиях процесса созревания, показал сложность протеолитических процессов, протекающих под влиянием многих факторов, в том числе обусловленных технологическими особенностями производства, связанными с направленным достижением высокого уровня активной кислотности в сыре «Российский». Установлено, что повышенный уровень процесса молочнокислого брожения в сыре «Российский» существенно влияет на стартовое количество белков, подвергающихся протеолизу при созревании сыра, и процесс накопления низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот. Перспективным направлением работ в этом направлении может быть формирование банка «эталонных» пептидных профилей сыров различных видов с целью выявления возможных нарушений технологий их изготовления и оценки качества.

**Благодарности:** Автор благодарит доктора технических наук Лепилкину О.В. и кандидата технических наук Абрамова Д.В. за помощь в проведении исследований.

**FEATURES OF PROTEOLYSIS DURING MATURATION  
OF "RUSSIAN" AND "DUTCH" CHEESES**

**Grigoriyeva A.I.**

*Supervisor of studies: Lepilkina O.V.*

*All-Russian Scientific-Research Institute of Butter –and Cheesemaking – Branch of V.M. Gorbatov  
Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia*

**KEYWORDS:** *cheese, active acidity, ripening, proteolysis, peptide profile*

**ABSTRACT**

Based on the analysis of peptide profiles obtained by high-resolution gel filtration, an assessment was made of the features of the course of proteolysis during the maturation of Rossiyskiy and Gollandskiy cheeses, which differ in different levels of development of the lactic acid fermentation process. Analysis of peptide profiles obtained at different stages of the maturation process showed the complexity of proteolytic processes occurring under the influence of many factors, including those due to technological features of production associated with the targeted achievement of a high level of active acidity in Rossiyskiy cheese. It has been established that an increased level of the lactic fermentation process in Rossiyskiy cheese significantly affects the starting amount of proteins undergoing proteolysis during cheese ripening, and the process of accumulation of low molecular weight peptides and free amino acids. A promising area of work in this direction may be the formation of a bank of "reference" peptide profiles of cheeses of various types in order to identify possible violations of their manufacturing technologies and quality assessment.

**Acknowledgements:** The author is grateful to O.V. Lepilkina, Doctor of Technical Sciences. and candidate of technical sciences D.V. Abramov for help with research.

**1. Введение**

Преобразование молока в сыр происходит под влиянием комплекса биохимических, физико-химических и микробиологических процессов, среди которых ферментативный



протеолиз занимает особое место. Он относится к наиболее сложному типу необратимой посттрансляционной модификации белков и играет важную роль в формировании вкуса и консистенции сыров. Катализаторами протеолиза на разных стадиях производства сыра являются нативные ферменты молока, молокосвертывающие ферменты, а также протеолитические ферменты, продуцируемые заквасочными микроорганизмами [1].

Исследования протеолиза при созревании различных сыров проводились многими учеными разных стран и дали большое количество информации, ценной как для будущих исследований, так и для практического применения при производстве сыров [2-5].

На процесс созревания, в том числе на протекание протеолитических процессов, оказывают влияние множество факторов, различающихся по степени воздействия в зависимости от технологических особенностей изготовления сыра. Это обуславливает характерные отличия друг от друга сыров разных видов, прежде всего, по органолептическим показателям.

Российские потребители из всего многообразия сыров, присутствующих на рынке, предпочитают сыры с низкой температурой второго нагревания, среди которых несомненным лидером по объемам производства и потребления является сыр «Российский», а также сыр «Голландский», технология которого издавна считается классикой сыроделия. Отличительной особенностью технологии сыра «Российский» является направленное достижение повышенного уровня процесса молочнокислого брожения. Это достигается путем увеличения продолжительности процессов второго нагревания, самопрессования и прессования (табл. 1). Вследствие этого после завершения процесса прессования сыр имеет повышенную кислотность, а готовый продукт приобретает характерный вкус с выраженной «кислинкой»

**Таблица 1**

**Основные отличительные технологические особенности производства сыров [6]**

<b>Технологические параметры</b>	<b>Голландский брусковый</b>	<b>Российский</b>
Продолжительность второго нагревания, мин	15±5	30±10
Продолжительность самопрессования	35±15 мин	3,5±2,5 ч
Продолжительность прессования, ч	2,0±0,5	7±5 – летом 11±7 - зимой
pH сыра после прессования	от 5,5 до 5,8	от 5,2 до 5,3
pH сыра после созревания	от 5,25 до 5,45	от 5,15 до 5,35

Повышенная кислотность оказывает влияние и на консистенцию сыра «Российский». В отличие от консистенции сыра «Голландский», которая должна быть «эластичная, слегка ломкая при изгибе», в консистенции Российского сыра отсутствует «ломкость», она более эластичная [7, 8].

О связи между величиной pH, текстурными свойствами сыров и протеолизом описано в статье новозеландских ученых [9]. Они установили, что при более низком pH (более высокой активной кислотности) быстрее происходило расщепление  $\alpha$ s<sub>1</sub>-казеина, в основном, химозином из сычужного фермента, который действовал активнее при низких значениях pH (оптимум протеолитической активности сычужного фермента при pH=4,9-5,0 [10]). При более высоком pH быстрее происходил гидролиз  $\beta$ -казеина, который расщепляется, в основном, плазмином – нативным ферментом молока с оптимумом протеолитической активности при pH=6,5-6,8 [11].

Влияние pH на протеолиз и консистенцию сыра «Моцарелла», хранившегося 70 суток при 4 °С, исследовано ирландскими учеными [12], которые установили, что повышение pH от 5,5 до 5,9 приводило к снижению первичного протеолиза, но не влияло на вторичный протеолиз.

Турецкие ученые [13], исследовав 11 видов национальных сыров, показали, что пептидные профили их водорастворимых фракций в значительной степени различались для многих образцов, но некоторые сходства были визуализированы. Каждый вид сыра имел разные уровни протеолиза, которые зависели от используемой технологии производства и условий созревания.

Аналогичный вывод сделан российскими учеными [10] на основе анализа пептидных профилей зрелых сыров различных видовых групп, технологии которых различаются температурами второго нагревания и видом микрофлоры используемой бактериальной закваски. Сыры «Голландский» и «Российский» в этом исследовании представлены как представители одной группы сыров с низкой температурой второго нагревания. Установлено, что эти сыры созревают, главным образом, под действием ферментов мезофильной лактококковой микрофлоры и в них протеолиз идет таким образом, что большую часть растворимых азотистых соединений в зрелых сырах составляют пептиды с разной длиной цепи.

Исследование, проведенное российскими учеными [10] не ставило своей целью выявление

различий в пептидных профилях сыров, относящихся к одной группе, но имеющих отличия по технологии и физико-химическим свойствам. Это касается сыра «Российский», для которого характерен повышенный уровень процесса молочнокислого брожения по сравнению с сыром «Голландский». Однако, как следует из представленных выше литературных источников, активная кислотность (рН) оказывает существенное влияние на протеолиз в сырах во время их созревания и это должно найти отражение в их пептидных профилях.

Целью работы было выявление особенностей протекания протеолиза при созревании полутвердых сыров «Российский» и «Голландский», обусловленных отличиями их технологий изготовления, путем анализа пептидных профилей сыров.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования были сыры «Российский» и «Голландский брусковый» на разных стадиях процесса созревания: после пресса, в 10, 20, 40 и 60 суток. Выработку сыров проводили в сыродельном цехе ВНИИМС по ТИ ГОСТ 32260-2013 [6].

В пробах сыров измеряли: активную кислотность потенциометрическим методом по ГОСТ 32892-2014 [14]; массовую долю общего и водорастворимого белка методом Кьельдаля [15]. По отношению водорастворимого белка к общему оценивали степень протеолиза (в %).

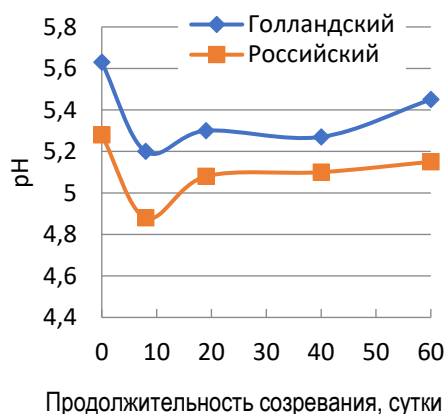
В водорастворимой фракции сыров определяли пептидные профили методом гель-фильтрации высокого разрешения на приборе АКТА pure 25 (Швеция) с использованием хроматографической колонки Superose 6 Increase 10/300 GL (Cytiva, Швеция), диапазон разделяемых масс от 1 кДа до 5000 кДа. Элюент - водный раствор 0,05М Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + 0,15М NaCl, скорость подачи элюента - 0,5 мл/мин; длина волны детектора - 280 нм. Полученные хроматограммы интерпретировали, сравнивая с хроматограммами контрольного образца с известным пептидным профилем. Количественное содержание отдельных фракций пептидов определяли путем обработки хроматограмм методом внутренней нормализации, определяя площади пиков отдельных фракций и их долю в сумме площадей всех пиков в процентах.

Водорастворимую фракцию сыров получали путем измельчения проб с последующим растиранием 20 г сыра в фарфоровой ступке с дистиллированной водой температурой от 37°C до 42°C. Полученную суспензию сыра количественно переносили водой в коническую колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, колбу с суспензией помещали на водяную баню-шейкер с температурой 20±5°C, выдерживали при встряхивании 30 мин., затем снимали образовавшийся сверху жир, полученную вытяжку сыра фильтровали через бумажный фильтр средней плотности, а затем - через мембранный фильтр с размером пор 0,22 мкм.

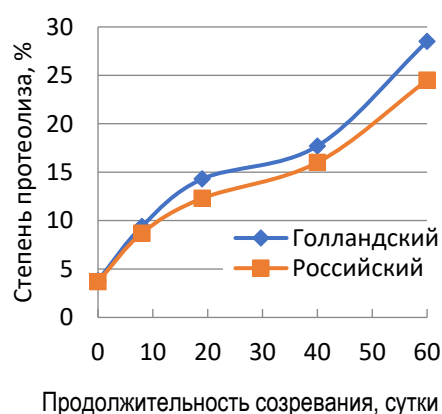
Визуализацию и статистическую обработку данных проводили с помощью программы Excel-2010.

## 3. Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлено изменение величины рН исследованных сыров в процессе их созревания, а на рис. 2 - степени протеолиза сыров, рассчитанной как процентное отношение количества водорастворимого азота к общему азоту.



**Рисунок 1.** Изменение рН сыров при созревании



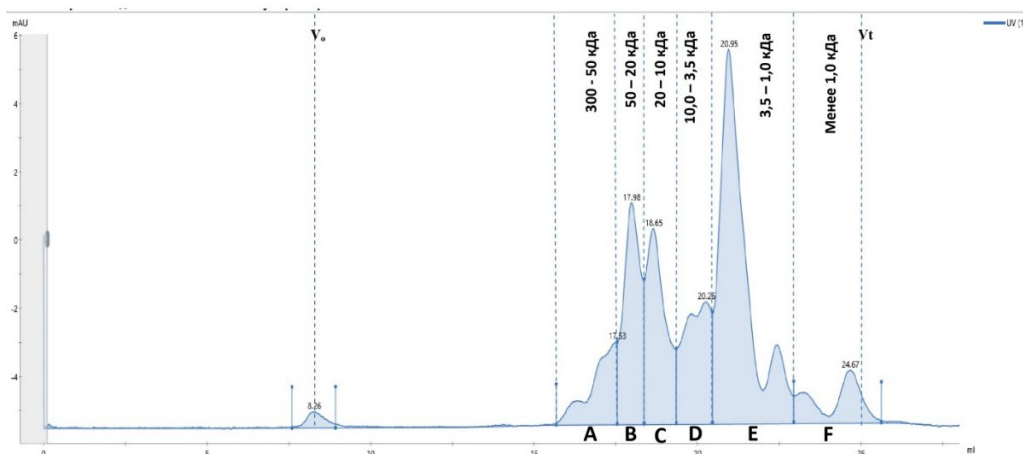
**Рисунок 2.** Изменение степени протеолиза сыров при созревании

Из данных, представленных на рис. 1, следует, что значения рН сыров после пресса (5,63 у сыра «Голландский» и 5,28 у сыра «Российский») и в возрасте 60 суток (5,45 у сыра «Голландский» и 5,15 у сыра «Российский») отвечают требованиям ГОСТ [7]. Кривая,

описывающая изменение рН сыра «Голландский», расположена в области более высоких значений. На обеих кривых присутствует характерный минимум, соответствующий моменту завершения гидролиза лактозы с образованием преимущественно молочной кислоты, после которого значения рН повышаются вследствие образования щелочных продуктов протеолиза.

На рис. 2 иллюстрируется изменение степени протеолиза сыров на протяжении всего срока созревания. Динамика изменения характеризуется почти линейным возрастанием степени протеолиза от 5 % в сырах после прессования до 25 % и 28 % в сыре Российском и Голландском, соответственно, на 60-е сутки. При этом на кривых можно выделить участок замедления созревания между 20-ми и 40-ми сутками. Примечательно, что на кривых, описывающих изменение рН при созревании (рис. 1), на этом участке практически не происходит изменения величины рН. Учитывая, что при значениях рН выше 5,0 активность сычужного фермента уменьшается, можно предположить, что после 20-х суток протеолиз начинает в большей степени катализироваться протеолитическими ферментами микроорганизмов закваски. Вследствие этого после 40-х суток усиливается вторичный протеолиз, представляющий собой процесс расщепления на более мелкие фрагменты высокомолекулярных пептидов, образующихся при гидролизе белков на первых стадиях.

Для проверки этого предположения были проведены исследования молекулярно-массового распределения белковых соединений в водорастворимой фракции сыров на разных стадиях созревания методом гель-фильтрации высокого разрешения. Типичная хроматограмма белковых фракций (пептидный профиль) сыра после прессования представлена на рис.3. Для нее характерно наличие семи фракций, обозначенных на рис. 3 латинскими буквами V<sub>0</sub>, A, B, C, D, E, F.



**Рисунок 3.** Пептидный профиль сыра «Голландский» после прессования.

В свободный объём (V<sub>0</sub>) входят высокомолекулярные белки и белковые комплексы, прошедшие через мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм, имеющие молекулярную массу более 1000 кДа. Фракция А включает в себя белки с молекулярной массой от 50 до 300 кДа, в том числе иммуноглобулины и бычий сывороточный альбумин. Фракция В содержит белки (β-лактоглобулин) и высокомолекулярные пептиды с молекулярной массой от 20 до 50 кДа, фракция С – белки (α-лактальбумин) и полипептиды с молекулярной массой от 10 до 20 кДа. Фракция D образована полипептидами (протеозопептоны) с молекулярной массой от 3,5 до 10,0 кДа, фракция Е – среднемoleкулярными пептидами с молекулярной массой от 1,0 до 3,5 кДа. Фракция F объединяет азотистые соединения с молекулярной массой менее 1 кДа (низкомолекулярные пептиды, свободные аминокислоты).

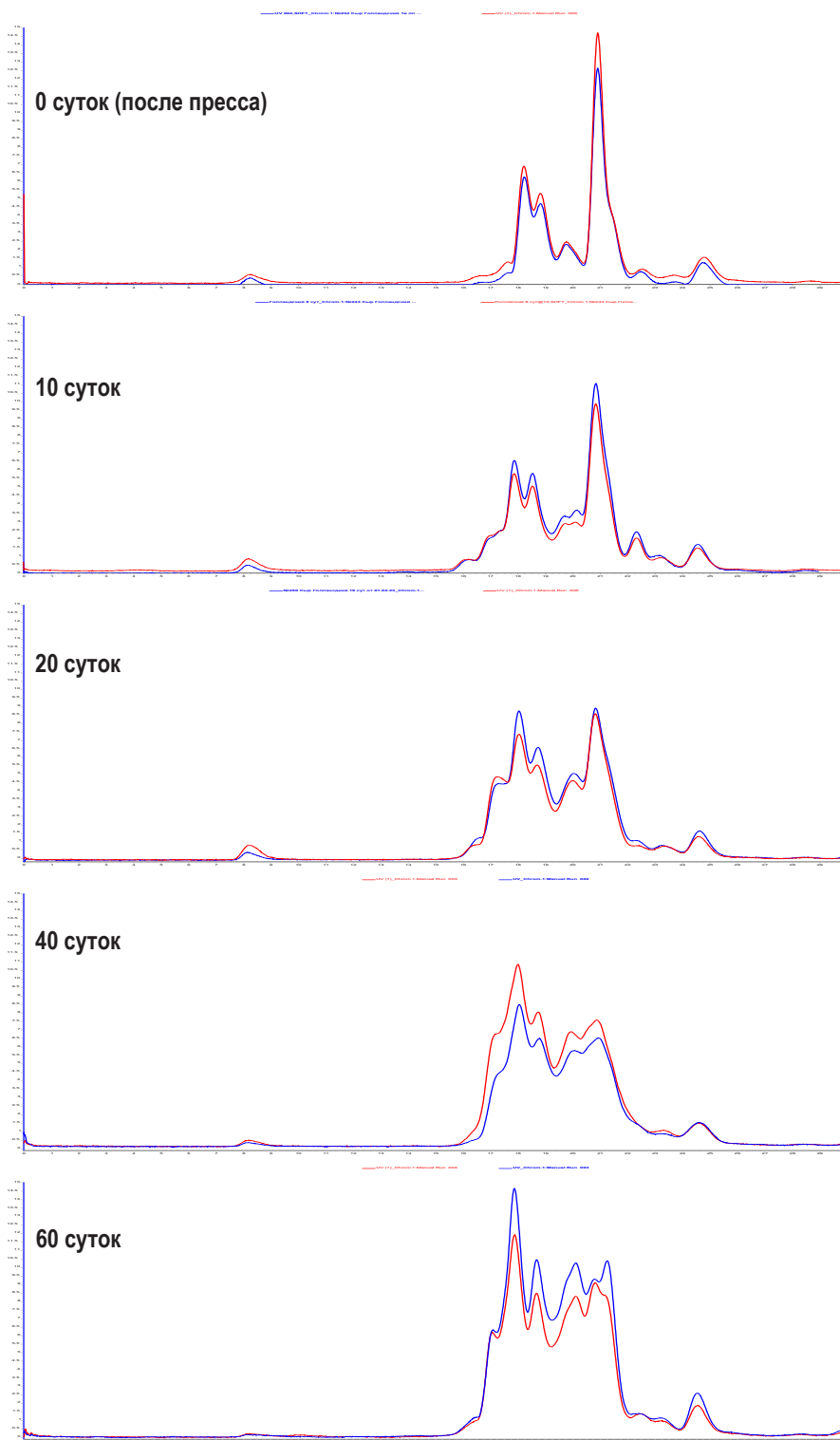
На этой стадии производства сыра пептидный профиль представлен белковыми фракциями, характерными для подсырной сыворотки с небольшим увеличением белков и полипептидов в двух диапазонах молекулярных масс 50-300 кДа и 3,5-10,0 кДа. Увеличение этих фракций происходит за счёт первичного протеолиза казеинового комплекса сыра, потерявшего мицеллярную структуру под действием молокосвёртывающих ферментов, с освобождением пептидов разной молекулярной массы (протеозопептоны).

Как правило, сычужный фермент (содержание химозина 80 %, пепсина 20 %), который использовали для приготовления исследуемых сыров, обеспечивает протеолиз при свёртывании молочной смеси и в первые сутки созревания сыра, и его дальнейшее участие в созревании сыра невелико. Созревание сыров «Голландский» и «Российский» в данной работе происходило в основном за счёт ферментов заквасочной микрофлоры.

Можно сказать, что пептидный профиль любого сыра после пресса является фоном, нулевой линией протеолиза, на который в процессе созревания сыра «накладываются» продукты

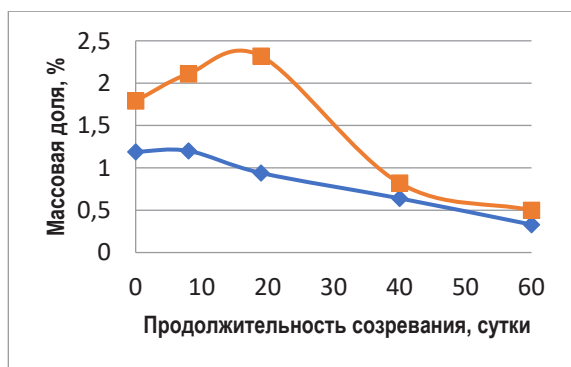
протеолиза казеинового комплекса, формирующего структурную сетку сыра. Сывороточные белки содержатся в сыре в небольшом количестве, они трудно поддаются протеолизу, и их участие в созревании сыра незначительно. По увеличению продуктов протеолиза в указанных выше диапазонах молекулярных масс можно наблюдать за процессом созревания сыров и получить пептидный профиль зрелого сыра.

На рис. 4 представлены пептидные профили сыров «Голландский» (синяя линия) и «Российский» (красная линия). Общий вид пептидных профилей сыров меняется с увеличением продолжительности созревания.

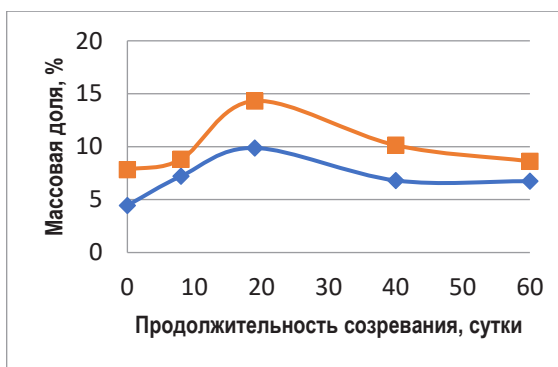


**Рисунок 4.** Изменение пептидных профилей сыров «Голландский» (синяя линия) и «Российский» (красная линия) при созревании

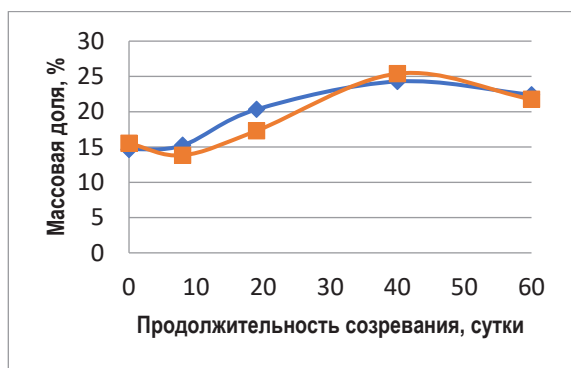
Для наглядного представления изменения количества отдельных фракций в процессе созревания сыров были рассчитаны их массовые доли в общем количестве всех фракций, соответствующие доле площади каждого пика в сумме площадей всех пиков (в процентах). Результаты представлены на рис. 5.



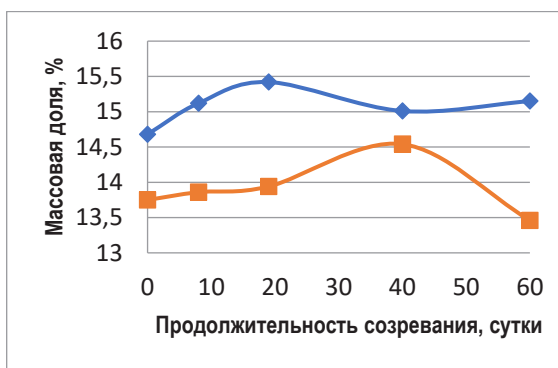
Свободный объем ( $V_0$ ) – ММ более 1000 кДа



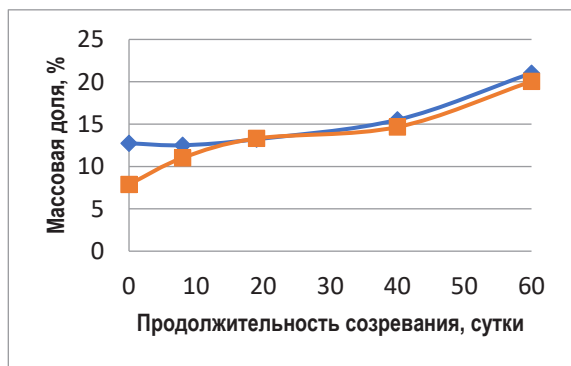
Фракция А – ММ 50-300 кДа



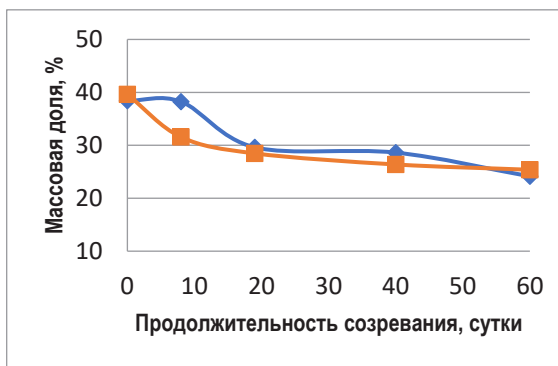
Фракция В – ММ 20-50 кДа



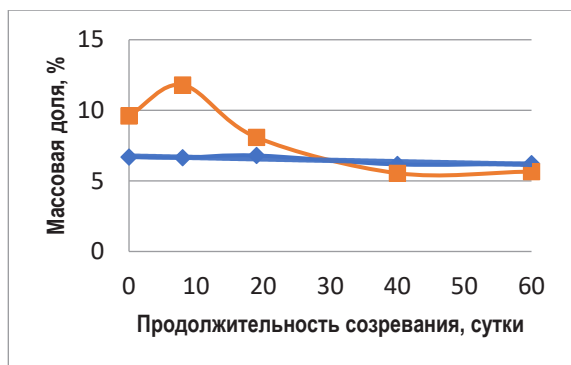
Фракция С - ММ 10-20 кДа



Фракция D – ММ 3,5-10 кДа



Фракция E - ММ 1,0-3,5 кДа



Фракция F – ММ менее 1 кДа

**Рисунок 5.** Изменение количества отдельных фракций продуктов гидролиза белков при созревании сыров: «Голландский» (синяя линия), «Российский» (красная линия).  
ММ – молекулярная масса



Анализ полученных результатов показал, что различия в пептидных профилях сыров «Российский» и «Голландский» отмечаются уже в области свободного объема. В сыре «Российский» после пресса массовая доля высокомолекулярных белков и белковых комплексов, прошедших через мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм, выше, чем в сыре «Голландский», и до 20 суток созревания продолжает расти, после чего уменьшается. В сыре «Голландский» происходит постепенное снижение количества этих веществ на протяжении всего срока созревания. Отмечаемые различия могут быть связаны с более высокой активной кислотностью в сыре «Российский», способствующей большей деминерализации казеинаткальцийфосфатного комплекса, результатом чего является распад казеиновых мицелл на субмицеллы, которые проникают через поры используемого фильтра и увеличивают своим присутствием свободный объем пептидного профиля. На процесс деминерализации в первые 20 суток созревания сыра «Российский» накладывается действие сычужного фермента, вызывающего первичный протеолиз, после чего преобладающее влияние начинают оказывать ферменты микроорганизмов закваски. Та же тенденция для сыра «Российский» наблюдается и во фракции А, включающей в себя белки с молекулярной массой от 50 до 300 кДа.

Область высокомолекулярных пептидов (фракция В) демонстрирует одинаковую зависимость от срока созревания как в сыре «Российский», так и в сыре «Голландский»: их количество растет в период от 10 до 40 суток, а затем не изменяется, что вполне логично на фоне снижения в этот период как свободного объема, так и фракции А.

Фракция С, содержащая полипептиды с молекулярной массой от 10 до 20 кДа, демонстрирует их более высокое содержание в сыре «Голландский», что можно расценивать как некоторое торможение протеолиза, учитывая одинаковое количество в обоих сырах предшествующих им высокомолекулярных пептидов (фракция В).

Основная часть пептидных фракций в обоих сырах представлена среднемолекулярными пептидами (фракция Е), массовая доля которых в обоих сырах в начале созревания составляет около 40 %, через 20 суток снижается до 30 %, после чего до конца созревания незначительно уменьшается (до 25 %), пополняя продуктами протеолиза (низкомолекулярными пептидами и свободными аминокислотами) фракцию F. Наиболее активно этот процесс происходит в сыре «Российский»: в первые 10 суток созревания происходит накопление низкомолекулярных продуктов протеолиза до массовой доли 12 % с последующим снижением при последующем созревании до 6 %. Очевидно, это связано с их дальнейшим разложением на аминокислоты и летучие соединения. В отличие от сыра «Российский» сыр «Голландский» демонстрирует равновесное количество веществ (около 6 %) с молекулярной массой менее 1 кДа на протяжении всего срока созревания.

Таким образом, анализ пептидных профилей сыров «Российский» и «Голландский» на разных стадиях процесса созревания показал сложность протеолитических процессов, протекающих под влиянием многих факторов, в том числе обусловленных технологическими особенностями производства, связанными с направленным достижением высокого уровня активной кислотности в сыре «Российский».

#### **4. Выводы**

Установлено, что повышенный уровень процесса молочнокислого брожения в сыре «Российский» существенно влияет на стартовое количество белков, подвергающихся протеолизу в течение 60 суток созревания. Основная часть пептидных фракций в обоих сырах представлена среднемолекулярными пептидами. В сыре «Российский» отмечен более активный процесс накопления низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот в первые 10 суток созревания с последующим уменьшением их количества в два раза к концу созревания. В сыре «Голландский» на протяжении всего срока созревания отмечалось равновесное значение низкомолекулярных продуктов протеолиза на уровне массовой доли 6 %.

Перспективным направлением работ в этом направлении может быть формирование банка «эталонных» пептидных профилей сыров различных видов с целью выявления возможных нарушений технологий их изготовления и оценки качества.

## Библиографический список

1. Лепилкина, О.В., Григорьева, А.И. (2023). Ферментативный протеолиз при преобразовании молока в сыр. *Пищевые системы*, 6(1), 36-45. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-36-45>
2. Grappin, R., Rank, T.C., Olson, N.F. (1985). Primary Proteolysis of Cheese Proteins During Ripening. A Review. *Journal of Dairy Science*, 68(3), 531–540. [https://doi:10.3168/jds.s0022-0302\(85\)80855-9](https://doi:10.3168/jds.s0022-0302(85)80855-9)
3. Gagnaire, V., Mollé, D., Herrouin, M., Léonil, J. (2001). Peptides Identified during Emmental Cheese Ripening: Origin and Proteolytic Systems Involved. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4402–4413. <https://doi:10.1021/jf000895z>
4. McSweeney, P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127–144. <https://doi:10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
5. Diezhandino, I., Fernández, D., González, L., McSweeney, P.L.H., Fresno, J.M. (2015). Microbiological, physico-chemical and proteolytic changes in a Spanish blue cheese during ripening (Valdeón cheese). *Food Chemistry*, 168, 134–141. <https://doi:10.1016/j.foodchem.2014.07.039>
6. ТИ ГОСТ 32260-2013 «Сборник технологических инструкций по производству полутвердых сыров». - Углич, 2013. - 198 с.
7. ГОСТ 32260-2013 «Сыры полутвердые. Технические условия». - М.: Стандартинформ, 2014. - С. 6.
8. Гудков, А.В. (2004). Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. М.: ДеЛи принт. 804 с. ISBN 5–94343–071–79
9. Watkinson, P., Coker, C., Crawford, R., Dodds, C., Johnston, K., McKenna, A., White, N. (2001). Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 455–464. [https://doi:10.1016/s0958-6946\(01\)00070-x](https://doi:10.1016/s0958-6946(01)00070-x)
2. Мягконосков, Д.С., Мордвинова, В.А., Абрамов, Д.В., Делицкая, И.Н. (2014). Особенности протеолиза у сыров различных видовых групп. *Сыроделие и маслоделие*, 2, 24-27.
3. Ardö, Y., McSweeney, P.L.H., Magboul, A.A., Upadhyay, V.K., Fox, P.F. (2017). Biochemistry of cheese ripening: Proteolysis. Chapter in a book: Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00018\\_1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00018_1)
4. Feeney, E.P., Guinee, T. P., & Fox, P.F. (2002). Effect of pH and Calcium Concentration on Proteolysis in Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1646–1654. [https://doi:10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74237-9](https://doi:10.3168/jds.s0022-0302(02)74237-9)
5. Nayaloglu, A. A., & Karabulut, I. (2013). Primary and Secondary Proteolysis in Eleven Turkish Cheese Varieties. *International Journal of Food Properties*, 16(8), 1663–1675. <https://doi:10.1080/10942912.2011.604890>
6. ГОСТ 32892-2014 «Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности». - М.: Стандартинформ, 2015. - 9 с.
7. ГОСТ Р 54662-2012 «Сыры и сыры плавленые. Определение белка методом Кьельдаля». - М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ФИТОБИОТИКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКОВ НА СЫВОРОТОЧНОЙ ОСНОВЕ

Гуляева О.А.

*e-mail: bусinka@mail.ru*

*Научный руководитель: д.б.н, проф. Ковалева О.А.*

*Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *дикорастущие фитобиотики, антиоксидантные свойства, антоцианы, фенольные соединения, сыворотка*

### АННОТАЦИЯ

Потребление специализированных продуктов и напитков растет как в России, так и во всем мире. Повышается интерес к продуктам питания и напиткам, не только утоляющим жажду, но и положительно влияющим на здоровье людей. По данным маркетинговых исследований, потребители отдают предпочтение функциональным продуктам, изготовленным из натуральных и экологически чистых материалов и ингредиентов. В исследовании обоснован выбор дикорастущего растительного сырья для разработки рецептур напитка на сывороточной основе. Исследован химический состав полученного сывороточного напитка с добавлением дикорастущих фитобиотиков (брусники, морошки и клюквы). Установлено высокое содержание в выбранном сырье антоцианов ( $0.339 \pm 0.007$  мг/мл в бруснике,  $0.158 \pm 0.003$  мг/мл в клюкве,  $0.513 \pm 0.005$  мг/мл в морошке), установлено высокое содержание аскорбиновой кислоты ( $37.0 \pm 0.01$  мг/100г в бруснике,  $33.0 \pm 0.01$  мг/100г в клюкве,  $29.0 \pm 0.01$  мг/100 г в морошке) и фенольных веществ ( $945.0$  мг/100г в бруснике,  $1215.0$  мг/100г в клюкве,  $1361.0$  мг/100г в морошке). Сделан вывод о целесообразности использования дикорастущего плодово-ягодного сырья для переработки с целью получения функциональных продуктов, повышающих их пищевую ценность.

**Благодарности:** Автор выражает благодарность научному руководителю О.А. Ковалевой, доктору биологических наук, профессору кафедры Продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» за оказанную помощь при работе над статьей.

## THE USE OF WILD-GROWING PHYTOBIOTICS IN THE PRODUCTION OF WHEY-BASED BEVERAGES

Gulyaeva O. A.

*e-mail: bусinka@mail.ru*

*Supervisor of studies: Kovaleva O. A.*

*Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin*

**KEYWORDS:** *wild phytobiotics, antioxidant properties, anthocyanins, phenolic compounds, serum*

### ABSTRACT

The consumption of specialty foods and beverages is growing both in Russia and around the world. There is an increasing interest in food and beverages that not only quench thirst, but also have a positive effect on people's health. According to market research, consumers prefer functional products made from natural and environmentally friendly materials and ingredients. The study justifies the choice of wild plant raw materials for the development of formulations of a whey-based beverage. The chemical composition of the resulting whey drink with the addition of wild phytobiotics (lingonberries, cloudberries and cranberries) was investigated. A high content of anthocyanins in the selected raw materials was found ( $0.339 \pm 0.007$  mg/ml in lingonberries,  $0.158 \pm 0.003$  mg/ml in cranberries,  $0.513 \pm 0.005$  mg/ml in cloudberries), a high content of ascorbic acid was found ( $37.0 \pm 0.01$  mg/100g in lingonberries,  $33.0 \pm 0.01$  mg/100g in cranberries,  $29.0 \pm 0.01$  mg/100 g in cloudberry) and phenolic substances ( $945.0$  mg/100g in lingonberries,  $1215.0$  mg/100g in cranberries,  $1361.0$  mg/100g in

cloudberries). The conclusion is made about the expediency of using wild fruit and berry raw materials for processing in order to obtain functional products that increase their nutritional value.

**Acknowledgements:** The author expresses gratitude to the scientific supervisor O. A. Kovaleva, doctor of biological sciences, professor Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin, for the assistance provided during the work on the article.

## 1. Введение

Актуальной проблемой в настоящее время в пищевой и перерабатывающей промышленности является расширение ассортимента выпускаемой продукции, в том числе и продуктов функционального назначения. Для получения таких продуктов используют различные виды сырья, обогащая их всевозможными компонентами. Фрукты, овощи, злаки и ягоды сами по себе содержат высокое количество биологически активных веществ - витаминов, аминокислот, пищевых волокон, минеральных веществ, простых и сложных углеводов, поэтому особо проявляют функциональные и профилактические свойства [1]. Растительное сырье, которое можно использовать в качестве обогатителей, позволяет повысить пищевую ценность традиционных продуктов питания и придает им новые свойства и качества. Особо следует отметить дикорастущие фитобиотики, например, бруснику, клюкву и морошку, которые проявляют низкую аллергенность. Современный рынок России представляет довольно обширный спектр молочных товаров, и, анализируя этот рынок, можно проследить тенденцию увеличения доли товаров, сочетающих растительное сырье и молочные продукты. Относительная свобода ниши молочных продуктов с содержанием дикорастущих пищевых и лекарственных растений, свидетельствует о перспективности развития этого направления пищевой отрасли. Основной группой пищевых добавок из дикорастущих растений являются нутрицевтики, именно они являются источником полезных витаминов и минералов. Исследование литературы демонстрирует, что химический состав изучен лучше всего у следующих растений: культурные сорта клюквы обыкновенной, клюква болотная, брусника обыкновенная, морошка обыкновенная [2-4]. Целью исследования является научное обоснование возможности использования дикорастущих фитобиотиков (брусники, клюквы и морошки) в производстве напитков на основе молочной сыворотки.

## 2. Материалы и методы

В соответствии с поставленными задачами исследования проводились на кафедре Продукты питания животного происхождения факультета Биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Объектами исследований были выбраны плоды дикорастущих ягод –брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea*), клюквы болотной (*Vaccinium oxycoccos* L.), морошки обыкновенной (*Rubus chamaemorus*) урожая 2021 г., собранного на территориях карельских реликтовых заповедников.

Методы, используемые в исследовании:

- определение содержания микроэлементов в сырье адсорбционным методом на фотометре ИСАР 5030;

- определение содержания витаминов – методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105 М»;

- определение массовой доли белка – по ГОСТ 25179-2014, ГОСТ Р 51438-99;

- определение массовой доли золы – по ГОСТ Р 51432-99, ГОСТ Р 51463-99;

- определение массовой доли влаги в сырье и готовых продуктах – по ГОСТ 3626-73, ГОСТ Р 51438-99;

- определение массовой доли жира в сырье и готовых продуктах – в аппарате Сокслета по ГОСТ 5867-90, ГОСТ 8756.21-89;

- определение содержания макроэлементов – по ГОСТ Р 51429-99, ГОСТ Р 51430-99, а также согласно рекомендациям (Петухова Е.А., 1989);

- определение содержания органических кислот – методом ВЭЖХ согласно МУ, прилагаемым к оборудованию [5].

### 3. Результаты и обсуждение

При проведении исследований использовалась молочная сыворотка (производство ООО «Добрая вода») двух видов – подсырная и творожная. В таблице 1 приведен сравнительный анализ состава двух видов сыворотки, полученной при производстве сыра и творога в ООО «Добрая вода».

Таблица 1

<b>Сравнительный анализ состава подсырной и творожной сывороток</b>			
<b>Компонент</b>	<b>Единица измерения</b>	<b>Подсырная сыворотка</b>	<b>Творожная сыворотка</b>
Сухие вещества	г/100 г	6.8	6.1
Лактоза	г/100 г	4.7	3.8
Белок	г/100 г	0.8	0.86
Жир	г/100 г	0.26	0.17
Зола	г/100 г	0.62	0.83
Натрий	ppm	437	406
Калий	ppm	1467	1538
Кальций	ppm	432	1161
Магний	ppm	85	90
Фосфор	ppm	446	903
Рибофлавин	ppm	1.4	1.44
pH		6.3	4.5

Результаты химического анализа двух видов сыворотки показали, что подсырная сыворотка отличается более высоким содержанием сухих веществ (6,8 г/100 г) по сравнению с творожной (6,1 г/100 г), а также более высоким выходом содержащейся в подсырной сыворотке лактозы (4,7 г/100 г). Очень хорошим технологическим показателем подсырной сыворотки стало более нейтральное значение pH (6,3) по сравнению с творожной сывороткой (4,5), что позволит получить в дальнейшем в разрабатываемом напитке более сбалансированный вкус. На основании полученных данных был сделан выбор в пользу подсырной сыворотки, используемой при разработке рецептуры напитка в дальнейших исследованиях.

Ягоды брусники, клюквы и морошки содержат биологически активные компоненты, которые обладают антимикробными, противовоспалительными, иммуностимулирующими и другими важными свойствами [6, 7]. Значительные возможности применения в медицине и пищевой промышленности эти ягоды получили благодаря наличию витаминов, кислот, фенольных соединений, минеральных веществ и других биологически активных соединений [8, 9]. В исследовании использовались замороженные ягоды брусники, клюквы и морошки, из которых получили сок и пюре (табл. 2).

Таблица 2

#### **Физико-химический состав сока дикорастущих ягод брусники, клюквы и пюре из морошки обыкновенной**

<b>Наименование показателей</b>	<b>Брусника</b>	<b>Клюква</b>	<b>Морошка</b>
Массовая доля сухих веществ, %	10.0±0.1	12.5±0.1	16.0±0.1
Массовая доля сахаров, %	4.2±0.7	8.1±0.7	6.3±0.7
Массовая доля титруемых кислот, %	3.11±0.29	2.43±0.29	2.84±0.29
Массовая доля пектиновых веществ, %	0.67±0.03	0.55±0.03	1.21±0.03
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100г	17.0±1.0	15.0±1.0	30.0±1.0
Общее содержание фенольных веществ, мг/100г	940.0±5.0	1210.0±5.0	1356.0±5.0
Содержание лейкоантоцианов, мг/100г	66.0±0.5	197.8±0.5	175.2±0.5
Содержание рутина, мг/100г	130.0±3.0	425.0±3.0	560.0±3.0
Содержание антоцианов, мг/100г	540.0±3.0	510.0±3.0	620.0±3.0
Содержание бензойной кислоты, мг/100г	0.10±0.01	0.30±0.01	0.86±0.01

Сравнительный анализ химического состава полученных образцов сока и пюре из ягод брусники, клюквы и морошки с суточной нормой потребления эссенциальных нутриентов позволил сделать вывод, что, благодаря высокому содержанию фенольных соединений, в том числе антоцианов (945.0/543.0 мг/100г в соке брусники, 1215.0/513.0 мг/100г в соке клюквы, 1361.0/623.0 мг/100г в пюре из морошки), сделан вывод о целесообразности использования дикорастущего плодово-ягодного сырья для переработки с целью получения функциональных продуктов, оказывающих благоприятное влияние на организм человека.



Анализ исходного сырья показывает принципиальную возможность использования дикорастущих ягод (брусники, морошки и клюквы) в качестве источника антиоксидантов (табл. 3).

Таблица 3

**Количество фенольных соединений в соке брусники, клюквы и пюре из морошки**

Компонент	Сок брусники	Сок клюквы	Пюре из морошки
Фенольные соединения:	12.86±0.37	9.44±0.28	14.23±0.5
Бензойная кислота, мг/мл	0.238±0.008	0.186±0.005	0.295±0.005
Антоцианы, мг/мл	0.339±0.007	0.158±0.003	0.448±0.001

В данном исследовании были разработаны 5 вариантов рецептов сывороточного напитка с добавлением дикорастущих фитобиотиков, а именно с соком брусники и клюквы (50/50), и пюре из морошки обыкновенной, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Рецептуры напитка на основе подсырной сыворотки с добавлением дикорастущих фитобиотиков**

Наименование ингредиентов	Единица измерения	№ 1					№ 2					№ 3					№ 4					№ 5				
		1000 мл					1000 мл					1000 мл					1000 мл					1000 мл				
Сок ягод брусники и клюквы (50/50)	мл	260					270					280					290					300				
Пюре из ягод морошки	гр	50					80					100					110					120				
Сыворотка подсырная	мл	690					650					620					600					580				

Сенсорный анализ проводился по 9-балльной шкале. По результатам оценки органолептических показателей (вкус, цвет, аромат, внешний вид) выбран наилучший образец напитка и определены его физико-химические показатели, которые представлены на рисунке 1.

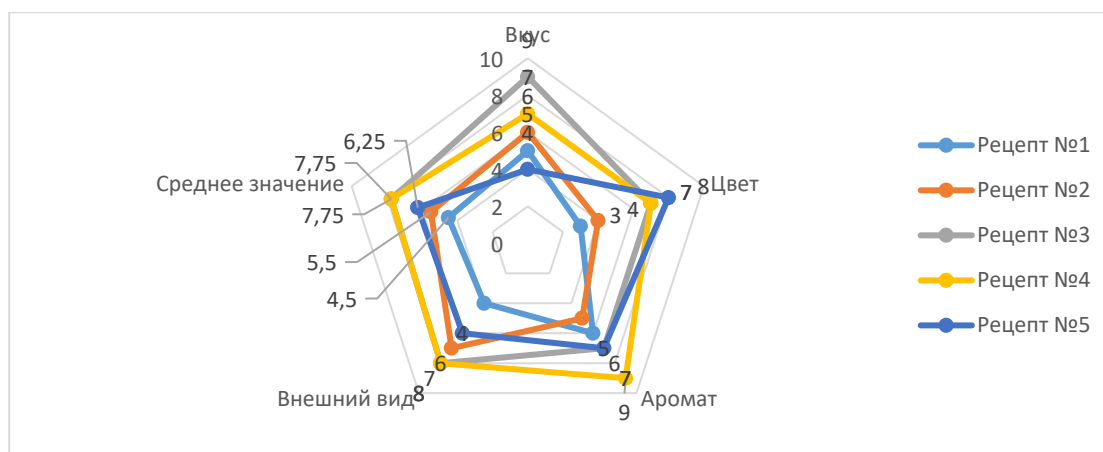


Рисунок 1. Сенсорный анализ образцов напитков

Результаты сенсорного анализа разрабатываемых образцов напитков №3 и №4 показали одинаково высокое среднее значение показателей (7,5), однако выбор был сделан в пользу образца №3, так как он имел более насыщенный вкус (9 баллов из 9). Химический состав образца напитка №3 приведен в таблице 5.

Таблица 5

**Химический состав показателей образца разрабатываемого напитка (образец №3)**

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Кислотность	Ед.	3.76±0.01
Содержание сухих веществ	%	8.4±0.2
Аскорбиновая кислота	мг %	7.8±0.002
Витамин Р	мг %	4.5±0.2
Дубильные вещества	%	0.10±0.1
Флавоноиды	мг %	64.39±0.01
Антоцианы	мг %	5.04±0.02

Результаты исследования физико-химических показателей образца №3 свидетельствуют, что разработанный рецепт безалкогольного напитка на основе сыворотки с добавлением дикорастущего сырья содержит в своём составе ценные биологически активные вещества, такие как аскорбиновая кислота (7.8±0.002 мг %), витамин Р (4.5±0.2 мг %), значительное количество флавоноидов (64.39±0.01 мг %), антоцианов (5.04±0.02 мг %). Такие показатели позволяют

сделать вывод, что, при употреблении 250 мл данного напитка, удовлетворяется более 15% от суточной потребности человека в флавоноидах и витамине С. Полученные результаты указывают, что разработанный напиток может являться источником данных биологически активных веществ.

#### 4. Выводы

Целью исследования являлась разработка рецептуры безалкогольного напитка на основе молочной сыворотки. В исследовании использовались подсырная и творожная сыворотка (производство ООО «Добрая вода»). Исследован состав биологически активных соединений, антиоксидантные свойства молочной сыворотки. Проведен сравнительный анализ двух видов используемой сыворотки, творожной и подсырной. На основании сравнительного анализа был сделан выбор в пользу подсырной сыворотки, т.к. она имеет более нейтральное кислотно-щелочное соотношение (6,3) по сравнению с творожной сывороткой (4,5), что позволяет получить в разрабатываемом напитке более сбалансированный вкус.

При проведении исследований установлено высокое содержание аскорбиновой кислоты ( $37.0 \pm 0.01$  мг/100г в бруснике,  $33.0 \pm 0.01$  мг/100г в клюкве,  $29.0 \pm 0.01$  мг/100 г в морошке), и фенольных веществ (945.0 мг/100г в бруснике, 1215.0 мг/100г в клюкве, 1361.0 мг/100г в морошке).

На основании проведенных экспериментов были разработаны режимы технологической обработки ягод брусники, клюквы и морошки. Полученные образцы сока и пюре из дикорастущих ягод были исследованы по химическому составу после технологического процесса заморозки. Пюре морошки отличается высоким содержанием антоцианов ( $620.0 \pm 3.0$  мг/100г), а брусника характеризуется высокой долей титруемых кислот (3,4%).

Высокая пищевая и биологическая ценность разрабатываемого напитка может (и должна) стать основой для стратегии продвижения продукта на рынке пищевой промышленности и выделения данных функциональных продуктов на фоне конкурирующих брендов. Рынок обогащенных молочных напитков и продуктов является динамично развивающимся сегментом, где ключом к успеху становятся инновации. Таким образом, современные исследования необходимо направлять на разработку рецептур функциональных молочных продуктов, обогащенных растительными добавками с антиоксидантными, пробиотическими свойствами, совершенствование их технологии и оценку потребительской привлекательности.

#### Библиографический список

1. Федотова, О.Б. (2016). Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика). Издательство «Франтера». 346-374.
2. Хорошилов, И.Э., Барсукова, Н. В., Сафонова, Э. Э. (2020). Нутрициология в индустрии питания. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 21-25.
3. Родионова, Л.Я., Ольховатов, Е.А., Степова, А.В. (2018). Технология безалкогольных напитков. Издательство: ЛАНЬ. 154-157.
4. Василенко, В.Н., Фролова, Л.Н., Драган, И.В., Михайлова, Н.А. (2017). Современные методы исследования свойств сырья растительного происхождения и продукции масложировых предприятий. Издательство: Воронежский государственный университет инженерных технологий. 90-108.
5. Гуляева, О.А. (2021). Разработка функционального напитка на сывороточной основе с добавлением клюквы и брусники для детского питания. *Пищевые системы*, 4(3S), 57-60. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-57-60>.
6. Нилова, Л.П. (2017). Морошка: особенности биохимического состава, антиоксидантные свойства, использование. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*, 5, 19–26. <https://doi.org/10.14529/food170403>.
7. Пастух, О.Н. (2019). *Молочные напитки на основе сыворотки. Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика*. Материалы Международной научно-практической конференции.
8. Терехова, А.А., Нелюбина, Е.Г. (2020). Функциональные продукты для персонализированного питания в соответствии с концепцией развития рынка. Варна: ЦНИИ «Парадигма». 9-13.
9. Ковалева, О.А., Киреева, О.С., Поповичева, Н.Н., Гуляева, О.А. и др. (2021). Ресурсосберегающие технологии получения биосовместимых компонентов пищевых систем. Орёл: изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. 125-160.

## ПАШТЕТ ИЗ СУБПРОДУКТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОБОГАЩАЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Дайырбекова А.Д.**

*e-mail: a.dayirbekova\_03@mail.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук Асиржанова Ж.Б.*

*Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *анемия, паштейт из субпродуктов, чечевица, куриная печень*

**АННОТАЦИЯ:** В настоящее время состояние здоровья населения Казахстана характеризуется снижением показателей физического развития и здоровья детей всех возрастов, возросла заболеваемость взрослого населения. Причиной многих заболеваний является нарушение принципов сбалансированного питания. Здоровое питание – один из основных факторов профилактики и лечения заболеваний.

Важную роль в профилактике анемии играют продукты с добавлением функциональных пищевых добавок, обладающих профилактическими и лечебными свойствами на основе мяса. Они восполняют недостаток жизненно важных веществ, помогают улучшить физиологический процесс организма и поддерживать активный образ жизни.

Эффективной стратегией предотвращения случаев дефицита железа является оптимизация диеты и увеличение количества продуктов с высоким содержанием биологически доступного железа в рационе.

В нашей стране достаточно развита мясная промышленность, где большое внимание уделяется новому источнику растительного пищевого белка. Поэтому основной перспективой является разработка и внедрение нового поколения пищевых технологий, направленных на производство продуктов питания с необходимым химическим составом и свойствами, высокой биологической ценностью с учетом потребностей различных социальных, профессиональных и возрастных групп населения, в том числе лечебно-профилактического, детского и диетического питания.

## PATE OF SUBPRODUCTS WITH THE ADDITION OF ENRICHING COMPONENTS OF VEGETABLE RAW MATERIALS

**Daiyrbekova A.D.**

*e-mail: a.dayirbekova\_03@mail.ru*

*Supervisor of studies: Candidate of Technical Sciences Assirzhanova Zh.B.*

*Shakarim State University of Semey, Semey, Kazakhstan*

**KEYWORDS:** *anemia, subproduct pate, lentils, chicken liver*

**ABSTRACT:** Currently, the health status of the population of Kazakhstan is characterized by a decrease in the indicators of physical development and health of children of all ages, the morbidity of the adult population has increased. The cause of many diseases is a violation of the principles of a balanced diet. A healthy diet is one of the main factors in the prevention and treatment of diseases.

An important role in the prevention of anemia is played by products with the addition of functional food additives that have preventive and curative properties based on meat. They make up for the lack of vital substances, help to improve the physiological process of the body and maintain an active lifestyle.

An effective strategy to prevent cases of iron deficiency is to optimize the diet and increase the number of foods with a high content of biologically available iron in the diet.

In our country, the meat industry is quite developed, where much attention is paid to a new source of vegetable food protein. Therefore, the main prospect is the development and introduction of a new generation of food technologies aimed at the production of food with the necessary chemical composition and properties, high biological value, taking into account the needs of various social, professional and age groups of the population, including therapeutic and preventive, children's and dietary nutrition.

## **1. Введение**

В настоящее время очень важно разработать новую линейку продуктов на основе печени различных животных с обогащающей добавкой растительного происхождения, поскольку различные группы населения заинтересованы в использовании здоровой пищи в функциональной области.

Разработка технологии и ассортимента паштетов на основе печени различных животных с обогащающей смесью растительного происхождения является своевременной. Рост объемов их потребления на рынке обусловлен, прежде всего, ростом объемов потребления паштетов с различными добавками с особым вкусом.

Паштеты являются ценными пищевыми продуктами, так как их тонкодисперсная структура способствует лучшему усвоению, а введение дополнительных компонентов позволяет формировать определенные функциональные свойства производимого продукта.

В настоящее время состояние здоровья населения Казахстана характеризуется снижением показателей физического развития и здоровья детей всех возрастов, возросла заболеваемость взрослого населения. Причиной многих заболеваний является нарушение принципов сбалансированного питания. Здоровое питание – один из основных факторов профилактики и лечения заболеваний.

Железодефицитная анемия является острой проблемой здравоохранения как в мире, так и в Казахстане. По данным Агентства Республики Казахстан, за последние 5 лет значительно возросла частота заболеваний, вызванных недоеданием. Статистика показывает, что анемия у подростков увеличилась в 2,5 раза и в 2 раза выше, чем у взрослых [1].

Важную роль в профилактике анемии играют продукты с добавлением функциональных пищевых добавок, обладающих профилактическими и лечебными свойствами на основе мяса. Они восполняют недостаток жизненно важных веществ, помогают улучшить физиологический процесс организма и поддерживать активный образ жизни.

В нашей стране достаточно развита мясная промышленность, где большое внимание уделяется новому источнику растительного пищевого белка. Поэтому основной перспективой является разработка и внедрение нового поколения пищевых технологий, направленных на производство продуктов питания с необходимым химическим составом и свойствами, высокой биологической ценностью с учетом потребностей различных социальных, профессиональных и возрастных групп населения, в том числе лечебно-профилактического, детского и диетического питания.

## **2. Материалы и методы**

Для совершенствования технологии производства паштета из куриной печени, обогащенной чечевицей, были использованы следующие объекты, материалы и методы исследования: учебно-методическое пособие, куриная печень, чечевица. Исследовательская работа проводилась в НАО «Университет имени Шакарима г. Семей», на кафедре «Технология пищевых производств и биотехнология».

Методы исследования:

Определение физико-химических показателей:

Содержание влаги по ГОСТ 9793-2016 [2]

Содержание белка по ГОСТ 25011-2017 [3]

Содержание жира по ГОСТ 23042-2015 [4]

Количество золы определяли по ГОСТ 31727-2012 [5].

При выполнении исследований использовались стандартные и общепринятые органолептические методы исследования.

Отбор средних проб, подготовка их к анализу проводился по:

ГОСТ 31657-2012 "Субпродукты куриные. Технические условия" [6].

ГОСТ 7066 -2019 "Чечевица тарелочная продовольственная. Технические условия" [7].

## **3. Результаты и обсуждение**

В качестве основного обогащающего компонента была получена чечевица. Чечевица – одна из старейших известных бобовых. Это вкусный, полезный и экологически чистый продукт.

Особенность этой крупы в том, что она совсем не накапливает нитраты, радионуклиды и другие вредные вещества. Польза чечевицы огромна, это ценный питательный продукт, который

не только разнообразит ежедневный рацион, но и поможет избавиться от некоторых проблем со здоровьем. Полезные свойства чечевицы объясняются тем, что в ней содержится богатый белком продукт.

Чечевица – не может хранить нитраты и радионуклиды и поэтому всегда является экологически чистым продуктом, даже если выращивается в загрязненных местах. Семена богаты белком, аминокислотами, железом, витаминами группы В. Чечевица не уступает по питательности хлебу, хлопьям и даже мясу и может легко заменить их.

Вот почему вегетарианцы приравнивают чечевицу к мясу по питательным свойствам. Ассимиляция этих злаков в организме человека намного проще из-за отсутствия жировых компонентов, которые сопровождают мясной белок. Чечевица богата различными аминокислотами, минералами и витаминами. Этот продукт обладает удивительным свойством: в нем не накапливаются различные токсичные или вредные вещества (радионуклиды, нитраты и др.). Поэтому чечевицу можно назвать экологически чистым продуктом.

Среди жирорастворимых витаминов чечевица содержит А, бета-каротин, Е и К. Есть водорастворимые витамины – С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> (РР), В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>9</sub>. Зола семян чечевицы измельчается в основном из натрия, фосфора и калия. Эти бобовые содержат небольшое количество никеля и кобальта.

Высокое содержание незаменимых аминокислот в чечевичном белке позволяет получать продукты с высокой биологической ценностью в результате смешивания и совместного потребления растительных и животных белков. Содержит глутамин и аспаргиновую кислоту с большой массовой долей треонина (18,4-28,3 мг %) и тирозина (16,9-20,5 мг%) [8].

Семена чечевицы содержат небольшое количество жира, что является важным преимуществом организации технического процесса получения белка, поскольку нет необходимости в операции по обезжириванию семян. Это позволяет прогнозировать его высокую эмульсионную способность. Содержание жирных кислот в чечевице представлено такими незаменимыми кислотами, как олеиновая и линоленовая кислоты, которые не синтезируются в организме [9].

Самый дешевый источник белка и полезных макро- и микроэлементов – куриная печень. Куриная печень богата микроэлементами. Наиболее важными из них являются белки, жиры, углеводы, витамины и минералы. В его состав входят витамины А и Е, регулярное употребление которых значительно улучшает состояние кожи, волос и ногтей. Печень также содержит железо, которое содержит говяжью печень. Кроме того, железо повышает гемоглобин и в целом положительно влияет на сердечно-сосудистую систему человека. Рибофлавин помогает организму усваивать железо. Куриная печень содержит холин, который улучшает память и работу мозга. Триптофан помогает нормализовать сон человека, а селен участвует в очистке крови. Куриная печень полезна для людей с диабетом, а также помогает при нарушениях обмена веществ.

Наличие активных биологических веществ в куриной печени также определяет ее как диетический продукт, который диетологи включают в лечебный рацион.

Куриная печень является побочным продуктом первой категории пищевой ценности. Это очень нежный продукт с характерным горьковатым вкусом.

Свежая куриная печень насыщенная, однородного коричневатого-красного цвета, с гладкой поверхностью, на которой нет посторонних пятен, в виде жировой ткани, сгустков крови или крупных кровеносных сосудов.

В его состав входит кальций, необходимый для правильного развития и укрепления костной ткани и зубной эмали, калий и магний, благотворно влияющие на работу сердца, фосфор, поддерживающий нормальную работу иммунной системы, улучшающий умственную работоспособность [10].

Сочетание продуктов животного и растительного происхождения является одним из оптимальных способов удовлетворения физиологических потребностей человеческого организма. В последние годы в мире расширились виды мясопродуктов в сочетании с растительным сырьем. Это позволяет производить мясные продукты с высокой биологической и пищевой ценностью. Помимо минеральных витаминов, растительное сырье содержит легкоусвояемые органические кислоты, углеводы и биологически активные компоненты. Белок способствует лучшему усвоению мяса и овощей в рационе человека. Это связано с тем, что овощи

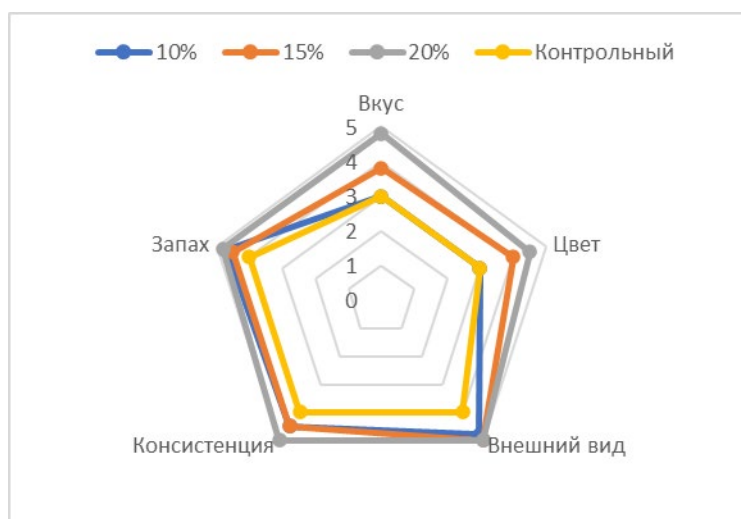


содержат значительное количество экстрактивных веществ, которые улучшают выведение пищеварительных соков.

Таблица 1

**Органолептические показатели паштета из куриной печени**

Показатели	Контрольный	10%	15%	20%
Консистенция	Средняя	Мягкая	Нежная	Нежная
Механически-структурное свойство	Эластичное	Эластичное	Эластичное	Эластичное
Цвет	Серо-коричневый	Коричневый	Светло-коричневый	Светло-коричневый
Вкус	Характерный вкус паштета	Чувствуется легкий привкус чечевицы	Чувствуется вкус чечевицы немного больше	Чувствуются заметные нотки чечевицы
Запах	Характерный запах паштета	Своеобразный запах, слабый запах чечевицы	Слабый запах чечевицы	Запах чечевицы



**Рисунок 1.** Органолептическая оценка готовой продукции

На основании проведенной дегустации было установлено, что наилучшей суммой баллов органолептической оценки является образец №3 с пюре из чечевицы 20%. Этот образец более нежный, чем другие, имеет лучший вкус и приятный запах, однородную консистенцию, не вызывает неприятных ощущений. Классический образец имел классический вкус и аромат паштета из печени, серо-коричневый цвет, однородную, мягкую, мягкую консистенцию.

Таблица 2

**Физико-химический состав и пищевая ценность готовой продукции**

Наименование показателей	Контрольный образец	Экспериментальный образец (20%)
Белки, г	11,4	17,6
Жиры, г	10,4	5,7
Углеводы, г	3	14,3
Энергетическая ценность, ккал	153,4	178,1

**4. Выводы**

Исследования проводились на кафедре "Технологии пищевых производств и биотехнология". В данной работе была составлена рецептура паштетных продуктов из функционально ориентированных субпродуктов с добавлением обогащающих компонентов растительного сырья. Результаты общенаучной работы показали, что путем добавления

чечевицы в паштеты из субпродуктов можно улучшить качество продукции, максимально обогатить ее пищевой ценностью. Обогащение куриных субпродуктов растительным сырьем позволяет улучшить питание населения, сделать его полноценным и рациональным. Результат тестирования продукта может гарантировать это.

Подводя итоги, состав приготовленного продукта обогатили чечевицей. Чечевица содержит незаменимые аминокислоты, макроэлементы, микроэлементы, группу витаминов, необходимых человеческому организму.

#### **Библиографический список**

1. Турдалиева Б.С., Аимбетова Г.Е., Абдукаюмова У.А., Байсугурова В.Ю., Мусаева Б.А (2012) Здоровье детей и подростков Республики Казахстан: проблемы и пути решения. Вестник КазНМУ, 1, 10-12
2. ГОСТ 9793-2016 «Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги» – 2010. – 9с.
3. ГОСТ 25011-2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка» – 2010. – 16с.
4. ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира» - 2010. – 16с.
5. ГОСТ 31727 –2012 «Мясо и мясные продукты. Методы определения массовой доли общей золы» – 2013. – 12с.
6. ГОСТ 31657—2012 «Субпродукты куриные. Технические условия» – 2013 – 12с.
7. ГОСТ 7066 —2019 «Чечевица тарелочная продовольственная. Технические условия» - 2019. – 11с.
8. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. -Х46 М.: ДеЛи принт, 2002. - 236 с.
9. Антипова Л.В. Чечевица: перспективы использования в технологии пищевых продуктов: монография – Воронеж: ФГРОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. – 255 с.
10. Позняковский В.М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность: учебно-справочное пособие. Саратов: Вузовское образование, 2014. 527 с.

## ПРОБЛЕМА КАМПИЛОБАКТЕРИОЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСА ПТИЦЫ

Дерина Д.С.

*e-mail: dasha.derina@mail.ru*

*Научный руководитель: докт. биол. наук Козак С.С.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» — филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук (ВНИИПП), Сергиев Посад, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *токсикоинфекция, C. jejuni, кампилобактерии, мясо птицы*

### АННОТАЦИЯ

При производстве мяса птицы были выявлены критические точки, как потрошение, водяное охлаждение, которые способствуют перекрестному обсеменению поверхности тушек бактериями рода *Campylobacter*.

В ходе выполненной работы было выяснено, что для водяного охлаждения рекомендуется применять 0,1-0,2%-ные растворы технологического вспомогательного средства (ТВС) на основе 15% надуксусной кислоты, при экспозиции 20 мин, которые предотвращают обсеменение *C.jejuni* поверхности тушек птицы и не влияют на микробиологические, физико-химические и органолептические показатели мяса птицы.

Разработали оптимальные режимы применения растворов на основе надуксусной кислоты 0,02-0,03%-ной концентрации, которые могут быть применены на производстве для обработки оборудования и производственных помещений предприятий (цехов) по переработке сельскохозяйственной птицы, при производстве продукции из мяса птицы для профилактики кампилобактериоза.

## THE PROBLEM OF CAMPYLOBACTERIOSIS IN THE PRODUCTION OF POULTRY MEAT

Derina D.S.

*e-mail: dasha.derina@mail.ru*

*Supervisor of studies: Kozak S.S.*

*All-Russian Research Institute of the Poultry Processing Industry" - Branch of Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry" of RAS (VNIIPP), Sergiev Posad, Russia*

**KEYWORDS:** *toxicoinfection, C.jejuni, campylobacter, poultry meat*

### ABSTRACT

In the production of poultry meat, critical points have been identified, such as gutting, water cooling, which contribute to the cross-contamination of the carcass surface with bacteria of the genus *Campylobacter*.

In the course of the work performed, it was found that for water cooling it is recommended to use 0.1-0.2% solutions of a technological aid (FA) based on 15% peracetic acid, with an exposure of 20 minutes, which prevents contamination of the surface of carcasses by *C.jejuni* poultry and do not affect the microbiological, physico-chemical and organoleptic characteristics of poultry meat.

Optimal modes of application of solutions based on peracetic acid of 0.02-0.03% concentration have been developed, which can be used in production for processing equipment and production facilities of enterprises (workshops) for processing poultry, in the production of poultry meat products for prevention campylobacteriosis.

### 1. Введение

Социально-экономические потери, связанные с бактериями рода *Campylobacter*, оцениваются в несколько миллиардов долларов ежегодно. Продукты из мяса птицы представляют собой основную причину заражения человека. Контаминация мяса птицы происходит вследствие неправильной транспортировки и переработки бройлеров и индеек. Этапы ошпаривания, удаления кожных покровов и потрошения представляют собой важные точки перекрестного загрязнения во время обработки тушек.

Среди всех представителей кампилобактерий основными видами, вызывающими кампилобактериоз у человека являются *C. jejuni*, *C. coli* и *Campylobacter fetus subspecies fetus*.

Патогенез кампилобактерий у человека: кишечные инфекции, энтериты, бактериемию, колиты, септические артриты, гемоуремический синдром. В осложненных случаях может вызывать синдром Рейтера или Гийена-Барре [1, 2].

На сегодняшний день существует проблема перекрестной обсемененности сальмонеллами, кампилобактериями и т.п. продукции из мяса птицы, которая связана с технологическими этапами на производстве: участки шпарки, съема пера, потрошения [3]. Для выявления основных путей распространения микроорганизмов и механизмов контаминации ими пищевых предприятий, необходимо провести мониторинг критических точек на предприятиях и далее провести поиск путей их устранения.

Целью настоящей работы было поднятие темы проблемы совершенствования профилактики кампилобактериоза при производстве мяса птицы.

## 2. Материалы и методы исследования

Данная работа была сделана на базе ИЛЦ ВНИИПП. В качестве объектов исследования послужили технологическое вспомогательное средство (ТВС) на основе надуксусной кислоты; тушки цыплят-бройлеров, смывы с перьевого покрова и оборудования цеха убоя, рук работников, вода из ванны охлаждения.

Определение бактерий рода *Campylobacter* производили путем посева исследуемой пробы в жидкие селективные среды Бульон Болтона, с последующим пересевом на поверхность агаризованных селективных сред и инкубированием в микроаэрофильных условиях.

Выросшие на поверхности селективного агара типичные колонии подвергались идентификации и типированию.

## 3. Результаты и обсуждение

В производственных условиях выявили контрольные точки по обсеменению кампилобактериями поверхностей и объектов: в смывах с покровов тушек цыплят-бройлеров после операции потрошения кампилобактерии *C.jejuni* и *C.coli* выделяли в 66,0%, а *C.lari* в 16,0% исследований. При анализе смывов с рук работников участка потрошения выявили следующие виды кампилобактерий - *C.coli* и *C.lari* в 16,0%, а *C. jejuni* - 8,0% исследований. На поверхностях оборудования показало, что 26,0% случаев приходится на *C. jejuni*, а *C. Coli*-44,0% и *C. Lari*-15,0%, а в воде ванны охлаждения было выделено 33,0% (*C. Jejuni* и *C.coli*), а *C.lari* 16,0%.

Исследовали влияние растворов ТВС на микрофлору воды при охлаждении тушек, поверхностно контаминированных *C.jejuni*. При экспозиции 20 минут и 0,01-0,03%-ной концентрации растворов используемого средства происходило снижение КМАФАНМ до 20 КОЕ/см<sup>3</sup>, а при использовании 0,03%-ных растворов снижение до < 10 колоний (табл. 1).

После провели исследование влияния растворов дезинфицирующего средства на микрофлору поверхности тушек цыплят-бройлеров, контаминированных *C.jejuni*. При выдержке 20 минут 0,1-0,2%-ные растворы ТВС снижают КМАФАНМ до единичных колоний и инактивируют колонии *C.jejuni* (табл. 2).

При органолептической оценке внешний вид поверхности контрольных тушек был беловато-желтого цвета с розоватым оттенком. У опытных тушек по сравнению с контрольными цвет поверхности и внутреннего жира был более желтым. Выяснили, что используемые растворы не влияют на физико-химические и органолептические показатели мяса цыплят-бройлеров.

Таблица 1

Микробиологические показатели микрофлоры охлаждающей среды при охлаждении тушек (n=12)

Показатель и, КОЕ/см <sup>3</sup>	Контроль (вода)	Концентрация рабочего раствора средства (ТВС), %					
		0,01	0,03	0,05	0,1	0,2	
<i>Campylobacter jejuni</i>	(2,70±0,14)·10 <sup>3</sup>	(1,10±0,06)·10 <sup>3</sup>	0	0	0	0	0
КМАФАНМ	(1,70±0,09)·10 <sup>4</sup>	20	<1	<1	<10	<10	<10

Примечание: Н/о - не обнаружено.  $P \leq 0,05$ . КМАФАНМ- общее микробное число; количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. КОЕ-колониеобразующие единицы.

**Микробиологические показатели микрофлоры тушек,  
контаминированных *S.jejuni* (n=12)**

Показатель, и, КОЕ/см <sup>3</sup>	Контроль (вода)	Концентрация рабочего раствора средства (ТВС), %				
		0,01	0,03	0,05	0,1	0,2
<i>Campylobacter jejuni</i> 10 <sup>3</sup>	(2,23±0,11)·10 <sup>3</sup>	(1,0±0,05)·10 <sup>3</sup>	о	о	о	о
КМАФАнМ 10 <sup>4</sup>	(1,50±0,08)·10 <sup>4</sup>	15	0	0	0	0

Примечание: Н/о - не обнаружено.  $P \leq 0,05$ . КМАФАнМ- общее микробное число; количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. КОЕ-колониобразующие единицы.

#### 4. Выводы

Источниками загрязнения поверхности тушек птицы *S.jejuni* в процессе ее первичной переработки являются: поверхность пера, ног, содержимое желудочно-кишечного тракта.

Применение для водяного охлаждения 0,1-0,2%-ных растворов на основе надуксусной кислоты при экспозиции 20 мин снижает микробную обсемененность и профилактирует перекрестное обсеменение *S.jejuni* поверхности тушек птицы, не влияет на микробиологические, физико-химические и органолептические показатели мяса птицы.

#### Список литературы

1. Шевелева, С.А., Булахов, А.В., Быкова, И.Б., Козак, С.С. (2014). *Апробация новых приёмов контроля тушек птицы на патогенные микроорганизмы. Качество и безопасность производства продукции из мяса птицы и яиц*. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию - ВНИИПП. Ржавки.
2. Булахов, А.В., Ананьева, А.В., Быкова, И.Б., Шевелева, С.А., Козак, С.С. (2010). Контроль патогенов в тушках цыплят-бройлеров с использованием современных методических подходов. *Птица и птицепродукты*, 6, 45-49.
3. Ярикова, Ю.А., Скородумов, Д.И. Жизнеспособность бактерий *campylobacter jejuni* в мясе птицы (2012). *Мясная индустрия*, 3, 54-55.



## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИСТЬЕВ РЕДИСА В БИОТЕХНОЛОГИИ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ

Журавлева Д.А. \*, Юргенсон А.К.

\*e-mail: d.a.zhuravleva@urfu.ru

Научный руководитель: канд. хим. наук, доц. Глухарева Т.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
Екатеринбург, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *ксантан, экстракт листьев редиса, ферментация, отход*

### АННОТАЦИЯ

Ежегодно в сельском хозяйстве образуется более 470 млн т отходов, большую часть из которых составляют листья, кожура, косточки фруктов и овощей. Отходы аграрной промышленности богаты ценными веществами, что позволяет их использовать в качестве субстратов для микробиологического синтеза целой группы незаменимых природных загустителей, эмульгаторов и текстурообразователей – полисахаридов. Одним из наиболее значимых изученных в пищевой промышленности полисахаридов является ксантановая камедь. Ксантан – это микробный экзополисахарид, продуцируемый бактериями *Xanthomonas campestris*. В настоящее время ксантановую камедь получают с использованием глюкозы и сахарозы в качестве источника углерода. Из-за высокой стоимости глюкозы и сахарозы себестоимость ксантана очень высока. Использование отходов агропромышленного комплекса в качестве исходного альтернативного материала для биосинтеза позволит существенно снизить затраты на производство продукта. В работе рассмотрена возможность использования листьев редиса в биотехнологии ксантана. Была проведена ферментация бактерий-продуцентов ксантана на питательной среде, содержащей экстракт ботвы редиса. Изучено содержание сахаров в экстракте и питательных средах, методом ИК-спектроскопии проведена идентификация продукта.

**Финансирование:** Исследование проведено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства "Приоритет-2030".

## APPLICATION OF RADISH LEAVES IN XANTHAN GUM BIOTECHNOLOGY

Zhuravleva D.A. \*, Yurgenson A.K.

\*e-mail: d.a.zhuravleva@urfu.ru

Supervisor of studies: Glukhareva T.V.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

KEYWORDS: *xanthan, radish leaf extract, fermentation, waste*

### ABSTRACT

Every year, more than 470 million tons of waste are generated in agriculture, most of which are leaves, peel, bones of fruits and vegetables. Waste from the agricultural industry is rich in valuable substances, so microbiological synthesis of polysaccharides from this one is possible. Xanthan is one of the most important polysaccharide in the food industry. Currently, xanthan gum is produced using glucose and sucrose as a carbon source, so the cost of xanthan is very high. Usage of agroindustrial waste as a source material for biosynthesis will significantly reduce the cost of production. The article discusses the possibility of using radish leaves in xanthan biotechnology. Fermentation of xanthan-producing bacteria was carried out on a nutrient medium containing radish tops extract. The sugar content in the extract and nutrient media was studied, the identification of the product was carried out by IR spectroscopy.

**Funding:** This research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the Development Program of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin in accordance with the program of strategic academic leadership "Priority-2030".

## 1. Введение

Снижение количества отходов, их утилизация, разработка технологий биоконверсии отходов промышленности в ценные продукты – главные аспекты концепции биоэкономики и экономики замкнутого цикла, которые являются частью прогресса мировых экономик. Согласно данным, в агропромышленном комплексе ежегодно образуется более 470 млн т отходов, большую часть из которых составляют листья, кожура, косточки фруктов и овощей. Они, как правило, в дальнейшем не используются или, в некоторых случаях, применяются в кормовых целях, что практически не приносит экономическую эффективность. Однако, благодаря ценным соединениям (углеводы, жирные кислоты, витамины и др.), содержащимся в фруктовых и овощных культурах, их отходы представляют собой потенциальные источники сырья, которые могут выступать в качестве как самостоятельных субстратов во многих процессах микробиологических производств, так и использоваться для получения экстрактов с целью дальнейшей переработки в ценные продукты [1-4].

В последние годы растет интерес к «натуральным» пищевым добавкам. Одними из таких добавок являются полисахариды. Реологические свойства полисахаридов способствуют их широкому применению в пищевой промышленности в качестве загустителей, эмульгаторов, стабилизаторов, биоадгезивов и желирующих агентов [5].

Одним из наиболее значимых изученных и применяемых полисахаридов является ксантановая камедь. Ксантан – это микробный экзополисахарид, продуцируемый бактериями *Xanthomonas campestris* [6]. Молекула ксантановой камеди имеет сложную структуру (рис. 1) и содержит основную и боковые цепи. Основную цепь образуют линейно связанные остатки  $\beta$ -D-глюкозы, связанные  $\beta$ -1,4-гликозидными связями, боковые цепи молекулы состоят из связанных маннозы, содержащей ацетатную группу, глюкуроновой кислоты и еще одной конечной маннозы, которая может быть связана 4,6-кетальной связью с пируватом (рис. 1).

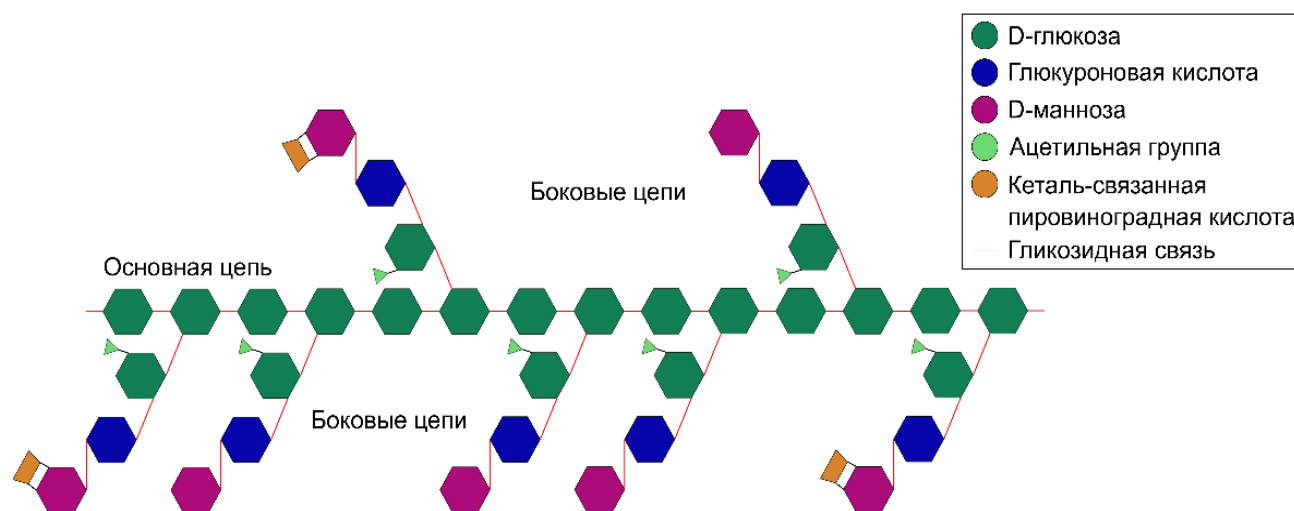


Рисунок 1. Структура молекулы ксантановой камеди

В настоящее время коммерческую ксантановую камедь производят путем ферментации с использованием глюкозы и сахарозы в качестве источника углерода. Затраты, связанные с закупкой сырья, используемого для производства микробных полисахаридов, высоки по отношению к общим затратам на процесс ферментации. Из-за высокой стоимости глюкозы и сахарозы (400–600 долларов США за тонну) производимая ксантановая камедь имеет высокую цену в 4000–5000 долларов США за тонну. Использование отходов агропромышленного комплекса в качестве исходного альтернативного материала для биопроцесса позволит существенно снизить затраты на производство продукта [5,6]. Возможным сырьем для производства ксантана может стать такой отход сельскохозяйственной промышленности, как ботва редиса. Редис (*Raphanus sativus* var. *sativus*) – один из самых древних, широко культивируемых, быстрорастущих, однолетних или двулетних, холодостойких, но чувствительных к теплу корнеплодов семейства капустных. Все части этого растения считаются съедобными, однако обычно в пищевых целях используют только корнеплоды. При этом листья редиса содержат широкий спектр ценных веществ (углеводы, белки, глюкозинолаты, флавоноиды,  $\beta$ -каротин, минералы), которые могли бы быть использованы с целью

био конверсии в ценные продукты [7]. Таким образом, цель работы заключается в исследовании возможности использования листьев редиса в качестве одного из субстратов в биотехнологии ксантана с целью снижения себестоимости продукта.

## 2. Материалы и методы

### *Материалы*

В работе использовали бактериальную культуру *Xanthomonas campestris B-6719* из НБЦ Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» (Москва). Культуру хранили в пробирке на агаризованной среде при температуре 4 °С.

### *Получение экстракта.*

Предварительно вымытые высушенные при температуре листья редиса измельчили в фарфоровой ступке и залили водой в соотношении 1:50 (мас.). Экстракцию проводили на термостат-водяной бане (ELMI TW-2) при температуре 60°C и постоянном перемешивании в течение 2 ч. Экстракт отфильтровали и довели объем водой до исходного значения.

### *Ферментация.*

Выращивание инокулята проводили в шейкере-инкубаторе (ES 20 BioSan) при температуре 28 °С и перемешивании 250 об/мин 48 ч в колбах объемом 50 мл с 10 мл стерильной питательной среды, содержащей (г/л): глюкозу – 20.0, дрожжевой экстракт – 10.0, пептон – 10.0.

Биосинтез ксантана осуществляли в колбах на 250 мл со 120 мл стерильной питательной среды, следующего состава (г/л): глюкоза – 20.0, дрожжевой экстракт – 3.0,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 2.0,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 2.0,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0.1. При приготовлении питательной среды вода была заменена на водный экстракт листьев редиса. В качестве контроля использовалась среда на основе воды, pH ферментационных сред 6.9-7.0 (Mettler Toledo F20-Standard). Ферментацию проводили при температуре 28 °С и перемешивании 250 об/мин 72 ч.

### *Выделение ксантана*

Биомассу отделяли методом центрифугирования (Hettich Universal 320) при 5000 об/мин, 20 °С в течение 20 мин. Ксантан осаждали холодным этанолом (2:1 об.) и отделяли центрифугированием при 5000 об/мин, 4 °С в течение 25 мин. С целью оценки влияния экстракта на рост бактерий и синтез продукта биомассу и ксантан сушили при 60 °С до постоянной массы.

### *Измерение содержания сахаров*

Определение общего содержания сахаров в экстракте, питательных средах до и после ферментации проводили фенол-серноокислотным методом [8] при длине волны 487 нм (Shimadzu UV-1800). В качестве стандарта использовали растворы глюкозы в концентрациях 0-50 мг/мл. Измерения проводили в трех параллелях.

### *ИК-спектроскопия*

Идентификацию продукта проводили методом ИК-спектроскопии. В качестве эталона использовали коммерческую ксантановую камедь Molecularmeal.ru (ИП Нимченко, Москва).

### *Статистическая обработка результатов*

Все измерения проводились в трех параллелях. Доверительный интервал рассчитывали в соответствии с распределением Стьюдента при уровне доверительной вероятности 95 %.

## 3. Результаты и обсуждение

В ходе выполнения работы был получен водный экстракт из отхода сельскохозяйственной промышленности – листьев редиса, на основе полученного экстракта приготовлена питательная среда, проведена ферментация бактерий *Xanthomonas campestris B-6719*, выделен и идентифицирован конечный продукт – ксантановая камедь. Установлено, что полученный водный экстракт может служить дополнительным источником углеродного субстрата – сахаров, поскольку он содержит  $2.88 \pm 0.31$  г/л сахаров в пересчете на глюкозу. Как видно из рис. 2, замена воды на водный экстракт при приготовлении ферментационной питательной среды позволило увеличить содержание сахара с  $17.78 \pm 1.56$  г/л до  $21.59 \pm 1.18$  г/л.

Использование водного экстракта ботвы редиса привело к увеличению количества биомассы в культуральной жидкости. Помимо этого, внесение экстракта позволило получить больший выход продукта, в сравнении с контролем (табл. 1). Полученный результат может быть связан с дополнительным внесением в среду содержащихся в экстракте сахаров, а также витаминов и минералов, которые могут выполнять функцию коферментов в процессе биосинтеза ксантана. В тоже время стоит отметить, что в производстве ксантановой камеди особое влияние на выход продукта, его строение и реологические свойства может оказать значение pH. В

процессе ферментации может происходить закисление среды, что негативно скажется на биосинтезе продукта, поэтому в промышленных масштабах очень важно поддерживать значение рН близкое к нейтральному. В ходе выполнения эксперимента было замечено, что рН культуральной жидкости после ферментации на водном экстракте ботвы редиса снизилась в меньшей степени, чем в контрольном образце. Замена воды на экстракт при ферментации культуры также привела к увеличению биомассы и повышению выхода продукта на 99 и 40 %, соответственно.

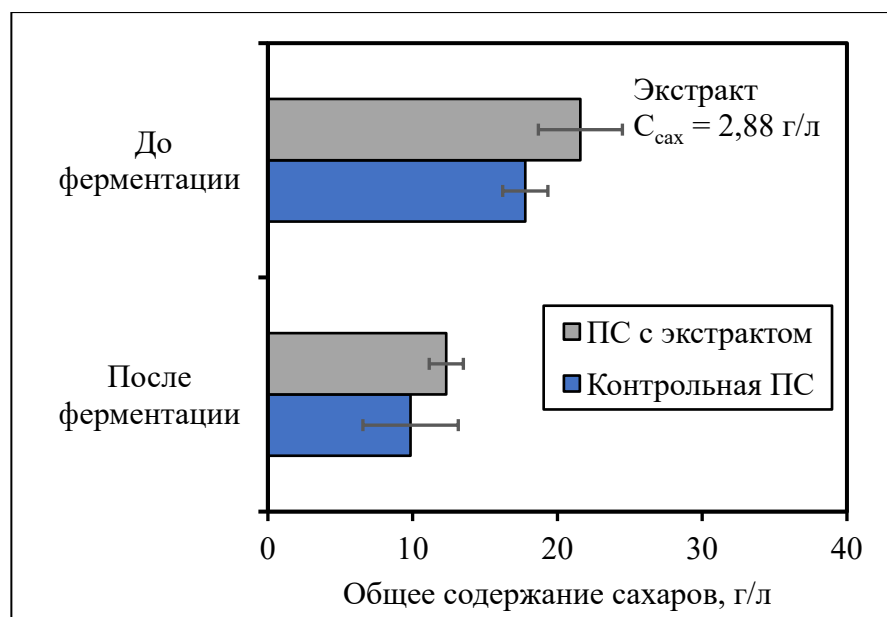
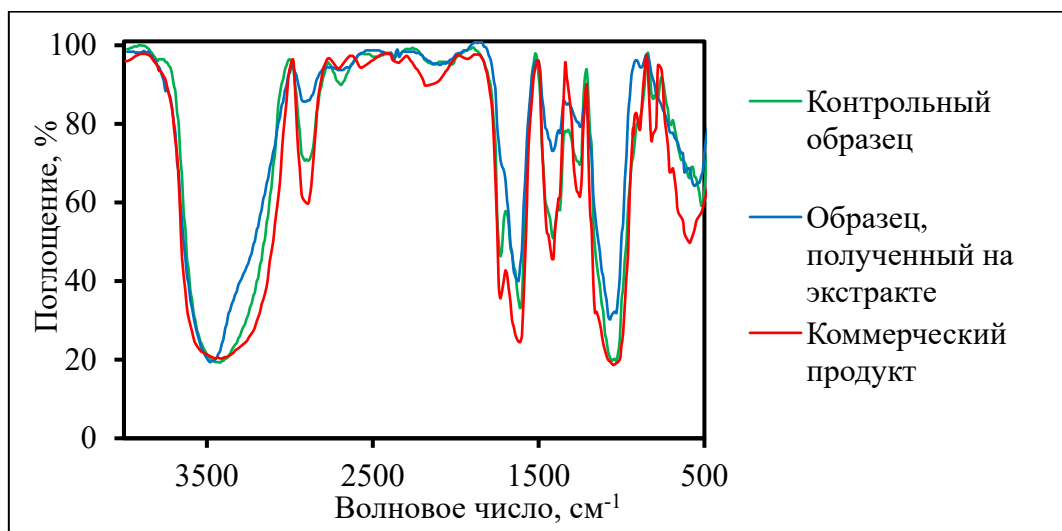


Рисунок 2. Содержание сахаров в питательной среде и культуральной жидкости

Таблица 1

Характеристика культуральной жидкости				
№	Питательная среда	рН	Содержание биомассы, г/л	Содержание ксантана, г/л
1	С экстрактом	6.18±0.03	4.18±1.78	2.70±0.65
2	Контрольная	5.99±0.12	2.10±0.18	1.93±0.53

Применение экстракта листьев редиса существенно не повлияло на структуру продукта – ксантановой камеди. Как видно из ИК спектров, все образцы имеют пики поглощения при одинаковых волновых числах, характерных для структуры молекулы ксантана (рис. 3). Наиболее важными полосами, зарегистрированными в диапазоне 4000–500 см<sup>-1</sup>, были сигналы: 3200–450 см<sup>-1</sup>, характерный для вторичной спиртовой группы –ОН; 2850–2950 см<sup>-1</sup>, характеризующий осевую деформацию С–Н, которая может быть вызвана поглощением симметричного и асимметричного растяжения СН<sub>3</sub> и СНО; 1710–1730 см<sup>-1</sup>, вызванный деформацией сложноэфирной группы, карбоновой кислоты, альдегидов и кетонов; 1530–1650 см<sup>-1</sup>, показывающий наличие С=О-енолов (-дикетонов); 1420–1430 см<sup>-1</sup>, указывающий на угол отклонения С–Н; и 1050–1150 см<sup>-1</sup>, указывающий на наличие в структуре связи С–О. На рис. 3 показано, что инфракрасные спектры полученных в ходе ферментации *X. campestris* образцов и коммерческого ксантана близки. Согласно этому результату, мы можем сделать вывод, что выделенный полисахарид имел те же спектральные характеристики, что и используемый стандарт.



**Рисунок 3.** ИК-спектры образцов ксантана

#### 4. Выводы

В ходе выполнения работы была изучена возможность использования водного экстракта листьев редиса в биотехнологии ксантана. Применение питательных сред с экстрактом увеличивает прирост биомассы и повышает выход продукта, при этом не влияя на структуру полисахарида. В дальнейшем планируется проведение исследований по определению состава экстракта, а также экспериментов по снижению количества вносимой глюкозы в среду с целью ее частичной замены на сахара, вносимые с экстрактом. Наличие в ботве свеклы ценных компонентов позволяет рассматривать этот отход как ценное сырье с низкой стоимостью для биоконверсии в продукты с добавленной стоимостью.

#### Библиографический список

1. Chai, K.F., Chen, W.N. (2023). Potential of food and agricultural wastes as sustainable medical materials for neural tissue engineering. *Current Opinion in Biomedical Engineering*, 100476..
2. Peng, X., Gilmore, S.P., O'Malley, M.A. (2016). Microbial communities for bioprocessing: lessons learned from nature. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 14, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2016.09.003>.
3. Kukreti, N., Kag, S., Kumar, P., Kataria, R. (2023). Potential of waste stream in conversion into sustainable metabolites: An overview and update. *Bioresource Technology Reports*, 22, Article 101502. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101502>.
4. Кузнецова, Н. А., Зинич, Л.В. (2021). Рециклинг растениеводческих отходов как фактор повышения эффективности деятельности сельскохозяйственных предприятий. *Бизнес. Образование. Право*, 1, 210-214. <https://doi.org/10.25683/VOLBI.2021.54.177>.
5. Ferreira, D.C.M, Santos, P.N., Santos, F.H., Molina, G., Pelissari, F.M. (2023). Sustainability approaches for agrowaste solution: Biodegradable packaging and microbial polysaccharides bio-production. *Science of The Total Environment*, 886, 163922. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163922>.
6. Demirci, A. S., Palabıyık, I., Apaydın, D., Mirik, M., & Gümüs, T. (2018). Xanthan gum biosynthesis using *Xanthomonas* isolates from waste bread: Process optimization and fermentation kinetics. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi:10.1016/j.lwt.2018.11.018>.
7. Gamba, M., Asllanaj, E., Raguindin, P.F., Glisic, M., Franco O.H., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Kern, H., Muka, T. (2021). Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 205-218. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.045>.
8. DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., Smith F. (1956). *Anal. Chem*, 28, 3, 350-356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>.



## СРАВНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ МЕТОДАМИ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ И РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Ильин Н.А.

*e-mail: nikolai-1996@mail.ru*

*Научный руководитель: докт.техн.наук, проф., академик РАН Чернуха И.М.*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Раман, спектроскопия, хроматография, масла*

### АННОТАЦИЯ

В стремлении к правильному питанию потребитель создал спрос на ассортимент полезной пищевой продукции, что влечет за собой необходимость усиленного контроля нутриентов, входящих в состав продукта. Одновременно, повышение спроса спровоцировало появление фальсификатов. В связи с этим, растет необходимость в быстрых методах идентификации. Одним из перспективных методов является Рамановская спектроскопия. В данной работе мы определили возможности этого метода в исследовании растительных масел и подтвердили его эффективность, сравнив с данными, полученными стандартизованным методом газовой хроматографии. Спектры обоих методов выделили кокосовое масло как содержащее в большей степени насыщенные жирные кислоты, в то время как виноградное, оливковое и льняное преимущественно имеют в составе ненасыщенные жирные кислоты. Среди последних оливковое масло в основном содержало мононенасыщенные жирные кислоты, в то время как виноградное и льняное – полиненасыщенные. Рамановскую спектроскопию целесообразно развивать и в других отраслях пищевой промышленности.

**Финансирование:** работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 21-76-20032

**Благодарности:** выражаем благодарность сотрудникам ВНИИТеК-филиал "ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН за оказанную помощь при проведении исследований методом газовой хроматографии.

## COMPARISON OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF VEGETABLE OILS BY GAS CHROMATOGRAPHY AND RAMAN SPECTROSCOPY

Ilyin N.A.

*e-mail: nikolai-1996@mail.ru*

*Supervisor of studies: Chernukha I.M.*

*V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *Raman, spectroscopy, chromatography, oils*

### ABSTRACT

In a striving to proper nutrition, the consumer has created a demand for a range of healthy food products, which entails the need for enhanced control of the nutrients included in the product. At the same time, the increase in demand has provoked the emergence of adulterated products. In this regard, the necessity in rapid identification methods is growing. One of the promising methods is Raman spectroscopy. In this work, we have determined the possibilities of this method in the study of vegetable oils and confirmed its effectiveness by comparing data obtained by the standard gas chromatography. The spectra of both methods highlighted coconut oil as containing more saturated fatty acids, while grape, olive, and linseed oil were predominantly unsaturated fatty acids. Among the latter, olive oil contained mainly monounsaturated fatty acids, while grape and linseed oils contained polyunsaturated fatty acids. Raman spectroscopy should be applied to other branches of the food industry as well.

**Funding:** the work is supported by the Russian Science Foundation, project 21-76-20032

**Acknowledgements:** we express our gratitude to the employees of VNIITEK-branch of the V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences for their assistance in conducting research using the gas chromatography method.

## 1. Введение

В наши дни остро встает вопрос правильного и сбалансированного питания. Это приводит к расширению потребительского рациона, в частности рост употребления растительных масел различного происхождения. Повышение спроса ведет за собой увеличение разнообразия товаров на полках магазинов. Неизбежны фальсификации при большой конкуренции на рынке, которые необходимо вовремя обнаружить и предотвратить. Быстрые и точные методы для таких целей уже разработаны. Метод газовой хроматографии уже сейчас способен дать необходимые данные. Однако, он требует использование токсичных реактивов и длительную пробоподготовку. Одним из перспективных методов для изучения жирнокислотного состава биологических тканей является спектроскопия комбинационного рассеяния света или Рамановская спектроскопия [1].

**Цель работы:** определить возможности Рамановской спектроскопии в исследованиях образцов растительных масел и подтвердить его эффективность.

Для достижения цели нам будет необходимо изучить различные образцы растительных масел методами газовой хроматографии и Рамановской спектроскопии, проанализировать полученные данные и сравнить результаты.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования были растительные масла, изготовленные из различного сырья:

- Виноградное масло (нерафинированное, изготовитель ООО «Коноплекс Продукты Питания» Россия, Пензенская обл.)
- Кокосовое масло (изготовитель ООО «КОКОСОВЫЙ ДЕНЬ» Россия, Тверская обл.)
- Льняное масло (нерафинированное, изготовитель ООО «Коноплекс Продукты Питания» Россия, Пензенская обл.)
- Оливковое масло (изготовитель ACEITES DEL SUR-COOSUR S.A., Испания, г. Севилья)

### *Газовая хроматография*

Метод газохроматографического анализа проводился по ГОСТ 30623-2018 [2]. Из анализируемой пробы отбирали 0,1 см<sup>3</sup> масла и растворяли в 5 см<sup>3</sup> гексана. В полученный раствор добавили 0,04 см<sup>3</sup> метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/см<sup>3</sup>. Затем интенсивно перемешивали в течении 2 мин, реакционную смесь центрифугировали в течении 15 мин при температуре 4°C. Верхний слой анализировали на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» с пламенно-ионизационном детекторе. Использовали капиллярную колонку 60 м × 0,25 мм, 0,2 мкм, Supelco 28927-U, температура колонки 110°C в течение 5 минут, далее увеличивалась на 4°C /мин до 250°C и выдерживалась 10 минут, температура детектора 260°C. Газ-носитель – азот, скорость потока 20 мл/мин.

В качестве внутреннего стандарта служили наборы жирных кислот и их метиловые эфиры, производимые фирмой «Supelco» (США). Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили, сравнивая время удерживания и значение «углеродных чисел» со стандартными.

### *Рамановская спектроскопия*

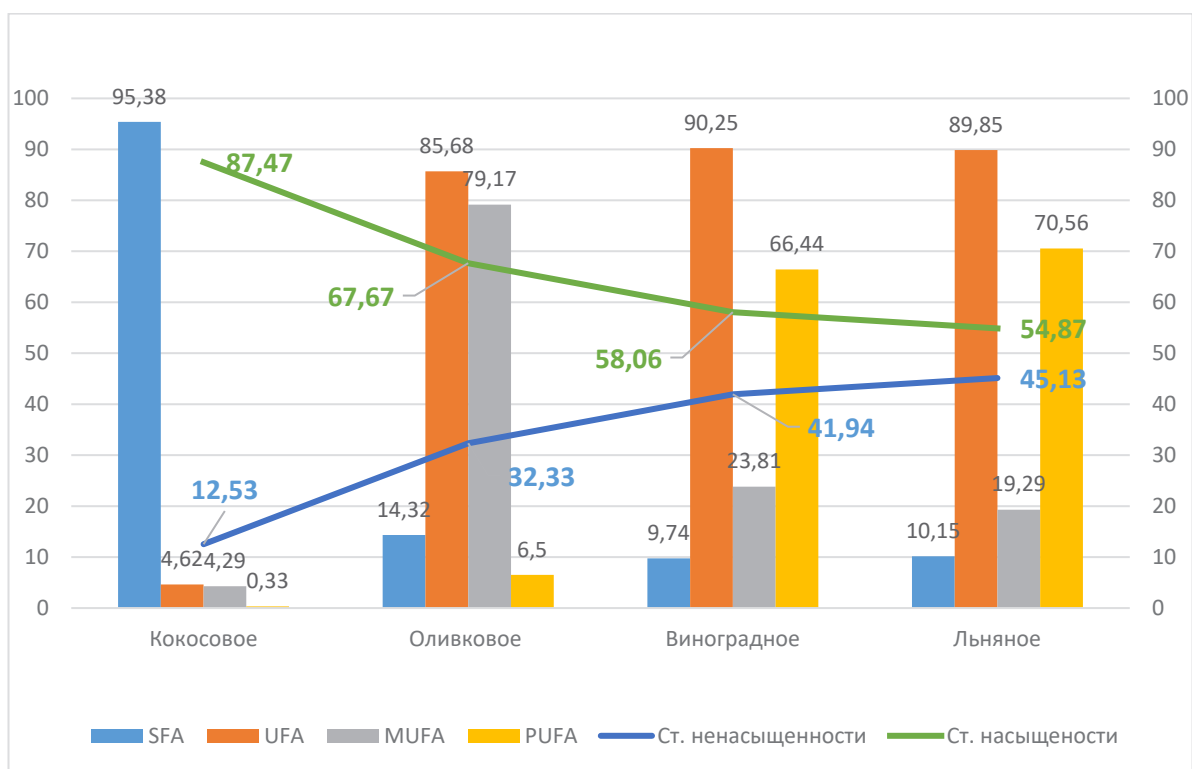
Образцы отстаивались до приобретения комнатной температуры. Затем, их переливали на предметные стекла с углублением, полностью обернутые в алюминиевую фольгу.

Исследование проводилось на конфокальном спектрокопе InVia Raman (Renishaw, UK) [3].

Расчеты корреляции проводились с помощью пакета программ Microsoft Office.

## 3. Результаты и обсуждение

Данные, полученные методом газовой хроматографии, о составе жирных кислот и их концентрации в анализируемых образцах были сгруппированы в зависимости от степени насыщения жирных кислот (насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты) для каждого образца масла и представлены на Рисунке 1.

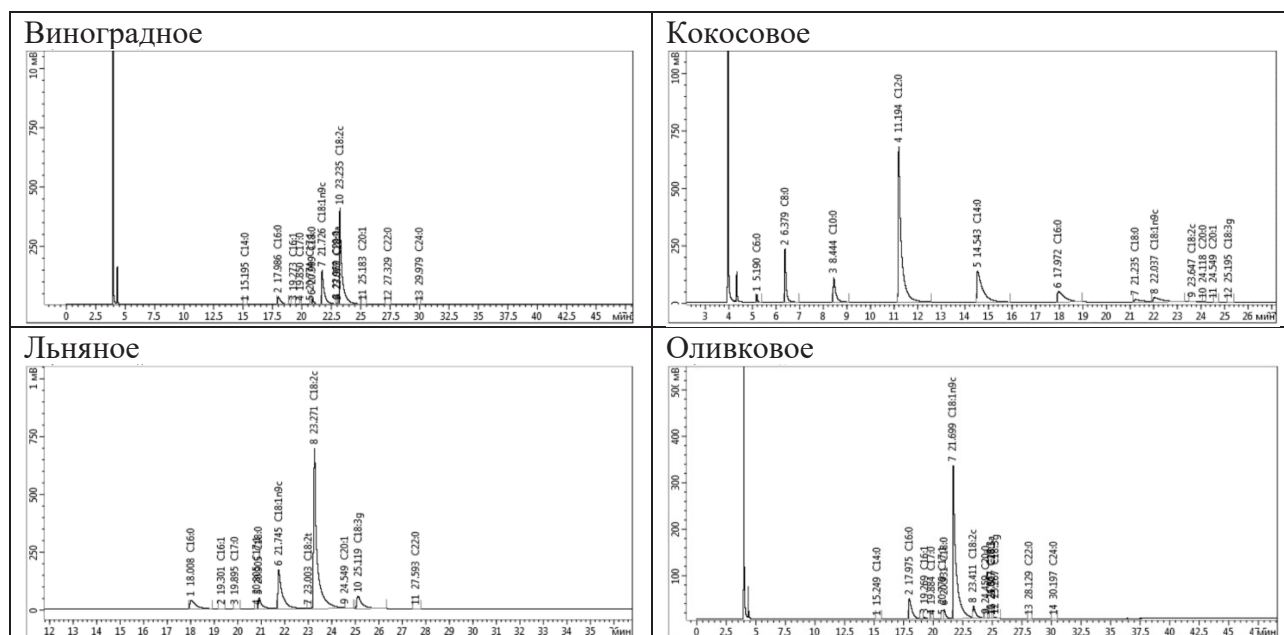


**Рисунок 1.** Степень насыщенности и ненасыщенности растительных масел и концентрации содержащихся в них групп жирных кислот.

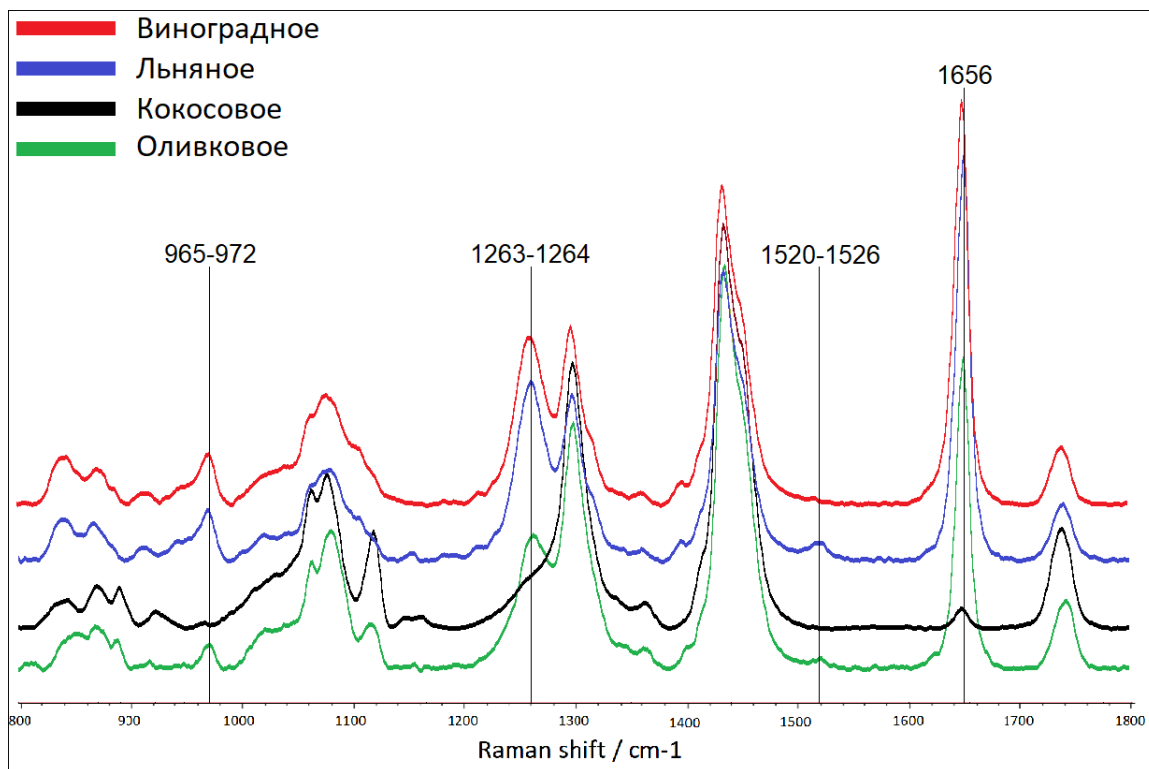
При сравнении жирнокислотного состава образцов особенно выделяется кокосовое масло, так как содержит наибольшее количество насыщенных жирных кислот (95.38%), оставшуюся же часть состава почти целиком занимают мононенасыщенные (4.29%). Оливковое масло, напротив, имело большее содержание мононенасыщенных жирных кислот (79.17%). Оставшиеся образцы (виноградное и льняное масло) имели наибольшее содержание полиненасыщенных кислот (60.44% и 70.56% соответственно).

Данные, полученные с помощью Рамановской спектроскопии также подтверждают. Кокосовое масло преобладает над остальными по процентному содержанию насыщенных жирных кислот (87.47%), а виноградное и оливковое наоборот, имеют наибольшую долю ненасыщенных жирных кислот (58.06% и 67.67% соответственно). Льняное масло все также не сильно уступает последним по ненасыщенности (54.87%).

Полученные данные хорошо визуализированы на спектрах (рис. 2. и рис. 3.).



**Рисунок 2.** Спектры растительных масел, полученные методом газовой хроматографии.



**Рисунок 3.** Спектры растительных масел, полученные методом Рамановской спектроскопии.

Видно, что пики, отмеченные на Рамановском спектре (965–972, 1263–1264, 1520–1526, 1656), преобладают в виноградном и льняном масле, а также в меньшей степени в оливковом. В кокосовом масле они слабо выражены или отсутствуют вовсе. Именно эти пики отвечают за ненасыщенные связи [4-7].

Корреляция между данными обоих методов по насыщенным и ненасыщенными жирным кислотам отдельно составляет 0,95, если же учитывать обе группы жирных кислот, то 0,16.

#### 4. Выводы

Рамановская спектроскопия подтвердила свою пригодность при работе с растительными маслами. Это - неинвазивный, бесконтактный, неразрушающий метод исследований, обладает высокой селективностью и большим объемом получаемой информации. Для выполнения метода требуется минимальная пробоподготовка, нет дорогих реактивов, время проведения анализа – около 15 мин. В отличие от ГХ, где используется большое число реагентов, а время выполнения анализа, включая пробоподготовку, составляет более часа.

Данный метод целесообразно развивать и в других отраслях пищевой промышленности для исследования жировой составляющей моно- и поликомпонентных продуктов.

Все это еще на шаг приблизит нас к лучшему контролю за качеством пищевых продуктов, а значит и к здоровой конкуренции производителей и улучшению состояния здоровья потребителей.

#### Библиографический список

1. Pchelkina, V.A., Chernukha, I.M., Fedulova, L.V., Ilyin, N.A. (2022). Raman spectroscopic techniques for meat analysis: A review. *Theory and Practice of Meat Processing*, 7(2), 97-111. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2022-7-2-97-111>
2. ГОСТ 30623-2018 «Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы». – М.: Стандартинформ, 2018. – 20 с.
3. Chernukha, I.M., Kotenkova, E.A., Pchelkina, V.A., Ilyin, N.A., Utyanov, D.A., Kasimova, T.V., Surzhik, A.V., Fedulova, L.V. (2023). Pork Fat and Meat: A Balance between Consumer Expectations and Nutrient Composition of Four Pig Breeds. *Foods*, 12(4), 690. <https://doi.org/10.3390/foods12040690>
4. Peipei, F., Hongpeng, W., Xiong, W. (2022). Olive oil authentication based on quantitative  $\beta$ -carotene Raman spectra detection. *Food Chemistry*, 397, Article 133763. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133763>

5. Rafael, C. Castro, Ribeiro David, S.M., Santos João, L.M., Páscoa Ricardo, N.M.J. (2022). The use of in-situ Raman spectroscopy to monitor at real time the quality of different types of edible oils under frying conditions. *Food Control*, 136, Article 108879. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108879>
6. Sanoop, P., Bini, A., Nandu, A., Arun, M., Karuvath, Y. (2022). Rapid Iodine Value Estimation Using a Handheld Raman Spectrometer for On-Site, Reagent-Free Authentication of Edible Oils. *ACS Omega*, 7(11), 9164–9171. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05123>
7. Hefei, Z., Yinglun, Z., Zheng, X., Joshua, J.N., Yuzhen, Z., Robert, P., Changmou, X. (2022). The application of machine-learning and Raman spectroscopy for the rapid detection of edible oils type and adulteration. *Food Chemistry*, 373 (B), Article 131471. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131471>



## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СЕНСОРНОЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНОГО БАТОНЧИКА

**Кабаева К.М.**

*e-mail: asenova1958@mail.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук., проф. Асенова Б.К.*

*НАО «Университет имени Шакарима города Семей», г. Семей, Казахстан.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** современные технологии, мясной батончик, сенсорная оценка, методики, сенсорный анализ, новые методики и методологии

### АННОТАЦИЯ

Цель статьи - были проведены исследования литературных источников с целью оптимизации процентного соотношения ингредиентов, используемых для приготовления продукта мясного батончика, готового к использованию и приготовлению. Для разработки экспериментальных комбинаций использовался метод Центрального композиционного кругового проектирования. Основными видами продукции считаются куриное филе, порошок тыквенного помора и порошок тыквенных семечек, порошок крыжовника, специи (в том числе натуральные специи). Исходя из плана эксперимента, из 35 г/100 г куриной грудки было получено 25 г/100 г специй, процент белка 140 кг/см<sup>2</sup>, 25 г / 100 г порошка крыжовника, твердость 21,8 Н И общий показатель пригодности при 10-процентном тестировании был рассчитан по гедонической шкале в  $9,3 \pm 0,3$  балла. На 100 г продукта приходится 386 ккал энергии.

## DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR SENSORY EVALUATION OF MEAT BAR PRODUCTION

**Kabaeva K.M.**

*e-mail: asenova1958@mail.ru*

*Scientific supervisor: Asenova B.K.*

*NAO «Shakarim University of Semey», Semey, Kazakhstan.*

**KEYWORDS:** modern technologies, meat bar, sensory assessment, techniques, sensory analysis, new techniques and methodologies

### ANNOTATION

The purpose of the article is to conduct research of literary sources in order to optimize the percentage of ingredients used to prepare a meat bar product ready for use and preparation. The method of Central Composite Circular Design was used to develop experimental combinations. The main types of products are chicken fillet, pumpkin powder and pumpkin seed powder, gooseberry powder, spices (including natural spices). Based on the experimental plan, from 35 g/100 g of chicken meat, 25 g/100 g of binders, rational substances were obtained with a percentage of protein under pressure of 140 kg/cm<sup>2</sup>, 25/ 100 g of gooseberry powder with a hardness of 21.8 N and with 10% testing, the overall fitness index was calculated on a hedonic scale of  $9.3 \pm 0.3$  points. Gives 386 kcal of energy per 100g of product.

### 1. Введение

Функциональные продукты играют важную роль в укреплении здоровья человека, и в последнее время они претерпели значительные изменения. С изменением образа жизни потребителей внимание к качеству и безопасности становится важным критерием в случае мяса и мясных продуктов. Обеспечение длительной стабильности при хранении за счет защиты от физико-химических, микробиологических и сенсорных изменений имело решающее значение для разработки качественных и удобных продуктов в мясной промышленности. В настоящее время потребители нуждаются в потреблении большего количества продуктов с полезными и функциональными компонентами, которые могут удовлетворить самые необходимые требования. Создание энергетических батончиков, которые являются быстрым источником высококалорийного питания и могут с комфортом заменить обычные продукты, становится все

более важным в пищевой промышленности. Эти батончики можно приготовить, сбалансировав содержание макроэлементов в злаках, мясе, овощах, и они предназначены для людей, которым удобно быстро получать энергию. Энергетические батончики-это удобные портативные закуски, которые можно хранить в холодильнике и не нужно готовить. Снеки предназначены для обеспечения детей и подростков школьного возраста источником энергии во время тренировок, в процессе обучения, а также при движении тела [1].

Есть несколько исследований, связанных с разработкой цельнозерновых продуктов и протеиновых батончиков из веганских источников, поскольку такой литературы о невеганских протеиновых батончиках с пищевыми добавками очень мало. Мясо является хорошим источником белка, витаминов и минералов, которые могут восполнить хорошую энергию. Снеки (бары) обычно представляют собой многокомпонентные гетерогенные системы и могут претерпевать несколько изменений в процессе транспортировки и хранения с точки зрения физико-химических, микробиологических и сенсорных характеристик. Вот почему стандартизация ингредиентов имеет решающее значение для получения высококачественных результатов при разработке прессованных батончиков. Все используемые типы процессов играют важную роль в формировании текстурных свойств и должны соответствовать ингредиентам и связующим. Самая большая проблема при приготовлении хорошего мяса-это сочетание макро-и микроэлементов, а также нескольких ингредиентов, которые могут обеспечить функциональность, чтобы получить связующие вещества с их вкусом, текстурой и достойным внешним видом. Проблема разработки продукта в основном заключается в оптимизации ингредиентов. Таким образом, в этом исследовании определение оптимальных уровней основных ингредиентов было взято в качестве переменных, а зависимые факторы-в ответ на поиск лучшей формулы [2].

В этой методике оптимальный ответ достигается за счет использования последовательности экспериментов. При таком подходе данные используются для математических и статистических методов для построения эмпирической модели. Вот различные независимые переменные (входные переменные) для оптимизации реакции (выходная переменная), на которую влияют эксперименты. Эксперимент обычно проводится в виде серии тестов, в которых входные переменные обычно называют «пробег», которые изменяют объяснение причин изменения выходной реакции. Методология поверхности отклика изначально был введен для моделирования экспериментальные ответы. В будущем он будет распространен и цифровые эксперименты. Внедрение ЦКС было главным таким образом направлен на замену других дорогостоящих аналитических методов (например, метод конечных элементов Центрального факторного анализа проектирования) и с ними связан цифровой шум. Преимущества использования методология поверхности отклика для оптимизации дизайна были рассмотрены приложения. Использование центральных композитных структур (ЦКС) модель второго порядка был эффективно сконструирован. Конструкция первого порядка (2N), дополнительный центр и осевые точки, которые позволяют оценивать параметры модели второго порядка. Сенсорный анализ играет важную роль в развитии и является рецептурой продукта с хорошими органолептическими свойствами. Здесь физиологические и психологические приемы используются для оценки продуктов. Оценка основана на гедонические шкалы обычно выполняются подготовленными и неподготовленными участниками и наилучшие результаты обычно достигаются без подготовки участники. Таким образом, были проведены исследования приготовления батончиков на основе мяса с качественными характеристиками по составлению комбинации ингредиентов и связующих веществ [3].

## **2. Материалы и методы**

### **2.1 Выбор и подготовка сырья**

Куриная грудка была выбрана необходимой для исследования. Куриная грудка делится на однородные и неоднородные части.

### **2.2 Химические вещества и реагенты**

В исследовании использовались качественные реагенты и химические вещества, расположенные в университетской лаборатории.

### **2.3 Экспериментальная часть**

Схема экспериментов по приготовлению мясных снеков или батончиков из курицы, обогащенных белком, представлена в таблице 1. Факторная конструкция с 17 экспериментальными наборами состояла из семи факторных точек, шести центральных точек и семи осевых точек 14. в модель были включены переменные с важным уровнем полиномиальной регрессии  $p < 0,05$ , а коэффициент детерминации ( $R^2$ ) был разработан для определения точности. Используя значения каждой независимой переменной для максимального квадратичного ответа, поверхности ответов были созданы из полиномиального уравнения второго порядка 15 [4].

Линейное уравнение первого порядка (1)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i$$

Многосторонний Eqn второго порядка (2)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=j=1}^n \beta_{ij} x_i x_j$$

где 0 - значение подобранного отклика в центральной точке конструкции, т.е. точка (0,0,0) в случае бараньего порошка, связующего и приложенного давления;  $i$ ,  $ii$  и  $ij$  были линейными, квадратичными и коэффициентами регрессии перекрестного произведения (эффекта взаимодействия) соответственно, а  $n$  обозначало число из независимых переменных.

#### 2.4 Анализ текстурного профиля

С точки зрения жесткости, текстурные характеристики продукта определялись соответствующим образом путем анализа текстуры [5].

#### 2.5 Сенсорная оценка

Образцы оценивались с использованием 9-балльной гедонистической шкалы по сенсорным характеристикам 13 полупрофессиональных участников дискуссии (9 - очень нравится, 1-очень не нравится). На основании этих исследований можно оценить общую пригодность продукта.

#### 2.6 Предварительный анализ продукта

Физико-химические свойства оптимизированной куриной грудки определялись по влажности, белкам, жирам, углеводам и зольности.

#### 2.7 Статистический анализ

Данные, полученные в результате анализа, были подвергнуты дисперсионному анализу и многодиапазонному тесту Дункана, чтобы определить статистическую значимость методов лечения, и при  $p < 0,05$  важность рассматривалась в соответствии с данными онлайн-результатов [6].

### 3. Результаты и обсуждение

Проектирование экспериментальных комбинаций для приготовления куриных батончиков осуществлялось с применением центральной композитной вращающейся конструкции (ЦКВК). При таком подходе к проектированию были выбраны следующие параметры: плотность, твердость и процентное содержание белка. Сенсорные характеристики пищевого продукта были критериями для определения общей приемлемости продукта [7].

Экспериментальные диапазоны и уровни независимых переменных с точки зрения фактических и закодированных факторов, а также схема эксперимента с переменными и ответами приведены в таблице 1. Полиномиальное уравнение второго порядка было составлено с использованием результатов, полученных в Central composite design. Регрессионный анализ всех трех ответов, таких как плотность, твердость и белок, был проведен путем подгонки квадратичной (плотность и твердость) и линейной модели (белок). Был рассчитан дисперсионный анализ, и статистические данные модели для всех ответов были приведены в таблице 2. Такие ответы, как плотность, твердость, оказались весьма значимыми ( $p < 0,05$ ) и соответствовали квадратичной модели, тогда как другие ответы, т.е. уровни белка, оказались значимыми и соответствовали линейной модели. Статистическая значимость была установлена при  $p < 0,05$ .

## Дизайн эксперимента по разработке батончика, обогащенного белком

№	Факторы			Ответы		
	Тыквенная крошка, тыквенные семечки и порошок крыжовника (г/100 г)	Специи натуральные (г/100 г)	Приложенное давление (кг/см <sup>2</sup> )	Твердость (N)	Плотность	Белок (г/100 г)
1	45,00	5	142,00	20,9	8,6	35
2	65,00	3	124,00	18,6	7,2	53,6
3	45,00	5	111,73	16,6	7,6	34,4
4	65,00	3	142,00	26,0	6,8	52,7
5	78,64	5	142,00	20,5	6,8	56,6
6	25,00	7	160,00	23	7,2	19,2
7	45,00	5	142,00	20,9	8,5	35
8	25,00	3	124,00	19,2	6,3	19,2
9	45,00	5	160,00	23	6,9	52,7
10	45,00	5	172,27	24,5	8,0	36,1

Влияние вариаций уровней независимых переменных на три реакции было изображено в виде трехмерных графиков реакции в виде уровней твердости, плотности и белка соответственно. Из этих рисунков было замечено, что уровни добавления бараньего порошка, за которыми следуют уровни связующего и приложенного давления, оказывают большее влияние на желательность и плотность, тогда как добавление связующего и уровни приложенного давления показали более высокое влияние на твердость и содержание белка в курином батончике [8].

Ответы были оптимизированы с помощью программного обеспечения Design Expert версии 6. Оптимизация уровней независимых переменных (бараньего порошка, связующих веществ и приложенного давления) была достигнута на основе максимизации показателей (плотность, твердость и содержание белка), а в качестве оптимизированных уровней ингредиентов были взяты подходящие по желательности ингредиенты. Из этого дизайна было выбрано лучшее из подходящих по желательности - оптимизированное содержание ингредиентов. Оптимальными параметрами для куриного батончика являются порошок баранины (45 г/100 г), связующее вещество (5 г/100 г) и приложенное давление (142 кг/см<sup>2</sup>), а также показатели плотность (8,6), твердости (20,9 Н) и белка (35 г/100 г). При разработке продукта были использованы оптимизированные уровни переменных, а полученные ответы были оценены и проанализированы с учетом прогнозируемых значений. Результаты показали сходство прогнозируемых и фактических значений, и, следовательно, для разработки продукта были рекомендованы оптимизированные уровни ингредиентов [9].

#### 4. Выводы

Исследования показали целесообразность использования в качестве основных ингредиентов для приготовления мясных батончиков в качестве основы порошка тыквенной мягкости, порошка тыквенных семечек, измельченного порошка и специй. Оптимизация приложенного давления очень важна для получения оптимальных текстурных характеристик и сенсорных свойств. ЦКС может быть успешно использован для оптимизации ингредиентов для придания продукту лучших качественных характеристик. Было обнаружено, что 45 г/100 г тыквенных крошек, тыквенных семечек и порошка крыжовника, 5 г/100 г связующего вещества и приложенное давление 142 кг / см<sup>2</sup> идеально подходят для получения хороших физических свойств и продукта с высоким содержанием белка в дополнение к хорошему вкусу. Этот тип продукта удобен для хранения в холодильнике, портативен, универсален, не требует дополнительного приготовления. Он предназначен для передачи энергии во время тренировки или умственного труда во время учебы и экзаменов, а также во время движения, а также в

критические моменты. Эти удобные, богатые белком батончики будут иметь большой потенциал для профессионально - ориентированных целей для детей школьного возраста и подростков.

### Библиографический список

1. М.Б. Ребезов, О.В. Богатова. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов: учебное пособие – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – Ч. 2. –133 с.

2. Семенова А. А., Насонова В. В., Минаев М. Ю., Кровопусков Д. Е., Рогатин А. И. Роль стартовых культур в производстве сырокопченых и сыровяленых колбас. Все о мясе. 2012. № 3. 13–19 с.

3. Алимарданова М. К. Балалар тамактану өнімдерінің технологиясы: оқулық / Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі. Алматы : Альманах, 2016. - 180 б. - Әдебиет.: б. 271 – 272.

4. Антипова Л.В. Современные технологии ферментированных мясных продуктов. Журнал «Пищевая биотехнология». 2015, №3, 103-111 с.

5. Соловьева А. А., Зинина О. В., Ребезов М. Б., Лакеева М. Л. Современное состояние и перспективы использования стартовых культур в мясной промышленности. Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 10. № 1. 84–88 с.

6. Асенова Б.К., Окусханова Э.К., Ребезов М.Б., Игенбаев А.К., Суйчинов А.К. Исследование функционально - технологических свойств, химического состава и микроструктуры мяса сельскохозяйственных животных и птицы. Вестник АТУ Алматы №2 (78),2017, стр.115 – 118.

7. Патент РФ RUS 2470529 07.07.2011 на изобретение. Способ изготовления мясных снеков (варианты). / Хайруллин М.Ф., Ребезов М.Б., Лукин А.А., Зинина О.В., Наумова Н.Л., Лакеева М.Л., Максимюк Н.Н., Дуць А.О., Ребезов Я.М.

8. Патент РФ RUS 2470529 07.07.2011 на изобретение. Способ изготовления мясных снеков (варианты). / Хайруллин М.Ф., Ребезов М.Б., Лукин А.А., Зинина О.В., Наумова Н.Л., Лакеева М.Л., Максимюк Н.Н., Дуць А.О., Ребезов Я.М. *Ссылка Технический регламент.*

9. ТР ТС 021 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 года), принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880.



## ТЕХНОЛОГИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МАКАРОННОГО ТЕСТА

Каверина Ю.Е.\* , Торопцев В.В.

\*e-mail: man6630@rgau-msha.ru

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Мартеха А.Н.*

*Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *трехмерная печать, тесто, экструзия, реология*

### АННОТАЦИЯ

Персонализированное питание является растущей тенденцией потребления продуктов питания. Особый интерес представляет технология трехмерной печати пищевых продуктов, обладающая огромным потенциалом. Целью настоящего исследования являлась разработка пищевого материала, применимого для экструзионной 3D-печати, на основе пшеницы, обладающего структурными свойствами крахмала и белков при одновременном нагревании и деформациях сдвига. В качестве объекта исследования использовалось макаронное тесто влажностью 65 %, которое заполнялось в картридж (шприц объемом 60 мл), установленный в пищевой 3D-принтер. Печать выполнялась при температуре 25 °С со скоростью 5 мм/с. Были исследованы реологические свойства полученного материала, что позволило сделать выводы о его пригодности для печати. Напечатанный объект, в сравнении с соответствующей моделью, имел отклонения размеров в пределах от 0 до  $\pm 17\%$  по длине или высоте, что позволяло считать их качество удовлетворительным, учитывая сложность печатной структуры.

## 3D PRINTING TECHNOLOGY OF PASTA DOUGH

Kaverina Yu.E.\* , Toroptsev V.V.

\*e-mail: man6630@rgau-msha.ru

*Supervisor of studies: Martekha A.N.*

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *three-dimensional printing, dough, extrusion, rheology*

### ABSTRACT

Personalized nutrition is a growing trend in food consumption. Of particular interest is the technology of three-dimensional printing of food products, which has great potential. The aim of this study was to develop a wheat-based food material suitable for extrusion 3D printing, which has the structural properties of starch and proteins while heating and shearing. As an object of study, pasta dough with a moisture content of 65% was used, which was filled into a cartridge (syringe with a volume of 60 ml) installed in a food 3D printer. Printing was performed at a temperature of 25 °C at a speed of 5 mm/s. The rheological properties of the resulting material were studied, which made it possible to draw conclusions about its suitability for printing. The printed object, in comparison with the corresponding model, had dimensional deviations ranging from 0 to  $\pm 17\%$  in length or height, which made it possible to consider their quality as satisfactory, given the complexity of the printed structure.

### 1. Введение

В последние годы персонализированное питание является растущей тенденцией потребления продуктов питания в России и за рубежом. Люди, проявляющие интерес к персонализированному питанию, стараются подобрать подходящую диету и продукты, соответствующие их личным потребностям, физиологии, ценностям, социальному кругу и т. п.

Особый интерес представляет технология трехмерной печати пищевых продуктов, обладающая огромным потенциалом для объединения преимуществ блюд домашней кухни и персонализированной еды. В настоящее время пшеничная мука является одним из перспективных материалов для трехмерной печати, из-за ее способности связывать воду, и способности белков муки взаимодействовать между собой и образовывать вязкоэластичные глютеиновые сети [1].

Пшеничный крахмал является хорошо известным пищевым текстурирующим агентом и основным компонентом пшеничной муки (от 70 до 80% СВ). Пшеничный крахмал состоит из полимеров глюкозы, амилозы и амилопектина, организованных в полукристаллическую структуру в гранулах нативного крахмала. При термической обработке в присутствии воды крахмал поглощает влагу из окружающей среды, теряет свою полукристаллическую структуру и клейстеризуется [2,3].

Влияние состава пшеничного теста на пригодность его для трехмерной печати, после добавления текстуризаторов, сахара и жира, было изучено несколькими авторами [4,5]. Известно, что добавление сахарозы и жира снижает вязкость и эластичность теста при комнатной температуре [6]. В зависимости от состава теста, добавление сахара при нагревании влияет на кинетику клейстеризации крахмала и препятствует набуханию гранул до достижения более высоких температур. В этом же процессе объемная доля гранул крахмала может различаться в зависимости от концентрации сахарозы и, следовательно, изменять свойства разогретого теста.

Структуру теста, слои которого подвергаются сдвигу при одновременном нагреве, можно сравнить с системой плотноупакованных частиц, слипающихся из-за денатурированных белков на их поверхности, деформируемость которой обусловлена свойствами клейстеризованных гранул крахмала и особенностями кристаллической решетки белков клейковины. Действительно, частицы, входящие в состав концентрированных пищевых суспензий, таких как крахмальная паста или овощное пюре, могут подвергаться деформации, что не отмечалось ранее [7].

Целью настоящего исследования являлась разработка пищевого материала, применимого для экструзионной 3D-печати, на основе пшеницы, обладающего структурными свойствами крахмала и белков при одновременном нагревании и деформациях сдвига.

## **2. Материалы и методы**

### *Приготовление теста*

Материалы для трехмерной печати были получены путем смешивания муки из твердых сортов пшеницы (Molino Grassi, Италия) и воды с добавлением товарного сахара (сахарозы). В качестве эталона было выбрано тесто влажностью 65%. Такое содержание воды позволило после нагревания получить вязкость, достижимую в лабораторных условиях. Таким образом, для приготовления 600 г этого теста необходимо 204,6 г муки, 359,4 г воды и 36 г сахара.

Тесто для печати приготавливались в планетарном смесителе при комнатной температуре и частоте вращения рабочего органа около 120 об/мин, а затем подвергаются термомеханической обработке в термомиксере (Thermomix TM6, Vorwerk, Германия).

Порция теста массой 600 г помещалась в термомиксер и перемешивалась при 100 об/мин в течение 15 минут при повышении температуры от 25 °С до 85 °С. Подвод тепла при этом обеспечивался нагревательными резисторами, расположенными в нижней части чаши, а общая площадь поверхности нагрева составляла 0,05 м<sup>2</sup>.

После обработки смеси картриджи для печати, представляющие собой шприцы объемом 60 мл (B. Braun Omnifix, Германия), заполнялись приготовленным тестом, запечатывались и затем охлаждались в течение 1 ч до температуры 25 °С.

### *Реологический анализ*

Реологию обработанного теста при больших деформациях исследовали методом обратной экструзии в анализаторе текстуры «Структурометр СТ-2» производства ООО «Лаборатория качества», Россия. Порцию материала массой около 35 г, помещали внутрь пластиковых пробирок объемом 40 мл и сжимали поршнем (кольцевой зазор 1,5 мм) со скоростью 1 мм/с на глубину 35 мм. Пробирки заполняли горячим обработанным тестом, и охлаждали до комнатной температуры. Нормальная сила сопротивления потоку в кольцевом зазоре определялась как среднее значение между показателями, достигнутыми при глубине проникновения в образец 10 и 20 мм соответственно, отмеченными на стадии протекания процесса, соответствующей плато во всех образцах [8].

Исследования зависимости эффективной вязкости теста от температуры проводили на ротационном вискозиметре Брукфильда DV3T. Во время температурных испытаний образцы теста нагревали от 25 °С до 85 °С. Измерения проводились в трех экземплярах по меньшей мере на двух разных продуктах.

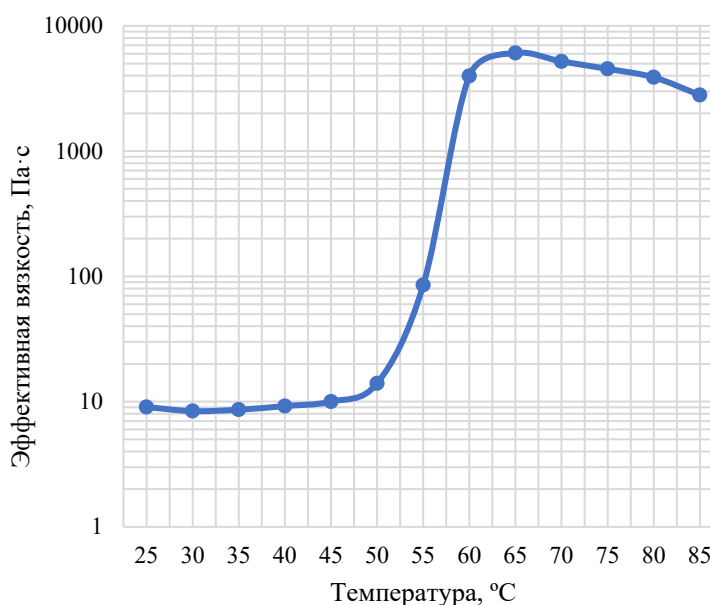
### *Процесс трехмерной печати*

Обработанное тесто использовалось для заполнения картриджа (шприц объемом 60 мл), который был установлен в пищевой 3D-принтер, прототипом которого являлось устройство,

разработанное компанией Ирвин (Россия). Процесс печати заключался в экструзии материала, находящегося в картридже, с помощью поршня. Шприц закреплялся вертикально на оси принтера, параллельно печатной подложке, а при печати он перемещался по осям X и Y, в то время как печатаемый слой перемещался перпендикулярно оси X и вертикальном направлении (ось Z). Поршень перемещался внутри картриджа, имеющего небольшую конусность в направлении выхода материала. Таким образом, дно поршня имело чуть больший диаметр, чем торцевая стенка картриджа. Минимальная ширина слоя печати была обусловлена диаметром наконечника шприца и составляла 1,7 мм. Модели, предназначенные для печати, были разработаны в Компас-3D (программное обеспечение компании Ascon, Россия). Траектория движения сопла принтера в формате g-code была получена при помощи программы Repetier-Host (версия 2.1.6, Hot-World GmbH & Co. KG), использовавшей созданную трехмерную модель с учетом настроек принтера и параметров используемых материалов. Высота нанесенного слоя составляла 1,2 мм, а ширина – 1,7 мм. Высота слоя была уменьшена для увеличения адгезии между слоями и разрешения печати. Печать выполнялась при температуре 25 °С со скоростью 5 мм/с (для стенок и заполняющих слоев). Фотографии полученного объекта были сделаны после завершения процесса печати. Размеры объекта определялись с помощью штангенциркуля (Rexant, абсолютный цифровой формат) непосредственно после завершения печати и через промежуток времени, равный 5 мин. Печать считалась качественной, если экструдированный слой образовывал непрерывную гладкую линию, и при этом размеры объекта были идентичны размерам цифровой модели (с допуском отклонения менее  $\pm 20\%$ , учитывая сложность печатных структур), а структура напечатанного изделия оставалась неизменной в течение 5 мин.

### 3. Результаты и обсуждение

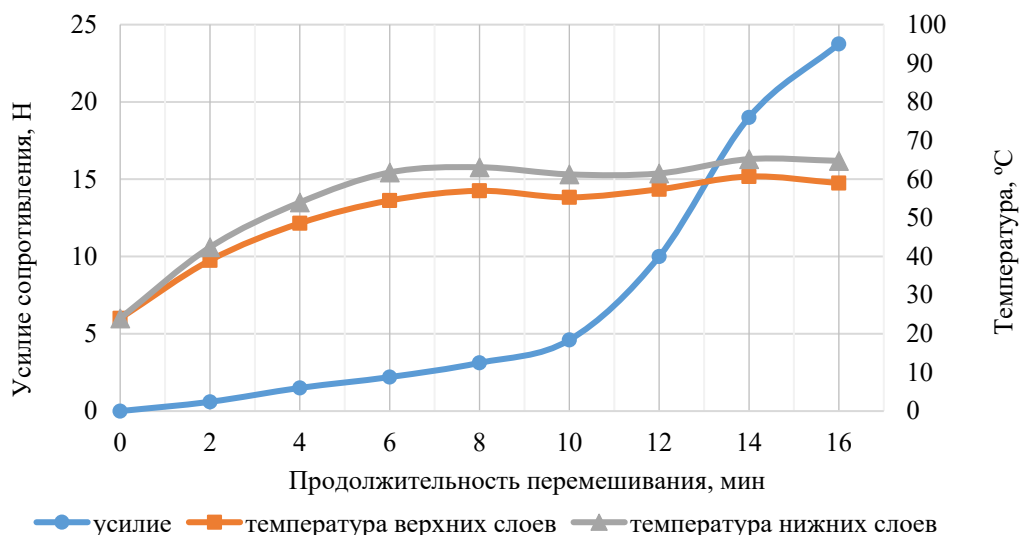
На рис. 1 показаны изменения эффективной вязкости теста с влажностью 65% в зависимости от температуры. Вязкость немного снизилась с 25 °С до 40 °С, вероятнее всего, из-за эффекта термического перемешивания. Затем, между 55 °С и 65 °С, вязкость резко увеличилась до 4000 Па·с, что хорошо согласуется с литературными данными [9]. Предполагается, что повышенная вязкость вызвана не только поглощением воды и набуханием гранул крахмала, но и агрегацией белка при температуре от 50 °С до 85 °С. В интервале температур от 65 °С до 80 °С вязкость медленно снижалась и в итоге достигла 2025 Па·с. Предполагается, что медленное снижение вязкости комплекса от 60° С до 85° С соответствует размягчению набухших крахмальных гранул. Конечная вязкость была довольно близка к вязкости расплавленного пластика, что позволяет сделать предположение, о пригодности данного теста для 3D-печати.



**Рисунок 1.** Зависимость эффективной вязкости теста от температуры

В ходе эксперимента были проведены испытания на обратную экструзию для отслеживания изменений текстуры теста за счет термомеханического воздействия, осуществляемого во время

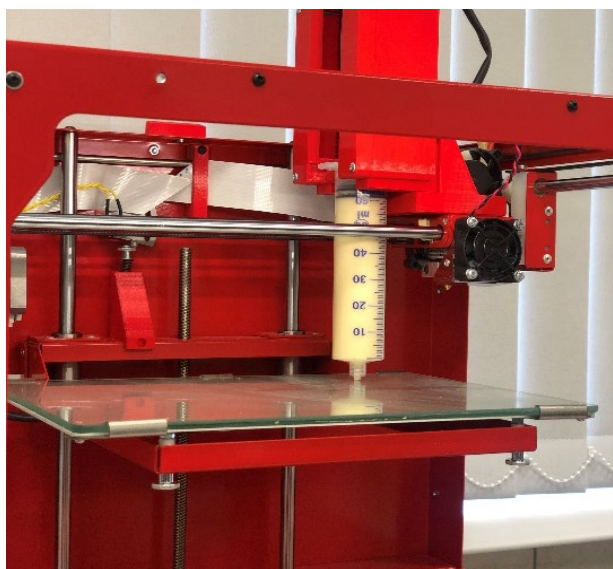
печати. На рис. 2 представлены зависимости нормального усилия сопротивления и уровней температуры в нижних слоях и на поверхности теста от времени обработки.



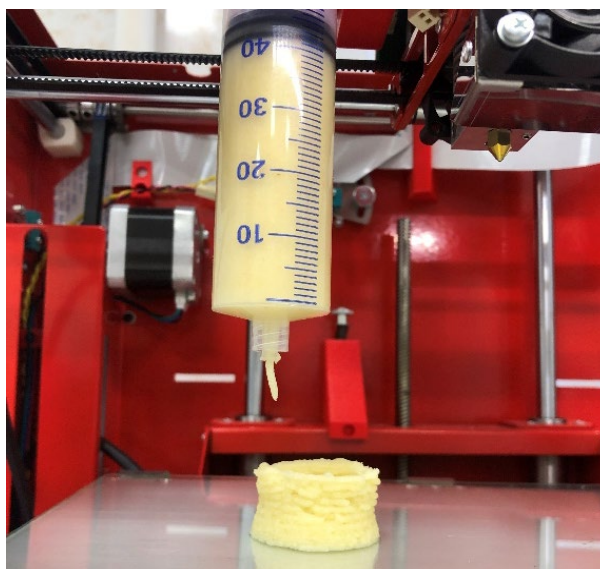
**Рисунок 2.** Зависимость усилия сопротивления и температуры теста от продолжительности перемешивания

Постепенное увеличение усилия от 0,2 до 7 Н происходило в течение 11,5 мин термомеханической обработки, после чего за период времени, равный 1 мин, усилие увеличилось в 2 раза и достигло 14 Н, а в конце процесса составляло 22 Н. В целом, средние температуры на поверхности и в нижних слоях теста оставались относительно стабильными с течением времени и превышали теоретическое значение температуры клейстеризации крахмала, измеренное в тесте, соответствующее началу клейстеризации. Увеличение усилия сопротивления коррелировало с изменениями текстуры теста, постепенно превратившегося в пастообразное и липкое.

Когда суспензию крахмала и белков нагревали и смешивали, сдвиг слоев приводил к образованию частиц, состоящих из набухшего клейстеризованного крахмала, внедренного в непрерывную гелеобразную фазу. Свойства текучести системы частиц оценивались путем измерения усилия сопротивления, во время прохождения частиц через зазор при исследовании процесса обратной экструзии. Обработанное тесто было использовано для печати с помощью пищевого 3D-принтера (рис. 3).



**Рисунок 3.** Пищевой 3D-принтер



**Рисунок 4.** Напечатанный объект из макаронного теста



Напечатанный объект, представленный на рис. 4, в сравнении с соответствующей моделью, созданной в Kompas-3D, имеет отклонения размеров в пределах от 0 до  $\pm 17\%$  по длине или высоте, что позволяет считать их качество удовлетворительным, учитывая сложность печатной структуры [5].

Эти размеры оставались неизменными через 5 мин после печати. Таким образом, при вышеописанных параметрах процесса печати реологические свойства обработанного теста являются приемлемыми для производства макаронных изделий, изготавливаемых методом 3D-печати. Его липкость, способствующая повышению адгезии между нанесенными слоями, может быть преимуществом при 3D-печати макаронных изделий и являться важным параметром при контроле качества и механических свойств печатных объектов.

#### 4. Выводы

Таким образом нами был разработан термомеханический процесс получения материала для трехмерной печати изделий на основе пшеничной муки, позволяющий при тепловом воздействии изменять структуру крахмала и белков для повышения вязкости теста. Сочетание перемешивания и нагрева способствует уплотнению частиц теста из набухших гранул крахмала, склеенных в денатурированные белки.

Применение термомеханической обработки макаронного теста с влажностью 65% расширяет возможности производства печатных изделий различного состава. Расщепление крахмально-белкового геля на частицы, состоящие из клейстеризованных гранул крахмала и денатурированных белков, действующих как связь между набухшими гранулами, предотвращает образование сплошной матрицы. Обработанное тесто представляет собой плотную систему, состоящую из липких и деформируемых частиц.

Были исследованы реологические свойства полученного материала, что позволило сделать выводы о его применимости для печати. Улучшение клейстеризационных свойств играет важную роль в пригодности полученного теста для печати. Соотношение воды и муки является ключевым моментом рецептуры, влияющим на изменения реологических свойств обработанного теста и возможность его использования для трехмерной печати.

#### Библиографический список

1. Мартеха, А.Н., Каверина Ю.Е. (2022). Кинетическая оценка и оптимизация процесса сушки 3D-печатных макаронных изделий. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 161-172. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.295>
2. Бредихин, С.А., Мартеха А.Н., Каверина Ю.Е. (2021). Исследование структурно-механических свойств макаронного теста для аддитивного производства. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*, 4(50), 12-19. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2021-14-4-12-19>
3. Bredihin S.A., Andreev V.N., Martekha A.N., Schenzle M.G., Korotkiy I.A. (2021). Erosion potential of ultrasonic food processing. *Foods and Raw Materials*, 2(9), 335-344. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-335-344>
4. Kim, H.W., Lee, I.J., Park, S.M., Lee, J.H., Nguyen, M-H. & Park, H.J. (2019). Effect of hydrocolloid addition on dimensional stability in post-processing of 3D printable cookie dough. *LWT*, 101, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.019>
5. Yang, F., Zhang, M., Prakash, S. & Liu, Y. (2018). Physical properties of 3D printed baking dough as affected by different compositions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.01.001>
6. Hesso, N., Loisel, C., Chevallier, S., Marti, A., Le-Bail, P., Le-Bail, A. & Setharaman, K. (2015). The role of ingredients on thermal and rheological properties of cake batters and the impact on microcake texture. *LWT - Food Science and Technology*, 63, 1171–1178. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.041>
7. Leverrier, C., Almeida, G., Espinosa-Mu noz, L. & Cuvelier, G. (2016). Influence of Particle Size and Concentration on Rheological Behaviour of Reconstituted Apple Purees. *Food Biophysics*, 11, 235–247. <https://doi.org/10.1007/s11483-016-9434-7>
8. Moussier, M., Huc-Mathis, D., Michon, C. & Bosc, V. (2019). Rational design of a versatile lab-scale stirred milk gel using a reverse engineering logic based on microstructure and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 249, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.12.018>
9. Vanin, F.M., Lucas, T., Trystram, G. & Michon, C. (2018). Biaxial extensional viscosity in wheat flour dough during baking. *Journal of Food Engineering*, 236, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.007>



## ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ ТРИПТОФАНА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАРЕЮЩИХ МЫШЕЙ ГЕТЕРОЗИГОТНЫХ ПО ГЕНУ TPH2

Кибиткина А.А.

*e-mail: a.kibitkina@fnscps.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук Василевская Е.Р.*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *депрессия, аффективное расстройство, метаболизм, липиды, серотонин*

### АННОТАЦИЯ

Восполнение нутриентов и незаменимых аминокислот, позволяющих нивелировать влияние негативных факторов на организм является одной из ключевых задач современного времени. Однако, существующие теории показывают противоречивую информацию о биологических эффектах метаболитов незаменимой аминокислоты триптофана (Trp). Целью исследования являлось изучение влияния введения в рацион триптофана на физиологические показатели стареющих гетерозиготных самцов мышей по гену TPH2 (n=6) и самцов дикого типа (n=7). Были определены параметры тела мышей (скорость роста, площадь поверхности тела, ЯМР-релаксометрия), параметры крови, содержание серотонина в головном мозге (ИФА), скопления липидов в печени (гистология). У мышей дикого типа и гетерозиготных особей триптофан индуцировал снижение морфометрических показателей (скорость роста, площадь поверхности тела и увеличение относительного количества мышечной ткани; однако, результаты физиологических показателей мышей дикого типа и гетерозиготного генотипа свидетельствуют о разнонаправленном эффекте от триптофана.

**Финансирование:** статья опубликована в рамках темы исследования № FNEN 2019-0008 государственного задания Федерального исследовательского центра пищевых систем им. В.М. Горбатова.

**Благодарности:** Автор выражает благодарность Толмачевой Г.С., Котенковой Е.А., Полищук Е.Р., Пчелкиной В.А. за ценный вклад и осуществление данной работы.

## EFFECT OF PROLONGED TRYPTOPHAN ADMINISTRATION ON PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF AGING MICE HETEROZYGOUS TPH2 GENE

Kibitkina A.A.

*e-mail: a.kibitkina@fnscps.ru*

*Supervisor of studies: Vasilevskaya E.R.*

*V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *affective disorder, metabolism, lipids, serotonin*

### ABSTRACT

The replenishment of nutrients and essential amino acids to offset the effects of negative factors on the body is one of the key tasks of modern times. However, existing theories show conflicting information about the biological effects of metabolites of the essential amino acid tryptophan (Trp). The aim of this study was to investigate the effect of tryptophan supplementation on the physiological parameters of aging heterozygous male TPH2 gene (n=6) and wild type mice (n=7). Body parameters of mice (growth rate, body surface area, NMR relaxometry), blood parameters, brain serotonin content (ELISA), lipid accumulation in the liver (histology) were determined. In wild-type and heterozygous mice, tryptophan induced a decrease in morphometric indices (growth rate, body surface area and an increase in the relative amount of muscle tissue; however, the results of physiological indices of wild-type and heterozygous genotype mice indicate a multidirectional effect of tryptophan.

**Funding:** This article is published as part of the research topic No. FNEN-2019-0008 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems.

**Acknowledgements:** The author expresses gratitude to Tolmacheva G.S., Kotenkova E.A., Polishchuk E.R., Pchelkina V.A. for valuable contribution and implementation of this work.

## 1. Введение

Современный человек, живущий в ритме мегаполиса ежедневно сталкивается со стресс-факторами и зачастую не восполняет и половины всех необходимых нутриентов. В связи с чем, растет спрос на восполнение нутриентов и незаменимых аминокислот, позволяющих нивелировать влияние негативных факторов на организм, которые являются ключевым элементом стратегий функционального питания для коррекции аффективных расстройств [1].

Одной из интересных и многозадачных аминокислот является триптофан, выполняющий функции строительного блока белков и играющий ключевую роль в синтезе серотонина. Несмотря на то, что триптофан изучается уже не одно десятилетие, остается ряд спорных вопросов, касающихся его метаболизма [2]. Так на данный момент известно о трех метаболических путях: до 95% аминокислоты идет по кинурениновому пути, около 2-5% - по серотониновому пути, и до 2% - по индолному [2; 3]. Но на данный момент неизвестно, будет ли превалировать серотониновый путь триптофана при дефицитном состоянии центрального серотонина.

Серотонин - нейротрансмиттер и нейромодулятор, который участвует в регуляции широкого спектра основных физиологических функций, включая синаптическую пластичность, метаболический гомеостаз, нейроэндокринную функцию, аппетит, расход энергии, частоту дыхания и сон [4–6]. Одной из высокоточных моделей с дисфункцией синтеза серотонина являются мыши, нокаутные по гену триптофангидроксилазы-2 (TRH2), которая кодирует одноименный фермент и отвечает за скорость синтеза 5-НТ из триптофана [7].

В нашем исследовании, мы впервые рассмотрим на данном биомодельном организме влияние введения в рацион триптофана на физиологические показатели, что поможет раскрыть пробелы в функциональной ценности данной аминокислоты.

## 2. Материалы и методы

Эксперимент проводился в Экспериментальной клинике-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения (Федеральный исследовательский центр пищевых систем имени В.М. Горбатова). Родительский штамм гетерозиготных мышей TRH2, содержащий последовательности loxP-наполнителя Cre, нацеленные на экзон 5, был получен на смешанном генетическом фоне 129 Sv и C57BL/620.28 и скрещен с чистым генетическим фоном мышей C57BL/6J в лаборатории доктора Леша в отделе молекулярной психиатрии Центра психического здоровья, Университет Вюрцбурга в мае 2019 года (Вюрцбург, Германия) [8].

Исследование проводилось в течение 68 суток на 26 однопометных клинически здоровых самцах мышей линии C57BL/6J spf-категории дикого типа (WT) и гетерозиготных нокаутных по гену TRH2 (TRH2 Het) возрастом 13 месяцев ( $m=32,2\pm 1,7$  г).

Мыши-самцы были распределены на группы перед началом эксперимента:

1 группа – WT (n=6), ежедневное внутрижелудочное введение дистиллированной воды (0,2 мл);

2 группа - WT (n=6), ежедневное внутрижелудочное введение триптофана («Глобал Хэлфкеар», Российская Федерация) (400 мг/кг);

3 группа - TRH2 Het (n=7), ежедневное внутрижелудочное введение дистиллированной воды (0,2 мл);

4 группа - TRH2 Het (n=7), ежедневное внутрижелудочное введение триптофана («Глобал Хэлфкеар», Российская Федерация) (400 мг/кг);

Животных содержали в группах по 2-3 особи в индивидуально вентилируемых клетках Bio A.S. (Vent II, EHRET, Германия) типа 2L. Условия содержания животных были стандартизированы: температура -  $20 \pm 3$  °C, влажность -  $35 \pm 2\%$ , приточно-вытяжная вентиляция -  $95 \pm 5$  м<sup>3</sup>/ч, режим освещения день/ночь с 6.00 до 18.00 / с 18.00 до 6.00. При содержании использовали гигиенический подстил для лабораторных животных Лигноцель БК 8-15/LIGNOCEL (J.Rettenmaier & Sohne GMBH+CO KG, Германия). На протяжении всего эксперимента животные потребляли полнорационный комбикорм (3 г/мышь, ООО «Лабораторкорм, Россия) и воду для поения ad libitum, полученную на установке водоподготовки EMD MilliporeRiOs™ 50 (MerckMillipore, Германия). Воду минерализовали путем добавления минеральных солей (314–382 мг/л: гидрокарбонаты – 144-180, сульфаты – <1, хлориды – 60-76, кальций – 6, магний – 3, натрий – 50-58, калий – 50-58).

Исследование и все манипуляции проводились в соответствии с Директивой Европейского сообщества 2010/63/EU и одобрены Комитетом по этике Федерального исследовательского

центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук (протокол №1/2022 от 14 марта 2022 года).

Взвешивание мышей для определения скорости роста и площади поверхности тела с помощью весов DX-2000 (A&D Company Ltd., Япония) и измерение длины тела при помощи штангенциркуля (HARDEN, China). Скорость роста (Rg) рассчитывали по формуле [9]:

$$Rg = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1},$$

где  $W_1$  – масса тела мышей на 0 сутки (г);

$W_2$  – масса тела мышей на 68 сутки (г);

$t_1$  – начальная точка времени (0 сутки);

$t_2$  – конечная точка времени (68 сутки).

Площадь поверхности тела определяли по формуле [10]:

$$\text{Поверхность тела} = \frac{\text{масса тела (г)}^{0.425}}{\text{NAL (см)}^{0.725}},$$

где NAL - расстояние от носовых проходов до анального отверстия животного.

Измерение относительного содержания жира и мышечной ткани в организме мышей проводили с использованием прибора ядерно-магнитного резонансного релаксометра Minispec MQ LF110 (Bruker, Германия) на 0, 35 и 65 сутки. Животных предварительно адаптировали к фиксации в красный пластиковый рестрейнер (диаметром 50 мм) и к помещению в установку в течение 3-х суток до распределения групп. Прибор калибровали согласно протоколу, предложенному в мануале прибора, и проводили проверку контроля качества внутренних напряжений, температуры, магнитов и параметров ЯМР по стандарту производителя. Для процедуры измерения мышей помещали в рестрейнер и удерживали в неподвижном состоянии путем введения в цилиндр плотно прилегающего поршня. Затем фиксатор опускали в камеру прибора, продолжительность сканирования - 2 минуты.

На 68-е сутки эксперимента животных анестезировали ксилозином (Interchemie, Эстония) в дозе 5 мг/кг и золетилом (TDVet, Испания) в дозе 20 мг/кг. Кровь отбирали из правого предсердия в пробирки с ЭДТА (Aquisel, Испания) для анализа параметров цельной крови и плазмы. Плазму получали центрифугированием в центрифуге CM-6M (ELMI, Латвия) в течение 8 мин при 3500 об/мин. Плазму замораживали и хранили при температуре минус  $(41 \pm 1)^\circ\text{C}$ .

После отбора крови проводили транскардиальную перфузию физиологическим раствором 0,9 %, после чего мышей подвергали эвтаназии методом декапитации.

Далее осуществляли аутопсию и отбор тканей и органов, которые взвешивали на электронных весах (Acculab VICON, Canada). Для гистологических исследований отбирали правую медиальную долю печени (lobus hepatis dexter medialis) в течение 10 минут после декапитации. После отделения коры, головной мозг замораживали при минус  $80^\circ\text{C}$  до проведения иммуноферментного анализа.

В цельной крови были определены: содержание лимфоцитов (LYM), гранулоцитов (GRA) и моноцитов (MON) посредством детектирования размера и гранулярности клеток на проточном цитометре Guava Easy Cyte (Merck Millipore, Germany). Содержание лейкоцитов определяли расчетным путем по формуле:  $\text{WBC} = \text{LYM} + \text{GRA} + \text{MON}$ . В плазме крови были определены следующие биохимические показатели: глюкоза, общий белок, липопротеины высокой (ЛПВП) и низкой (ЛПНП) плотности, аспаратаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), лактатдегидрогеназа (ЛДГ) на автоматическом биохимическом анализаторе BioChem FC-360 (HTI, США), с использованием наборов реактивов (HTI, США).

Уровень холестерина оценивали с помощью индекса атерогенности (ИА) выраженного в относительных единицах (от. ед) по формуле [11]:

$$\text{ИА} = \frac{\text{Холестерин общий} - \text{ЛПВП}}{\text{ЛПВП}}$$

Коэффициент де Ритиса рассчитывали как отношение активностей АСТ к АЛТ [11].

Окрашивание образцов Oil Red O (ORO) проводили в соответствии с протоколом [12]. Срезы толщиной 10 мкм получали на криостате Microm HM-525 (Thermo Scientific, США) и монтировали на стекла Menzel-Glaser (Thermo Scientific, США), далее промывали 60% изопропанолом, инкубировали в 0,5% растворе Oil Red O (Sigma-Aldrich) в течение 10 мин, снова промывали 60% изопропанолом и дистиллированной водой. Изучение гистологических

препаратов и их фотографирование осуществляли на световом микроскопе «AxioImaiger A1» (Carl Zeiss, Германия) с использованием программы анализа изображений AxioVision 4.7.1.0 (Carl Zeiss). Плотность окрашивания Oil Red O определяли с использованием программного обеспечения ImageJ (США).

Мозговую ткань гомогенизировали навеской 15 мг в лизирующем буфере IS007 (Cloud-Clone Corp., США) в объеме 300 мкл. Гомогенаты центрифугировали и собирали супернатанты. Общие концентрации 5-НТ измеряли с помощью набора ELISA CEA808Ge 5-Hydroxytryptamine (Cloud-Clone Corp., США) в соответствии с протоколом производителя.

**Статистический анализ.** Проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel и Statistica 10.0. Для описания признаков с нормальным распределением использовали среднее с указанием стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ), для признаков отличным от нормального распределения указывали медиану (ME) с межквартильным интервалом ([P25-P75]), в долях (процентах) или в абсолютных числах. Количественные признаки распределялись по критериям Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова, равенство дисперсий – с использованием критерия Левена. Для определения достоверности различий средних величин, удовлетворяющих условиям нормального распределения и равенства дисперсий, применяли Дисперсионный анализ (ANOVA) с post-hoc поправкой Бонферрони. Для сравнения количественных признаков, не удовлетворяющих условиям нормального распределения и равенству дисперсий, использовали непараметрический аналог для независимых выборок – U-критерий Манна-Уитни. Для проверки различий между двумя выборками парных или независимых измерений по уровню количественного признака применяли критерий Уилкоксона. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы ( $p$ ) принимали равным 0,05.

### 3. Результаты и обсуждение

Двусторонний ANOVA показал отсутствие взаимосвязи между генотипом, лечением Trp и скоростью роста ( $F_{3,16} = 0,27$ ;  $p = 0,61$ ), это также относится к показателю поверхности тела ( $F_{3,16} = 1,51$ ;  $p = 0,23$ ). Была отмечена разница между мышами WT и WT+Trp, у последних скорость роста была снижена на 66,7% ( $p < 0,01$ ) и между группами WT+Trp и Het+Trp на 32,6% ( $p = 0,05$ ). Отмечено достоверное увеличение площади поверхности тела среди животных WT с введением Trp относительно показателей животных группы Wt на 56,8% ( $p = 0,04$ ) и группы Het+Trp на 77,0% ( $p = 0,003$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Группа	Площадь тела, $m^2$		p-value	Скорость роста
	0 сутки	67 сутки		
WT	0,0100	0,0096	0,03	-0,02313
WT+Trp	0,0102	0,0088	0,03	-0,0694 <sup>a</sup>
Het	0,0091	0,0094	0,24	-0,02239 <sup>b</sup>
Het+Trp	0,0097	0,0093	0,04	-0,03433 <sup>c</sup>

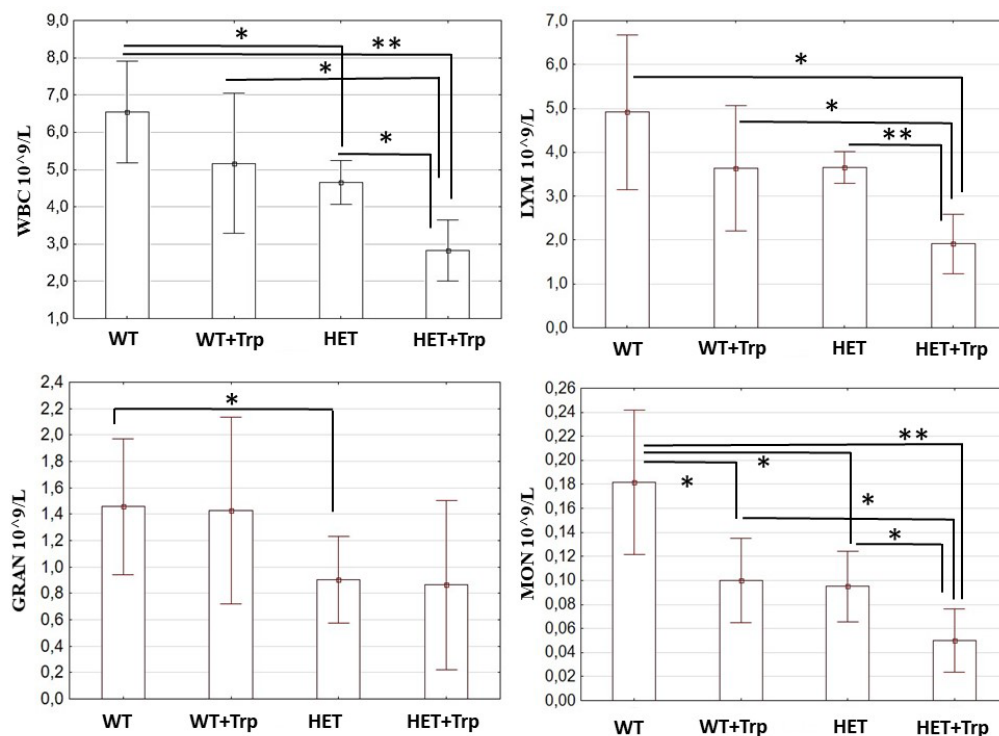
(при  $p < 0,05$  для (a) сравнение между WT и WT+Trp, (b) сравнение между WT и HET, (c) сравнение между WT+Trp и HET+Trp)

Отмечено воздействие генотипа и диеты на относительное содержание мышечной ткани на 35 сутки ( $F_{3,16} = 3,09$ ;  $p = 0,05$ ). Как показано в таблице 2, относительное содержание мышечной ткани у групп с лечением Trp имело тенденцию к увеличению. Содержание жировой ткани у животных Het+Trp на протяжении всего исследования снижалось, однако, показатель у группы WT+Trp имел синусоидобразную тенденцию и был ниже на 21,4% ( $p = 0,03$ ), чем у группы HET на 65 сутки (табл. 2). У группы WT отмечалось достоверное снижение мышечной ткани и увеличение жировой ткани на 35 сутки относительно 0 суток на 10,3 % ( $p = 0,04$ ) и на 35,7% ( $p = 0,04$ ).

## Относительное содержание мышечной и жировой тканей в организме

Относительная масса мышечной ткани, %				
Сутки	WT	WT+Trp	Het	Het+Trp
0	70,34 [69,06-71,36]	64,23 [62,27-66,00]	62,99 [59,2-69,95]	55,46 [51,14-73,07]
35	63,39 [62,63-64,31]	70,93 [66,73-71,06]	65,58 [58,7-66,55]	55,98 [52-68,15]
65	63,88 [62,69-69,54]	72,58 [69,35-74,40]	64,92 [56,52-68,08]	58,26 [56,13-67,34]
Относительная масса жировой ткани, %				
0	18,55 [17,17-29,75]	19,58 [22,7-26,93]	19,58 [18,06-29,33]	20,70 [14,80-30,80]
35	25,13 [24,41-25,35]	25,13 [16,83-21,42]	24,76 [21,87-30,61]	23,93 [20,63-37,4]
65	24,43 [19,29-25,59]	24,43 [13,64-17,14]	20,11 [20,23-32,63]	20,40 [21,37-32,95]

Результаты определения популяционного состава лейкоцитов цельной крови мышей приведены на рисунке 1. В крови самцов HET+Trp относительно мышей групп WT и HET наблюдалась тенденция к снижению числа белых кровяных клеток на 56,9% ( $p=0,005$ ) и на 39,4% ( $p=0,008$ ) за счет уменьшения количества лимфоцитов на 61,2% ( $p=0,01$ ) и на 47,7% ( $p=0,003$ ) и снижения числа моноцитов на 72,2% ( $p=0,005$ ) и на 47,4% ( $p=0,03$ ). Также отмечено снижение числа белых кровяных клеток у животных WT+Trp относительно мышей WT за счет уменьшения количества моноцитов на 44,4% ( $p=0,03$ ). Post-hoc тестирование выявило значительное увеличение содержания белых кровяных клеток у мышей WT+Trp ( $p=0,006$ , тест Бонферрони) и увеличение числа моноцитов у мышей HET +Trp ( $p=0,02$ , тест Бонферрони) по сравнению с мышами HET.



**Рисунок 1.** Цитометрические показатели крови (\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,05$ , независимое сравнение)

Отмечено воздействие генотипа и диеты на концентрацию глюкозы ( $F_{3,16}=3,44$ ;  $p=0,08$ ). У мышей группы HET относительно группы WT выявлено снижение концентрации белка на 5,9 ( $p=0,05$ ), и увеличение индекса атерогенности на 53,4% ( $p=0,04$ ). Post-hoc тестирование выявило значительное снижение концентрации белка у мышей WT по сравнению с мышами HET, а также увеличение концентрации глюкозы ( $p=0,003$ ,  $p=0,03$ ,  $p=0,02$ , тест Бонферрони).



В плазме крови HET+Trp отмечено снижение концентрации глюкозы на 23,3 % ( $p=0,005$ ), АСТ на 53,0 % ( $p=0,01$ ), ЛДГ на 16,0% ( $p=0,04$ ) и индекса атерогенности на 28,1% (0,03) относительно значений HET (табл. 3).

Таблица 3

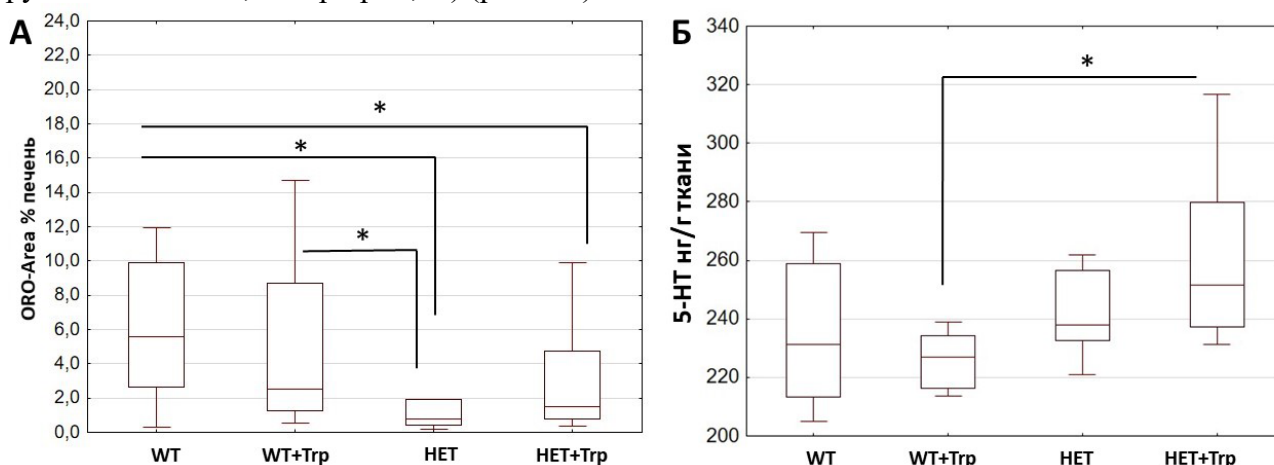
**Результаты биохимического анализа плазмы крови мышей, данные представлены в виде Ме [25-75]**

Группа	WT	WT+Trp	HET	HET+Trp
Глюкоза ммоль/л	26,35 [24,18-28,38]	25,15 <sup>c</sup> [22,63-25,65]	33,10 [31,6-35,05]	25,40 <sup>e</sup> [24,35-27,30]
ЛПНП ммоль/л	0,15 <sup>b</sup> [0,13-0,17]	0,13 [0,13-0,14]	0,15 [0,14-0,15]	0,14 [0,14-0,15]
ЛПВП мм/л	1,54 [1,35-1,72]	1,42 <sup>c</sup> [1,36-1,48]	1,69 [1,68-1,77]	1,55 <sup>d</sup> [1,52-1,67]
Белок г/л	47,30 <sup>b</sup> [46,65-49,3]	48,50 [47,9-49,25]	44,50 [40,78-45,53]	48,20 [46,30-48,75]
ЛДГ ед/л	207,50 [171,25-257,25]	194,50 [169,88-239,00]	206,00 [200,00-268,00]	173,00 <sup>e</sup> [154,00-192,50]
АСТ ед/л	89,20 [75,00-101,23]	77,70 <sup>c</sup> [66,91-87,63]	112,2 [93,98-120,90]	76,90 <sup>e</sup> [69,60-82,50]
АЛТ ед/л	22,60 [18,28-36,98]	29,95 <sup>c</sup> [27,00-31,55]	21,45 [19,70-24,03]	23,60 <sup>d</sup> [19,45-25,38]
ИА	3,20 <sup>b</sup> [2,66-3,59]	2,87 <sup>c</sup> [2,35-3,05]	4,91 [4,78-5,74]	3,53 <sup>e</sup> [3,03-3,88]
Де ритис	1,29 [1,17-1,38]	1,35 [1,06-1,56]	1,16 [1,01-1,3]	1,34 [1,22-1,41]

$p < 0.05$  (a) для групп сравнения WT и WT+Trp, (b) для WT и HET, (c) для WT и HET+Trp, (d) для WT+Trp и HET, (e) для WT+Trp и HET+Trp, (f) для HET и HET+Trp групп при  $p < 0,05$

У мышей группы HET+Trp концентрация ЛПВП превышала значения группы WT+Trp на 9.2 % ( $p=0,03$ ), однако, наблюдалось активности АЛТ и на 21,2% ( $p=0,009$ ).

При окрашивании ORO тканей печени выявлено, что у животных WT наблюдались более крупные липидные капли и большая площадь окрашивания по сравнению с гетерозиготными особями. Так, у группы WT площадь окрашивания жировых капель была больше на 85,7% ( $p=0,02$ ), чем у HET, и на 69,3% ( $p=0,03$ ) чем у животных HET+Trp. Стоит отметить также увеличение размера липидных капель и окрашивания ORO печени мышей WT+Trp относительно группы HET на 68,1% при  $p=0,02$ ) (рис. 2А).



**Рисунок 2. А:** ORO окрашивание печени; **Б:** Концентрация 5-НТ в головном мозге

Продолжительное введение триптофана увеличивало концентрацию 5-НТ в мозге у мышей TRH2 HET по сравнению с мышами остальных групп (рис. 2Б), однако, достоверно показатель отличался только от значений группы WT+Trp на 7,8 % ( $p=0,05$ , post-hoc  $p=0,003$ , тест Бонферрони). Концентрация 5-НТ в мозге у мышей группы WT+Trp практически не отличалась от показателей группы WT на 1,1% ( $p=0,27$ ) и была ниже на 6,4% ( $p=0,06$ ), чем у группы HET (post-hoc  $p=0,01$ , тест Бонферрони).

#### 4. Выводы

Выявленные эффекты на нормальных мышцах и склонных к депрессии свидетельствуют о разнонаправленном влиянии метаболитов триптофана на системный гомеостаз на молекулярном уровне. У мышей дикого типа и гетерозиготных особей триптофан индуцировал снижение морфометрических показателей (скорость роста, площадь поверхности тела и увеличение относительного количества мышечной ткани (данные ямр-релаксометрии). Однако по результатам липидного обмена и относительной массе жировой ткани введение триптофана вызвало увеличение данных параметров у мышей дикого типа, а также отмечено, увеличение концентрации печеночных ферментов (ЛДГ, АСТ и АЛТ) и площади окрашивания липидных пятен. У гетерозиготных особей триптофан вызывал увеличение белкового и жирового обменов, а также увеличение концентрации серотонина в головном мозге. Воздействие триптофана на гетерозиготных мышей, предрасположенных к нервным нарушениям, вероятно обусловлено однонуклеотидными полиморфизмами, которые могут опосредовано влиять на выраженность различных фенотипов и дифференциальную экспрессию генов в мышцах и жире. Суммируя полученные результаты, можно предположить о превалировании метаболизма триптофана по серотониновому пути у мышей с гетерозиготностью по гену TRH2, когда у мышей дикого типа триптофан распределялся по кинурениновому пути, о чем свидетельствуют полученные нами результаты.

Таким образом, для утверждения нашей теории необходимо более детальное изучение различных ролей метаболитов триптофана с использованием тканеспецифичной стратегии нокаута, что в итоге позволит расширить понимание функций этой незаменимой аминокислоты и ее метаболитов с целью применения в нейродиетологии, что особенно актуально для пациентов предрасположенных к аффективным расстройствам [13].

#### Библиографический список

1. Huang, Q, Liu H, Suzuki, K, Ma, S, Liu, C. (2019) Linking what we eat to our mood: A review of diet, dietary antioxidants, and depression. *Antioxidants*, 8(9):376. <https://doi.org/10.3390/antiox8090376>
2. Mehedint MG, Gullledge A. (2014) Nutritional Impact on Cognitive Development. In: *Reference Module in Biomedical Sciences*, 1, 1-9. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.00237-3>
3. Nayak B.N, Singh, R.B., Buttar, H.S. (2022) Biochemical and dietary functions of tryptophan and its metabolites in human health. In: *Functional Foods and Nutraceuticals in Metabolic and Non-Communicable Diseases*, 783-798. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819815-5.00003-3>
4. Covington, H.E., Miczek, K.A. (2022) Behavioral Neuroscience of Aggression. In: *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience, 2nd Edition*, 45-50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.23961-8>
5. Cowen, P.J., Browning, M. (2015) What has serotonin to do with depression? *World Psychiatry*, 14(2), 158-160. <https://doi.org/10.1002/wps.20229>
6. Migliarini, S., Pacini, G., Pelosi, B., Lunardi, G., Pasqualetti, M. (2013) Lack of brain serotonin affects postnatal development and serotonergic neuronal circuitry formation. *Mol Psychiatry*, 18(10), 1106-1118. <https://doi.org/10.1038/mp.2012.128>
7. Kulikova, E.A., Kulikov, A.V. (2019) Tryptophan hydroxylase 2 as a therapeutic target for psychiatric disorders: focus on animal models. *Expert Opin Ther Targets*, 23(8), 655-667. <https://doi.org/10.1080/14728222.2019.1634691>
8. Alenina, N., Kikic, D., Todiras, M., et al. (2009) Growth retardation and altered autonomic control in mice lacking brain serotonin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10332-10337. <https://doi.org/10.1080/10.1073/pnas.0810793106>
9. Gargiulo, S., Gramanzini, M., Megna, R., et al. (2014) Evaluation of Growth Patterns and Body Composition in C57Bl/6J Mice Using Dual Energy X-Ray Absorptiometry. *BioMed Research International*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/253067>
10. Ferraz, A. S. M. Use of murinometrics indices and bioelectrical impedance (BIA) in the determination of experimental obesity in oophorectomized rats / A. S. M. Ferraz, R. C. M. de Moraes, N. A. R. de Sá [et al.] // *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. – 2016. – Vol. 38. – № 4. – P. 451.
11. Chernukha, I., Kotenkova, E., Derbeneva, S., Khvostov, D. (2021) Bioactive Compounds of Porcine Hearts and Aortas May Improve Cardiovascular Disorders in Humans. *The International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7330. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147330>
12. Mehlem, A., Hagberg, C. E., Muhl, L., Eriksson, U., & Falkevall, A. (2013). Imaging of neutral lipids by oil red O for analyzing the metabolic status in health and disease. *Nature protocols*, 8(6), 1149–1154. <https://doi.org/10.1038/nprot.2013.055>
13. Dantzer R. (2017). Role of the Kynurenine Metabolism Pathway in Inflammation-Induced Depression: *Preclinical Approaches. Current topics in behavioral neurosciences*, 31, 117–138. [https://doi.org/10.1007/7854\\_2016\\_6](https://doi.org/10.1007/7854_2016_6)

## ФУД-ДИЗАЙН В ИНДУСТРИИ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА

Кизиёва А.С.

*nosowa88@yandex.ru*

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *фуд-дизайн, ресторанный сервис, бизнес-индустрия, конкурентоспособность, общественное питание*

### АННОТАЦИЯ

В научной статье рассматривается направление фуд-дизайна, его структура и применение в аспекте маркетинга сферы питания и услуг. В настоящее время тенденции развития ресторанный бизнес в Российской Федерации таковы, что деятельность предприятий питания, в связи с высокой долей конкуренции на рынке, направлена на поиски новых способов и идей привлечения потенциальных посетителей. Возрастает роль эстетического фактора в формировании культуры питания в целом и приоритетного потребительского мнения о предприятии, в частности. Перспективным с данной точки зрения является применение технологий фуд-дизайна. Это направление обеспечивает зрелищность и эстетическую составляющую процессов организации обслуживания и производства пищевой продукции, позволяя потребителю получать удовольствие от созерцания и последующего потребления блюд.

### FOOD DESIGN IN THE RESTAURANT INDUSTRY

Kizieva A.S.

*nosowa88@yandex.ru*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov"*

**KEYWORDS:** *food design, restaurant service, business industry, competitiveness, catering.*

### ANNOTATION

The scientific article examines the direction of food design, its structure and application in the aspect of marketing of food and services. Currently, the trends in the development of the restaurant business in the Russian Federation are such that the activities of catering enterprises, due to the high share of competition in the market, are aimed at finding new ways and ideas to attract potential visitors. The role of the aesthetic factor in the formation of the food culture in general and the priority consumer opinion about the enterprise, in particular, is increasing. Promising from this point of view is the use of food design technologies. This direction provides entertainment and aesthetic component of the processes of organization of service and food production, allowing the consumer to enjoy the contemplation and subsequent consumption of dishes.

### 1. Введение

На рынке ресторанный бизнес остро стоит вопрос сохранения жизнеспособности предприятий среднего и высокого ценового сегмента. В связи с пандемийными и пост-пандемийными мероприятиями произошло перераспределение потребительского потока [1]. Сегодня представители бизнес-индустрии в области общественного питания вынуждены искать новые пути завоевания рынка посредством всестороннего удовлетворения растущих потребностей потребителей и усиления позиций по сравнению с конкурентами.

Конкурентоспособность предприятия питания определяется его способностью удовлетворения запросов потребителей в сравнении с предприятиями того же сегмента рынка. Она устанавливает способность выдерживать конкуренцию в сравнении с аналогичными объектами на данном рынке.

Питание, как область деятельности, имеет би-направленный вектор: с одной стороны, является способом покрытия физиологических потребностей организма, а с другой стороны, имеет значение эстетического и визуального характера. В настоящее время бизнес-сообщество, наряду с представителями науки, ведет поиск оптимальных решений, направленных на создание

такого рода прикладных технологий, способных отвечать запросам современного потребителя. Большинство идей носят характер совершенствования уже существующих способов путем внедрения инновационных технологий. Так развитие IT-технологий и повсеместная цифровизация играют не последнюю роль в формировании собственного стиля предприятия и повышения его устойчивости на рынке. Для современного общества фуд-дизайн является частью повседневной жизни в питании человека, который ассоциируют как с гастрономическими экспериментами шеф-поваров в области оформления блюда и упаковки пищевой продукции, так и с дизайном предприятий ресторанного бизнеса.

**Цель работы:** систематизация актуальной информации в области применения технологий фуд-дизайна в индустрии ресторанного бизнеса, её структурирование и возможности дальнейшего развития.

## 2. Материалы и методы

В работе был осуществлен сбор, обобщение, конструктивный анализ и классификация данных по вопросу применения фуд-дизайна в индустрии ресторанного бизнеса.

## 3. Результаты и обсуждение

Процесс организации приготовления и потребления пищи в индустрии ресторанного сервиса стоит рассматривать, как церемонию, приобретающую эстетический характер действия и обеспечивающую в значительной степени неповторимость и целостность совокупного мнения потребителя о предприятии питания в целом.

Существует несколько определений технологии фуд-дизайна. Изначально следует обратиться к дословному переводу данного термина с английского языка:

- фуд (food) – пища, еда, пищевой объект;

- дизайн (*design*)- деятельность по проектированию эстетических свойств изделий, а также результат этой деятельности.

Таким образом, понятие «фуд-дизайн» можно дословно расшифровать, как деятельность, применяемая к «пищевому объекту» с целью создания и совершенствования его внешнего вида и эстетических свойств.

Существует также еще одно определение понятия «фуд-дизайн», как дизайн внешнего вида готовых продуктов питания, представление их в меню, а также дизайн столовых принадлежностей, способов сервировки и проектирование процесса питания в целом [2].

В некоторых работах фуд-дизайн рассматривается в качестве системообразующего средства в сфере и областях питания человека. Авторы рассматривают фуд-дизайн, как вид технологической деятельности, который способен взять на себя функцию побуждения человека к питанию, а также может положительно повлиять на всех этапах на процессы производства и реализации продуктов питания [3].

Питание, являясь неотъемлемой частью жизни человека, играет разные роли в жизнедеятельности, обществе и культуре. Формирование эстетических ценностей и эстетического вкуса в значительной степени связано с процессами питания. В настоящее время фуд-дизайн можно рассматривать, как процесс планирования и создания, ведущий к инновациям в области продуктов, обслуживающих процессов и систем, посвященных пище и питанию. Он включает в себя производство, хранение, обработку продуктов, приготовление, транспортировку, презентацию, организацию потребления пищи.

Среди основных направлений развития технологий фуд-дизайна можно выделить следующие [4]:

1. Фуд-арт (оформление блюд при реализации, карвинг и создание кулинарных инсталляций с целью декорирования и поддержания тематической направленности мероприятий/событий)

2. Проектирование и эргономика производственных помещений пищевой бизнес-индустрии.

3. Дизайн интерьеров (залы предприятий, оформление выездных мероприятий от предприятий ресторанного бизнеса).

4. Дизайн меню, сувенирной и рекламной продукции предприятия питания.

Большинство предприятий ресторанного бизнеса используют карвинг, как простой способ украшения блюд и создания фирменного стиля шеф-поваров. Среди технологических разработок

большинство решений характеризуется связью с основами фуд-дизайна. Сегодня российскими учеными активно разрабатываются инновационная упаковка из сырья, превращающегося впоследствии в одну из составляющих частей блюда (бульоны, соусы, шоколадные сферы). В основе популярного направления молекулярной кухни также лежит эстетическая составляющая приготовления и подачи блюд.

С развитием науки и IT-технологий дизайн приобрел новое значение для ресторанного бизнеса. Подавляющее большинство идей и разработок в области фуд-дизайна сопряжены с инновационными гаджетами и информационными технологиями. В сферу фуд-арта прочно вошли роботизированные системы и установки для 3Д-печати, используемые, как на этапах производства продукции, так и на этапах её реализации, превращая процесс подачи в иммерсивное шоу. Развитие программного обеспечения в области проектирования и представления 3Д-макетов будущих предприятий позволяет правильно выстраивать компоновку помещений и технологических линий, соблюдая поточность. Технологии цифровых двойников дают возможность избежать ошибок, и как следствие, ведут к снижению рисков и финансовых потерь. Инновационный подход к демонстрации меню в электронном виде (в мобильном телефоне, посредством QR-кода, на планшете, экране, в виде голограммы) также ведет к формированию собственного стиля предприятия и увеличению потока посетителей предприятия.

#### **4. Выводы**

Развитие ресторанного бизнеса находится в тесной корреляции с растущими требованиями потенциальных потребителей услуг питания. Современные разработки в технологической, научной и проектной областях деятельности ресторанного бизнеса опираются на удовлетворении гастрономических, функциональных и эстетических аспектах их запросов. Формирование желаемого восприятия достигается посредством поэтапного становления визуального, тактильного и психологического восприятия блюда и атмосферы его подачи. Фуд-дизайн представляется одним из основополагающих факторов, участвующих в выстраивании концепции предприятия ресторанного бизнеса, непосредственно влияющих на его имиджевые характеристики и, как следствие, на позицию предприятия на рынке. Дальнейшее развитие ресторанного бизнеса будет идти по пути совершенствования технологий фуд-дизайна в комплексе с результатами научно-технологического прогресса.

#### **Библиографический список**

1. Кизиёва, А.С., Макарова, А.Н., Фоменко, О.С. (2023). Применения 3d-технологий при производстве пищевой продукции. In *Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК региона* (pp. 212-216).
2. Чувашов, А.С. (2017). Фуд-дизайн и его структурная схема. *Визуальные образы современной культуры: светские и религиозные стратегии построения жизненного мира* (pp. 147-150).
3. Куценков, В.И., Степанов, А.В. (2013, March). Фуд-дизайн: новая профилизация подготовки бакалавров профессионального обучения. *Креативные основы художественного образования: материалы Международной научно-практической конференции* (pp. 11-17).
4. Мусийчук, В. В. (2019). Специфика фуд-дизайна в событийном кейтеринге. *Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие"* (pp. 241-243).



## ВЛИЯНИЕ ВИДА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ Пониженной Влажности

Киреева О.С.\*, Яркина М.В.

\*e-mail: kireevagos@mail.ru

*Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина, Орел, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *вафельные хлебцы, бурые водоросли, функциональный ингредиент, качество, органолептические характеристики.*

### АННОТАЦИЯ

Одним из нетрадиционных растительных компонентов, применяемых в качестве функционального ингредиента при разработке обогащенных продуктов для здорового и лечебно-профилактического питания, являются бурые водоросли, обладающие широким спектром биологической активности. В работе проведен анализ влияния вида функциональной добавки из бурых водорослей на органолептические и физико-химические свойства хлебобулочных изделий пониженной важности – обогащенных вафельных хлебцев. Установлено снижение плотности теста, повышение влажности и намокаемости готовых изделий при внесении в рецептуру вафельных хлебцев порошков из бурых водорослей фукус и ламинария. Отмечено увеличение кислотности опытных образцов обогащенных вафельных хлебцев в сравнении с контрольным образцом. При этом органолептические показатели вафельных хлебцев при внесении функциональных добавок из бурых водорослей изменились незначительно. Полученные результаты исследования позволят в дальнейшем оптимизировать рецептуры хлебобулочных изделий пониженной важности по ключевому показателю – содержанию йода в конечном продукте при различных дозировках внесения добавки с сохранением приемлемых характеристик готового продукта.

**Финансирование:** Работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания «Разработка биологически активных добавок к пище на основе плодово-ягодного, овощного и лекарственного растительного сырья» (FEEF-2023-0016, регистрационный номер 1023053100014-0-2.11.1).

## THE EFFECT OF THE TYPE OF FUNCTIONAL INGREDIENT ON THE QUALITY OF BAKERY PRODUCTS WITH REDUCED HUMIDITY

Kireeva O.S.\*, Yarkina M.V.

\*e-mail: kireevagos@mail.ru

*Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin, Orel, Russia*

**KEYWORDS:** *waffle loaves, brown algae, functional ingredient, quality, organoleptic characteristics.*

### ABSTRACT

One of the unconventional plant components used as a functional ingredient in the development of enriched products for healthy and therapeutic and preventive nutrition is brown algae, which has a wide range of biological activity. The paper analyzes the influence of the type of functional additive from brown algae on the organoleptic and physico-chemical properties of bakery products of reduced importance – enriched wafer loaves. A decrease in the density of the dough, an increase in humidity and wetness of finished products was found when adding powders from brown algae fucus and kelp to the recipe of waffle loaves. An increase in the acidity of the experimental samples of enriched wafer loaves was noted in comparison with the control sample. At the same time, the organoleptic parameters of waffle loaves when adding functional additives from brown algae changed slightly. The obtained results of the study will further optimize the recipes of bakery products of reduced importance by a key indicator – the iodine content in the final product at different dosages of additive application while maintaining acceptable characteristics of the finished product.

**Funding:** The work was carried out at the expense of the federal budget within the framework of the state task "Development of biologically active food additives based on fruit and berry, vegetable and medicinal plant raw materials" (FEEF-2023-0016, registration number 1023053100014-0-2.11.1).

## 1. Введение

В последнее время весьма перспективна разработка рецептур обогащенных хлебобулочных изделий, т.к. хлеб и хлебобулочные изделия являются продуктами повседневного спроса и ежедневно присутствуют в рационе питания подавляющего большинства потребителей. Одним из нетрадиционных растительных компонентов, все чаще применяемых при разработке новых продуктов хлебопекарного производства для здорового и лечебно-профилактического питания являются бурые водоросли [1-3]. Бурые морские водоросли – ценный источник биологически активных веществ, обладающих бактериостатическим, бактерицидным, противовоспалительным, иммуномодулирующим и антиоксидантным действием [4-6]. Полисахаридные компоненты водорослей способствуют коррекции липидного обмена, снижению массы тела, оказывают выраженное антидиабетическое действие, обладают антигипертензивным и противоопухолевым действием, способны предупреждать развитие окислительного стресса в живых организмах или снижать его интенсивность и т.д. [7-11].

Отечественные и зарубежные исследования биологической активности как отдельных соединений, выделенных из бурых водорослей, так и препаратов на их основе, подтверждают лечебные свойства и профилактическое действие и объясняют широкое применение бурых водорослей в разработке лекарственных препаратов и биологически активных добавок к пище [6,11-13].

Бурые водоросли нашли применение в создании продуктов здорового и функционального питания в качестве источника биоактивных компонентов пищи, в том числе йода [14-20]. Многочисленные научные исследования по разработке технологий переработки бурых водорослей, разработке рецептур и технологий создания продуктов питания, обогащенных биоактивными нутриентами водорослей подтверждают актуальность работ в данном направлении. При разработке рецептур продуктов питания, обогащенных нетрадиционными компонентами (в том числе бурыми водорослями) в качестве функционального ингредиента, целесообразно исследовать влияние функциональных добавок на физико-химические и органолептические показатели готовых обогащенных продуктов [2,21,22]. В связи с этим, целью исследования являлось изучение влияния вида добавки из бурых водорослей на органолептические и физико-химические свойства хлебобулочных изделий пониженной важности (вафельных хлебцев) для дальнейшей оптимизации рецептуры продукта.

## 2. Материалы и методы

В Инновационном-научно-исследовательском испытательном центре коллективного пользования Орловского ГАУ разработана и запатентована рецептура обогащенных вафельных хлебцев, содержащих в качестве функционального ингредиента порошок из бурых водорослей [23]. Ранее проведены исследования химического состава и пищевой ценности обогащенных вафельных хлебцев при использовании в рецептуре в качестве йодсодержащей добавки порошка фукуса пузырчатого [24]. Ламинария, как известно, содержит значительно большее количество йода в составе [6]. В связи с чем, для сравнительного анализа влияния вида добавки из бурых водорослей на показатели качества хлебобулочных изделий пониженной важности, в данном исследовании в качестве функциональных ингредиентов использовали порошки фукуса и ламинарии. Таким образом, объектами исследования являлись:

- вафельные ржано-пшеничные хлебцы (контроль);
- вафельные ржано-пшеничные хлебцы с добавлением порошка из водорослей фукус (образец №1);
- вафельные ржано-пшеничные хлебцы с добавлением порошка из водорослей ламинария (образец №2).

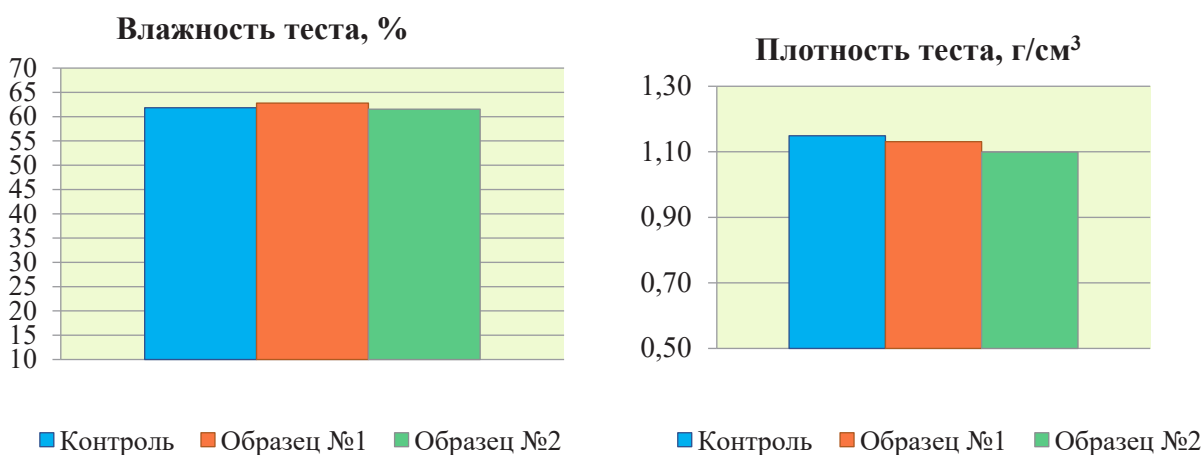
Порошки из бурых водорослей получали измельчением фукуса дробленого и ламинарии дробленной (ТУ 03.11.63-005-41669896-2019, изготовитель ООО «Архангельский водорослевый комбинат») до размера частиц не более 0,3 мм. В рецептурах вафельных хлебцев использовали муку ржаную хлебопекарную обдирную и пшеничную хлебопекарную муку высшего сорта в соотношении 2:1. Соль, сахар и подсолнечное масло в рецептуру вносили в количестве 1,5%, 3%

и 8,3% от массы муки соответственно. При производстве опытных образцов вафельных хлебцев порошок из бурых водорослей вносили в рецептуру в количестве 2% от массы муки.

Определение влажности теста проводили по методике, описанной в [25] путем высушивания образцов до постоянной массы при температуре 105°C. Плотность теста определяли как отношение массы теста к объему, выраженное в г/см<sup>3</sup> (измерения проводили при температуре 20°C). Определение влажности вафельных хлебцев проводили по ГОСТ 8494-96, кислотности – по ГОСТ 5670-96, содержание массовой доли жира определяли согласно ГОСТ 5668-68, массовой доли сахара – согласно ГОСТ 5672-68, намокаемость исследовали по ГОСТ 10114-80.

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты исследования влажности теста контрольного и опытных образцов вафельных ржано-пшеничных хлебцев показали, что влажность теста всех исследуемых образцов была одинакова в пределах погрешности, разница составила менее 1% (рисунок 1). Плотность теста при использовании добавки порошка из бурых водорослей снизилась в сравнении с контрольным образцом на 1,74% и 4,35% при внесении в рецептуру добавки из фукуса и ламинарии соответственно.



**Рисунок 1.** Влажность и плотность теста образцов вафельных хлебцев

Результаты исследования влияния вида вносимой добавки из бурых водорослей на физико-химические показатели готовых вафельных ржано-пшеничных хлебцев представлены в таблице 1.

Таблица 1

<b>Физико-химические показатели вафельных ржано-пшеничных хлебцев</b>			
<b>Наименование показателя</b>	<b>Контроль</b>	<b>Образец №1</b>	<b>Образец №2</b>
Влажность, %	5,19±0,02	6,48±0,03	6,20±0,06
Кислотность, град.	2,30±0,10	2,99±0,09	2,54±0,06
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %	4,02±0,10	4,20±0,15	4,15±0,12
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	7,57±0,19	7,96±0,23	7,57±0,22

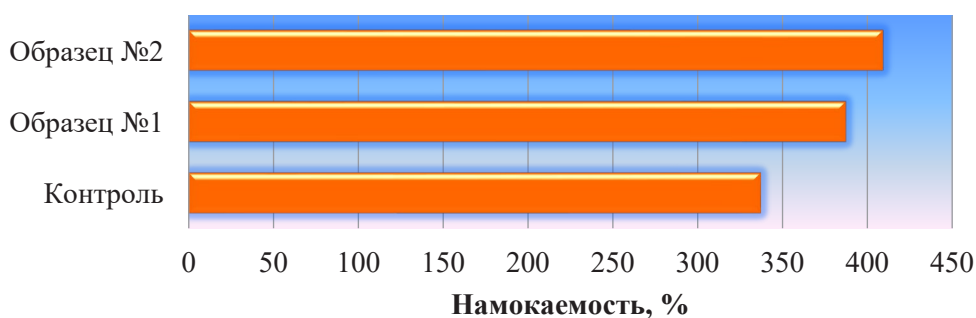
При внесении в рецептуру ржано-пшеничных хлебцев порошков из бурых водорослей (в независимости от вида водорослей) отмечено увеличение влажности готовых изделий в сравнении с контролем. Полученные результаты объясняются набуханием гидроколлоидов, содержащихся в функциональных добавках и обладающих высокой влагоудерживающей способностью, что препятствует свободному удалению влаги из продукта при выпечке. Кислотность опытных образцов вафельных хлебцев по сравнению с контрольным образцом увеличилась на 0,24 град. (на 10,4%) и на 0,69 град. (на 30%) при добавлении порошка ламинарии и фукуса соответственно. По содержанию сахара и жира опытные образцы вафельных ржано-пшеничных хлебцев не имели существенных отличий от контрольного образца, что показало отсутствие влияния наличия в рецептуре в выбранном количестве, а также вида функциональной добавки на содержание данных макроэлементов.

**Органолептическая оценка вафельных ржано-пшеничных хлебцев**

Наименование показателя	Характеристика		
	Контроль	Образец №1	Образец №2
Внешний вид:			
форма	Хлебцы плоские, тонкие, круглой или слегка овальной формы, без трещин		
поверхность	Шероховатая с характерным рельефом, без вздутий и вкраплений	Шероховатая с характерным рельефом, без вздутий, с небольшими вкраплениями	Шероховатая с характерным рельефом, без вздутий и вкраплений
цвет	От светло-серого до светло-коричневого		
Хрупкость	Изделия хрупкие, слегка ломающиеся		
Вид в изломе	С развитой пористостью, пропеченные, сухие, без следов непромеса		
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий, с еле ощутимым привкусом водорослей	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса
Запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий с легким ароматом водорослей	Свойственный данному виду изделий, с еле ощутимым ароматом водорослей

Результаты исследований показали наличие вкраплений, а также присутствие слегка ощутимого вкуса и аромата водорослей в образце вафельных хлебцев с добавлением порошка фукуса. При использовании в рецептуре хлебцев функциональной добавки из ламинарии, было отмечено присутствие в готовых изделиях еле ощутимого аромата водорослей, без изменения вкуса и внешнего вида продукта.

Одним из свойств вафельных хлебцев, косвенно характеризующих их пористость и плотность и обуславливающих нежную консистенцию и хруст при разжевывании продукта, является намокаемость. Намокаемость не является регламентируемым показателем, однако для исследования влияния вида вносимой добавки из бурых водорослей на качество готового продукта считали целесообразным определить изменение намокаемости вафельных хлебцев, т.к. намокаемость косвенно отражает вкусовые характеристики готового продукта. Результаты исследования представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Изменение намокаемости вафельных хлебцев при внесении функциональной добавки

Введение в рецептуру вафельных хлебцев функциональной добавки в виде порошка из бурых водорослей способствовало увеличению намокаемости опытных образцов в сравнении с контрольным на 50% при использовании порошка фукуса и на 72% при использовании порошка ламинарии. Полученные данные позволили предположить увеличение пористости и получение более рыхлой текстуры опытных образцов в сравнении с контрольным. Наряду со снижением плотности теста и повышением намокаемости готовых изделий можно сделать вывод, что внесение функциональной добавки из бурых водорослей способствовало получению готового продукта с более нежной консистенцией, причем при использовании ламинарии в рецептуре разница была более существенной.

#### 4. Выводы

Проведен анализ влияния вида функциональной добавки из бурых водорослей на органолептические и физико-химические свойства хлебобулочных изделий пониженной важности – вафельных ржано-пшеничных хлебцев. Установлено, что при внесении в рецептуру порошков из бурых водорослей фукус и ламинария снижается плотность теста, повышается влажность и намокаемость готовых изделий. Отмечено увеличение кислотности опытных образцов вафельных хлебцев по сравнению с контрольным образцом на 10,4% и на 30% при добавлении порошка ламинарии и фукуса соответственно. Показано отсутствие влияния наличия в рецептуре в выбранном количестве и вида функциональной добавки на содержание жира и сахара в готовом продукте. Изменение органолептических показателей вафельных ржано-пшеничных хлебцев при внесении функциональных добавок из бурых водорослей было незначительным, причем меньшее влияние на сенсорные характеристики оказало внесение в рецептуру продукта порошка ламинарии. Полученные результаты позволят в дальнейшем оптимизировать рецептуры хлебобулочных изделий пониженной важности по ключевому показателю – содержанию йода в конечном продукте при различных дозировках внесения добавки с сохранением приемлемых характеристик готового продукта.

#### Библиографический список

1. Smertina, E.S., Fedyanina, L.N., Lyakh, V.A., Chadova, T.V., Vershinina, A.G. (2016). Modern tendencies and prospects of using algae as an ingredient for bakery products. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(2), 989-997.
2. Кодзокова, М.Х., Кунашева, Ж.М. (2018). Влияние пищевых добавок из морских водорослей на качество хлебобулочных изделий. *Новые технологии*, 4, 28-33.
3. Сагдеева, Г.С., Айсина, Р.И. (2020). Исследование влияния пищевых волокон (порошка ламинарии) на качественные показатели хлеба из пшеничной муки. *Международный научно-исследовательский журнал*, 12(102), 173-176. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.029>
4. Ajisaka, K., Yokoyama, T., Matsuo, K. (2016). Structural characteristics and antioxidant activities of fucoidans from five brown seaweeds. *J. of Applied Glycoscience*, 63(2), 31–37.
5. Беседнова, Н.Н., Кузнецова, Т.А., Запорожец, Т.С., Крыжановский, С.П., Гажа, А.К., Добряков, Е.Ю., Звягинцева, Т.Н. (2020). Воздействие полисахаридов из морских водорослей на патогенетические мишени *Helicobacter pylori* – новое направление в терапии и профилактике хеликобактерной инфекции. *Антибиотики и химиотерапия*, 65 (1-2), 44-53. <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2020-65-1-2-44-53>
6. Подкорытова, А.В., Рощина, А.Н. (2021). Морские бурые водоросли — перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения. *Труды ВНИРО*, 186 (4), 156-172. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-156-172>
7. Wan-Loy, C., Siew-Moi, P. (2016). Marine algae as a potential source for antiobesity agents. *Mar Drugs*, 14(12), 222. <https://doi.org/10.3390/md14120222>
8. Беседнова, Н.Н., Крыжановский, С.П., Звягинцева, Т.Н., Персиянова, Е.В., Корнеева, И.А. (2019). Полисахариды морских водорослей в коррекции нарушений, связанных с метаболическим синдромом. *Антибиотики и химиотерапия*, 64(3-4), 58-69. <https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-10018>
9. Беседнова, Н.Н., Кузнецова, Т.А., Запорожец, Т.С., Крыжановский, С.П., Гусева, Л.Г., Звягинцева, Т.Н. (2020). Полисахариды морских водорослей – перспективные средства патогенетической терапии инфекционной диареи. *Антибиотики и Химиотерапия*, 65(7-8), 42-51. <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2020-65-7-8-42-51>
10. Sharma, P.P., Baskaran, V. (2021). Polysaccharide (laminaran and fucoidan), fucoxanthin and lipids as functional components from brown algae (*Padina tetrastratica*) modulates adipogenesis and thermogenesis in diet-induced obesity in C57BL6 mice. *Algal Research*, 54, Article 102187. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102187>.
11. Truong, T.P.T., Tran, T.M., Dai, T.X.T., Tran, Ch.L. (2023). Antihyperglycemic and anti-type 2 diabetic activity of marine hydroquinone isolated from brown algae (*Dictyopteris polypodioides*). *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 13(4), 408-416. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2023.03.007>.
12. Калинченко, С.Ю., Смыкалова, А.С., Ворслов, Л.О. (2019). Препараты на основе бурых водорослей: биологические свойства, возможности применения в медицине и диетологии. *Вопросы диетологии*, 9(1), 25-32. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-1-25-32>.



13. Семенова, Е.В. Билименко, А.С., Чеботок, В.В. (2019). Использование морских водорослей в медицине и фармации. *Современные проблемы науки и образования*, 5, 118.
14. Варзугина, М.А., Макачук, Р.Н., Яворский, А.С., Николаенко, О.А., Куранова, Л.К. (2015). Фукусовые водоросли Арктического региона – характеристика, направления использования. *Известия высших учебных заведений. Арктический регион*, 1, 48-53.
15. Кобзева, С.Ю., Жмурина, Н.Д., Подкопаева, З.П., Ашихина, Л.А., Тихойкина, И.М. (2016). Применение порошка ламинарии для повышения качества кулинарных изделий. *Вопросы питания*, 85 (S2), 193.
16. Пилипенко, Т.В. (2016). Использование сырья растительного происхождения при создании продуктов питания с функциональными свойствами. *Научный альманах*, 7-1(21), 427-429. <https://doi.org/10.17117/na.2016.07.01.427>
17. Дементьева, Н.В., Бойцова, Т.М. (2022). Обоснование технологии производства фитоконфет из ламинарии японской. *Пищевая промышленность*, 12, 70-73. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.12.12.014>
18. Tagliapietra, B.L., Clerici, M.T. (2023). Brown algae and their multiple applications as functional ingredient in food production. *Food Research International*, 167, Article 112655. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112655>.
19. Colonia, B., Pereira, G., Carvalho, J., Karp, S., Rodrigues, C., Soccol, V., Fanka, L., Soccol, C. (2023). Deodorization of algae biomass to overcome off-flavors and odor issues for developing new food products: Innovations, trends, and applications. *Food Chemistry Advances*, 2, Article 100270. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100270>.
20. Павлова, Т.А. (2023). Использование бурых водорослей в молочном деле. *Сыроделие и маслоделие*, 1, 45-47. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2023-1-46-48>.
21. Крехнова, А. П., Ворошилова, О. А. (2019, 19–21 марта). Влияние добавления синезеленых водорослей на качество булочных изделий. *Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование*. Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, Россия.
22. Заикина, М.А., Ковалева, А.Е., Пьяникова, Э.А., Рязанцева, А.С. (2021). Сравнительный анализ влияния пищевых добавок на технологию производства и качественные показатели хлеба пшеничного. *Вестник ВГУИТ*, 83, 2(88), 79-86. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-79-86>
23. Патент №2732439. Обогащенные ржано-пшеничные вафельные хлебцы / Ковалева О.А., Киреева О.С., Здрабова Е.М., Поповичева Н.Н. Опубл. 16.09.2020. Бюл. № 26.
24. Киреева, О.С. (2021). Применение природного йодсодержащего ингредиента в рецептуре обогащенных вафельных хлебцев. *Пищевые системы*, 4(3S), 121-124. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-121-124>
25. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / С.Я. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – 49 с.

## АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ НЕСООТВЕТСТВИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АЛЛЕРГЕНАМИ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

**Крюченко Е.В.**

*\*e-mail: l.kryuchenko@fnscps.ru*

*Научный руководитель: докт. техн. наук, проф., академик РАН Чернуха И.М.*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *пищевые аллергены, мясная продукция, несоответствия, ПЦР*

### АННОТАЦИЯ

С точки зрения общественного здравоохранения контроль пищевых аллергенов на предприятиях является одним из основных приёмов управления безопасностью пищевых продуктов, требуемой национальными и международными стандартами.

Исследование было проведено на мясоперерабатывающем предприятии, сертифицированном на соответствие требованиям стандарта ISO 22000:2018 «Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain» и схемы сертификации FSSC 22000.

Методом ПЦР было проведено исследование 15 образцов мясной продукции, произведенной на выбранном предприятии, на наличие бобовых (сои), глютена, горчицы, арахиса. В шести образцах были выявлены незаявленные аллергены в опасных для здоровья потребителя количествах. Полученные результаты свидетельствовали о необходимости анализа основных областей несоответствий, являющихся причиной непреднамеренного внесения аллергенов.

Представлены результаты по выявлению областей несоответствия при помощи разработанного чек-листа. Соответствие критериям, включенным в чек-лист, оценивалось методом интервью сотрудников предприятия и непосредственным наблюдением на месте. Наибольший уровень несоответствий по 7 группам критериев, установленным в чек-листе, был выявлен в разделах «Уборка», «Транспортировка и хранение» и «Осведомленность об опасностях».

## ANALYSIS OF AREAS OF NON-COMPLIANCE IN ALLERGEN MANAGEMENT IN A MEAT PROCESSING PLANT

**Kryuchenko E.V.**

*e-mail: l.kryuchenko@fnscps.ru*

*Supervisor of studies: Chernukha I.M.*

*V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *food allergens, meat products, inconsistencies, PCR*

### ABSTRACT

From a public health point of view, the control of food allergens in enterprises is one of the main methods of food safety management required by national and international standards.

The research was conducted at meat processing plant in the Moscow region, which is certified for compliance with the requirements of ISO 22000:2018 “Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain” and FSSC22000 certification scheme.

The PCR method was used to study 15 samples of meat products manufactured at the selected enterprise for the presence of legumes (soybeans), gluten, mustard, and peanuts. In six samples, undeclared allergens were detected in quantities hazardous to the health of the consumer. The results obtained indicated the need to analyze the main areas of inconsistencies that are the cause of unintentional introduction of allergens.

The results of identifying areas of inconsistency using the developed checklist are presented. Compliance with the criteria included in the checklist was assessed by interviewing employees of the enterprise and direct observation on the spot. The highest level of inconsistencies in 7 groups of criteria established in the checklist was identified in the sections «Cleaning», «Transportation and storage» and «Hazard awareness».

## 1. Введение

Пищевые аллергены оказывают отрицательное влияние на здоровье и качество жизни людей с гиперчувствительностью, вызываемой некоторыми компонентами пищевой продукции [1].

Ряд публикаций зарубежных авторов содержат результаты исследований по анализу причин непреднамеренного попадания аллергенов в пищевую продукцию при производстве [2-5].

Учитывая тот факт, что недостаточное управление аллергенами может негативно отразиться на здоровье и качестве жизни потребителей, необходимо определить области несоответствия при управлении аллергенами.

Целью исследования являлось проведение анализа продукции выбранного предприятия на наличие аллергенов и выявление по результатам опроса сотрудников предприятия и непосредственного наблюдения за производственным процессом существенных несоответствий при управлении аллергенами, которые повлекли непреднамеренное попадание аллергенов в продукцию.

## 2. Материалы и методы

В качестве объекта исследования было выбрано мясоперерабатывающее предприятие, расположенное в Московской области. На предприятии с 2013 года внедрена система менеджмента безопасности пищевой продукции, сертифицированная на соответствие схеме сертификации FSSC 22000 и международному стандарту ISO 22000:2018 «Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain». На предприятии ранее уже была разработана и внедрена программа управления аллергенами, как этого требуют схема сертификации FSSC 22000 и стандарт ISO 22000:2018 «Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain».

Для оценки степени актуальности проблемы управления аллергенами на данном предприятии было проведено исследование выпускаемой продукции на наличие в ней аллергенов. Образец в виде упакованного в оболочку продукта в количестве не менее 500 г отбирался непосредственно на предприятии на складе хранения. Образцы доставлялись в охлаждаемом контейнере и хранились до момента исследований при температуре от 2 °С до 4 °С в течение не более 24 часов. Для исследования было отобрано 15 наименований мясной продукции 8 видов, поскольку они пользуются наибольшим спросом у потребителей.

### **Исследование продукции предприятия на наличие аллергенов качественным ПЦР**

Продукция исследовалась на наличие ДНК глютенсодержащих злаковых растений, сои, горчицы и арахиса.

#### ***Пробоподготовка***

От каждого образца колбасных изделий было отобрано по 100 г. полученную навеску измельчали на ножевом гомогенизаторе GRINDOMIX GM 200 (Retsch, Naan, Germany) до гомогенного состояния. Измерение массы производили на весах HR-150AZ (AND, Korea), предел взвешивания -150 г, I класса точности.

#### ***Выделение ДНК***

От объектов исследования отбирали по 100 мг образца для выделения из него ДНК. Сам процесс проводился с использованием коммерческих наборов Сорб-ГМО-Б (ЗАО «Синтол», Россия) согласно инструкции. Принцип метода основан на сорбции свободной ДНК на частичках Силики.

#### ***Условия проведения ПЦР в реальном времени***

Реакционная смесь объёмом 30 мкл содержала 2,5 мкл 10x ПЦР-буфера, 2,5 мкл MgCl<sub>2</sub> концентрацией 2,5 мМ, 2,0 мкл dNTP, нуклеотиды в концентрации 25 мМ, SynTaq-полимеразы 2,5 Е.А., праймеры, видоспецифичные к митохондриальному участку гена COX1 вносили в смесь в концентрации 300 нМ и 2 мкл выделенной ДНК. Реактивы производства ЗАО «Синтол», Россия.

Режим амплификации: предварительная денатурация при температуре 95 °С в течении 420 с; отжиг-элонгация при температуре 60 °С в течении 40 с, денатурация при температуре 95 °С в течении 15 с, продолжительность программы амплификации 45 циклов. Предел обнаружения (LOD) метода ≤ 0,001%. Проба амплифицировалась в трех повторах. ПЦР в реальном времени проводили на амплификаторе АНК-32 (ЗАО «Синтол», Россия).

#### **Разработка и проверка чек-листа**

Исследование проводилось методом интервью сотрудников предприятия и непосредственным наблюдением на месте.

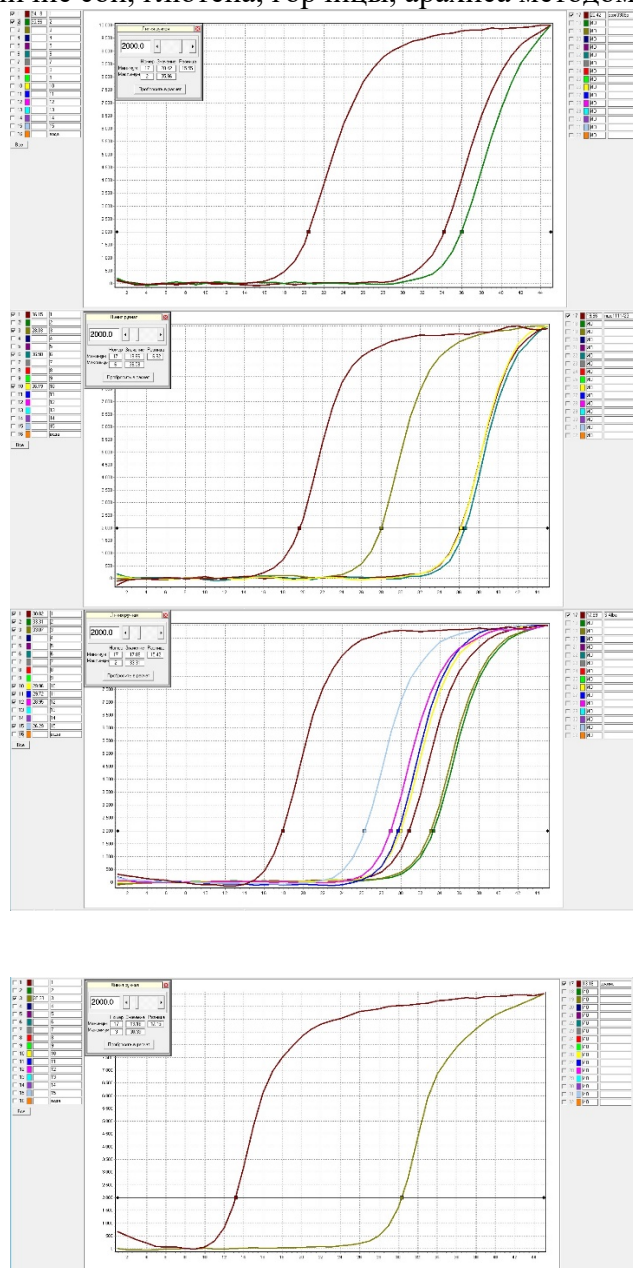
Чек-лист основан на доступных источниках литературы по управлению пищевыми аллергенами и на требованиях, изложенных в стандартах на системы менеджмента безопасности пищевой продукции, таких как ISO 22000 (ISO/TS 22002-1), FSSC 22000, BRC, IFS.

Интервьюировано 11, человек. Это члены группы безопасности пищевой продукции, руководство, персонал основных цехов.

### 3. Результаты и обсуждение

С целью разработки управляющих мероприятий риска непреднамеренного попадания аллергенов применительно к готовой продукции выбранного для проведения исследования предприятия периодически в течение шести месяцев проводились исследования на наличие глютена, сои, горчицы, арахиса методом ПЦР.

Результаты исследования наиболее популярных групп продукции выбранного предприятия на наличие сои, глютена, горчицы, арахиса методом ПЦР представлены на рисунках 1-4.



**Рисунок 1.** Кривые амплификации ДНК положительных контролей и образцов, давших положительный результат. Соя обнаружена в сосисках «Молочные», «Сливочные»

**Рисунок 2.** Кривые амплификации ДНК положительных контролей и образцов, давших положительный результат. Глютен обнаружен в сосисках «Молочные», сардельках «Докторские», колбасе вареной «Телячья», колбасе полукопченой «Краковская»

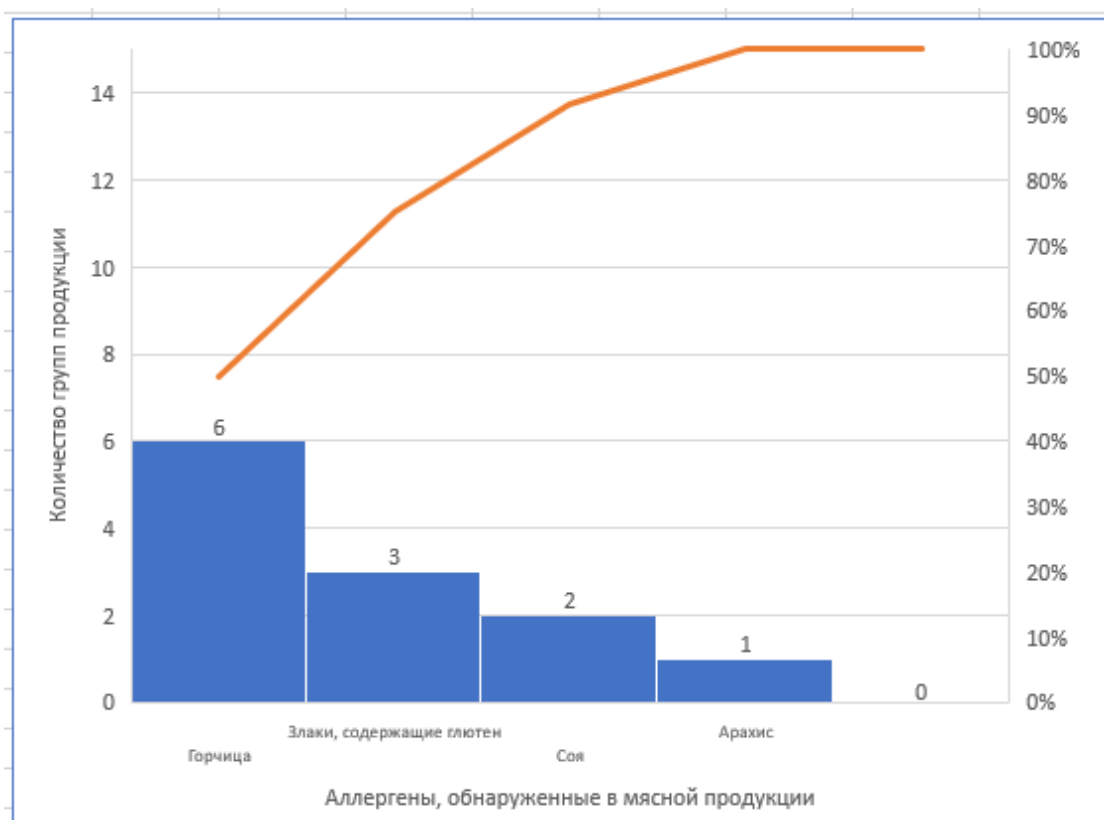
**Рисунок 3.** Кривые амплификации ДНК положительных контролей и образцов, давших положительный результат. Горчица обнаружена в сосисках «Молочные», «Сливочные», сардельках «Докторские», колбасе полукопченая «Краковская», колбасе жареной «Украинская жареная», колбасе варено-копченой «Сервелат», колбасках «Аджарские с травами»

**Рисунок 4.** Кривые амплификации ДНК положительных контролей и образцов, давших положительный результат. Арахис обнаружен в сардельках «Докторские»

Таким образом, было выявлено, что в пятнадцати исследуемых группах наиболее популярной мясной продукции, вырабатываемой на предприятии, систематически выявлялись незаявленные аллергены. Причем, один образец мог содержать сразу несколько аллергенов.

Далее была построена Диаграмма Парето (рисунок 5), которая позволила наглядно представить и оценить частоту вероятности возникновения риска непреднамеренного попадания аллергенов.





**Рисунок 5.** Обобщенные результаты исследований мясной продукции, осуществленные в период с марта по август 2020 г.

Из диаграммы видно, что почти в каждом втором исследованном образце выявлена горчица, в каждом пятом – глютен, в каждом 7 – соя. Следует отметить, что также выявлен незаявленный арахис, что особенно опасно ввиду его высокой аллергенности.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости определения наиболее уязвимых областей предприятия с точки зрения риска непреднамеренного попадания аллергенов в продукцию. С этой целью был проведен *анализ производственной среды выбранного предприятия*.

Исследование проводилось методом интервью сотрудников предприятия и непосредственным наблюдением на месте в соответствии с разработанным чек-листом, который включает в себя 7 критериев оценки и 41 вопрос, которые охватывают все аспекты организации производства мясных продуктов на предприятии. По критериям «осведомленность об опасности», «идентификация пищевых аллергенов», «мойка, упаковка и маркировка» освещено по 5 вопросов, по критериям «транспортировка и хранение», «перекрестное загрязнение» освещено по 7 вопросов, по критерию «управление» освещено 6 вопросов.

Чек-лист основан на доступных источниках литературы по управлению пищевыми аллергенами и на требованиях, изложенных в стандартах на системы менеджмента безопасности пищевой продукции, таких как ISO 22000 (ISO/TS 22002-1), FSSC 22000, BRC, IFS.

Интервьюировано 11, человек. Это члены группы безопасности пищевой продукции, руководство, персонал основных цехов.

В результате проведения интервью сотрудников предприятия и непосредственного наблюдения на месте были выявлены уязвимые места в работе системы менеджмента безопасности пищевой продукции, внедренной на предприятии, в области управления аллергенами. Было определено, что не все сотрудники предприятия прошли обучение по управлению пищевыми аллергенами. Есть риск перекрестной контаминации продукции свободной от аллергенов при производстве на одной линии с аллергенсодержащими продуктами. Отсутствует подтверждение эффективности мойки с точки зрения наличия остатков аллергенов. Процентное распределение несоответствий, представлены на рисунке 6.





**Рисунок 6.** Процентное распределение областей несоответствий, выявленных на предприятии.

#### 4. Выводы

В ходе данной работы была исследована продукция выбранного предприятия на наличие глютена, сои, горчицы и арахиса. Из 15 исследованных образцов 2 образца содержали сою, 3 – глютен, 6 – горчицу, 1 – арахис, причем в 4 исследованных образцах содержалось 2-3 аллергенных компонента одновременно. Данные результаты подтвердили необходимость проведения анализа областей несоответствий. Наибольший уровень несоответствий по 7 группам критериев, установленным в чек-листе, был выявлен в разделах «Уборка», «Транспортировка и хранение» и «Осведомленность об опасностях».

#### Библиографический список

1. Spatz, K. (2018). Allergens: An Enhanced Focus. *Journal of AOAC International*, 101(1), 56–59. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0435>
2. Dzwolak, W. (2017). Assessment of food allergen management in small food facilities. *Food Control*, 73, 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.019>
3. Dzwolak, W. (2022). Allergen cross-contact control plan supporting the implementation of food allergen management (FAM) in small food businesses. *Food Control*, 135, Article 108777. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108777>
4. Koeberl, M., Clarke, D., Allen, K. J., Fleming, F., Katzer, L., Lee, N. A. et al. (2018). Food Allergen Management in Australia. *Journal of AOAC International*, 101(1), 60–69. <https://doi.org/jaoacint.17-0386>
5. Jia, L., Evans, S. (2021). Improving food allergen management in food manufacturing: An incentive-based approach. *Food Control*, 129, Article 108246. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108246>

## ВЛИЯНИЕ РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЛИЧИНОК МУХИ ЧЕРНАЯ ЛЬВИНКА

Кузнецова К.Г.\* , Мечтаева Е.В., Мещеряков А.А., Сутула Г.И.

\*e-mail: k.kuznetsova@fneps.ru

Научный руководитель: канд. вет. наук Журавлева А.З<sup>1</sup>

*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал  
Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** личинки черной львинки, энтобиомасса, рацион питания насекомых, кормовой белок, биоконверсия

### АННОТАЦИЯ

Целью исследования является анализ влияния экспериментальных рационов кормления с добавлением рыбной муки (РМ) на прирост биомассы, скорость развития, аккумуляцию белка и жира в личинках черной львинки. Смоделированы рационы кормления из пшеничных отрубей с разным содержанием РМ 0%; 5%; 15%; 30%, в качестве контроля использовали диету, состоящую из куриного корма (КК). Максимальный прирост энтобиомассы наблюдался у личинок на контрольной диете. Наибольшее содержание белка зафиксировано на рационах с добавлением рыбной муки 15% и 30%. Наибольшее содержание жира выявлено на высокоуглеводном рационе – РМ 0%. Скорость развития личинок на смоделированных рационах питания оценивалась в последний день по количеству предкуколок. Наибольшее количество предкуколок наблюдалось на РМ 15% и РМ 30%. Полученные результаты позволят подобрать оптимальный рацион питания для повышения экономической эффективности технологии биоконверсии и оптимизации процесса получения энтомологической биомассы с высоким содержанием белка и жира для использования в кормовом производстве.

**Финансирование:** Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS 2022–0017 и № FGUS 2022–0018 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук

## IMPACT OF FEEDING RATIONS ON QUALITY PERFORMANCE OF BLACK SOLDIER FLY LARVAE

Kuznetsova K. G.\* , Mechtaeva E.V, Meshcheriakov A. A., Sutula G. I.

*Supervisor of studies: Zhuravleva A.Z.*

*All-Russian Scientific-Research Institute of Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal  
Research Center for Food Systems of RAS, Saint Petersburg, Russia*

**KEYWORDS:** Black Soldier Fly larvae, Entobiomass, Insect diet, Feed protein, Bioconversion

### ABSTRACT

The aim of the study was to analyze the effect of experimental diets with fish meal (FM) on biomass growth, development rate, protein and fat accumulation in black soldier fly larvae. Feeding diets with wheat bran and different FM contents of 0%; 5%; 15%; 30% were simulated, and a diet with chicken feed was used as a control. The highest increase in entomological biomass was recorded in larvae fed the control diet. The highest protein content was found in larvae fed with the diets containing 15% and 30% of FM. The highest fat content was found on the high-carbohydrate diet, FM 0%. The rate of larval development on the simulated diets was assessed on the last day by counting the number of prepupae. The highest number of prepupae was observed on FM 15% and FM 30%. The obtained results will allow to choose the optimal diet for increasing the economic efficiency of bioconversion technology and optimizing the process of production of entomological biomass with high protein and fat content for feed production.

**Funding:** This research was a part of the research topics № FGUS-2022-0017 and № FGUS-2022-0018 of the state assignment of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS

## 1. Введение

Численность населения мира растет экспоненциально и к 2050 году может превысить 9,8 миллиарда человек [1]. В связи с этим, устойчивое достижение продовольственной безопасности представляет собой важную задачу с точки зрения поиска новых продовольственных и сельскохозяйственных ресурсов и сокращения количества органических отходов [2, 3].

Муха чёрная львинка (*Hermetia illucens*) относится к семейству *Stratiomyidae*, в дикой природе встречается в тропических и субтропических регионах Южной Америки [4]. Личинки чёрной львинки обладают способностью успешно утилизировать широкий спектр органических отходов [5].

Энтомологическая биомасса личинок черной львинки содержит высокий уровень белка и жира по сравнению с другими видами съедобных насекомых [6]. Подбор оптимального рациона питания для *Hermetia illucens*, подходящего по нутриентному составу, является перспективным направлением исследований, потому что позволит повысить эффективность биоконверсии органических отходов и достичь большего содержания белка и жира в энтомологической биомассе [7].

Целями данного исследования являлись: определение влияния состава рациона питания на скорость развития личинок мухи черная львинка, анализ накопления белка и прироста биомассы. Настоящее исследование представляет интерес с точки зрения повышения экономической эффективности выращивания энтомологической биомассы личинок данного вида насекомого.

## 2. Материалы и методы

Эксперимент проводился на базе лаборатории промышленных биотехнологических инноваций Всероссийского научно-исследовательского института пищевых добавок. Яйца личинок были изначально помещены на исследуемые рационы питания, на которых проходила их инкубация при температуре  $27 \pm 2$  °C и при относительной влажности 70% в термостате лабораторном ТС-80 (Россия). Для каждого рациона питания проводилось по 3 параллельных эксперимента. После вылупления личинок, все контейнеры были перемещены из инкубатора в специальную климатическую комнату площадью 3 м<sup>2</sup>. Личинок выращивали при  $T=25 \pm 2$ °C и относительной влажности  $55 \pm 5\%$ ; фотопериод составил 12:12 часов (Д: Н). На восьмой день жизни личинок переселяли в более крупные контейнеры 15x20x30 см.

### *Исследуемые рационы кормления*

Для данного эксперимента были подготовлены следующие рационы питания, состоящие из отрубей пшеничных (ГОСТ 7169–2017 «Отруби пшеничные. Технические условия») с разным содержанием белковой добавки – рыбной муки (РМ) (ГОСТ 2116–2000 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия»): РМ 0% – отруби пшеничные без добавления рыбной муки; РМ 5% – отруби пшеничные с замещением 5% массы рыбной мукой; РМ 15% – рацион с замещением 15% массы отрубей рыбной мукой; РМ 30% – замещение 30% массы отрубей рыбной мукой. В качестве контроля использовали куриный корм ГОСТ 18221–2018 «Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы». Нутриентный состав всех исследованных кормов представлен в таблице 1.

Таблица 1

### Содержание макроэлементов в исследуемых рационах питания

	КК	РМ 0%	РМ 5%	РМ 15%	РМ 30%
Белки, %	14	16	19	24	32
Жиры, %	3	4	4	5	6
Углеводы, %	15	17	16	14	12

### *Определение жира, белка и влажности*

Сырой жир определяли по ГОСТ 13496.15–2016 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира»; содержание сырого протеина определяли по ГОСТ 13496.4–2019 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье», для перерасчета общего белка был применен коэффициент 6,25; влагу в анализируемых образцах определяли по ГОСТ Р 54951–2012 «Корма для животных. Определение содержания влаги».

### Измерение массы личинок

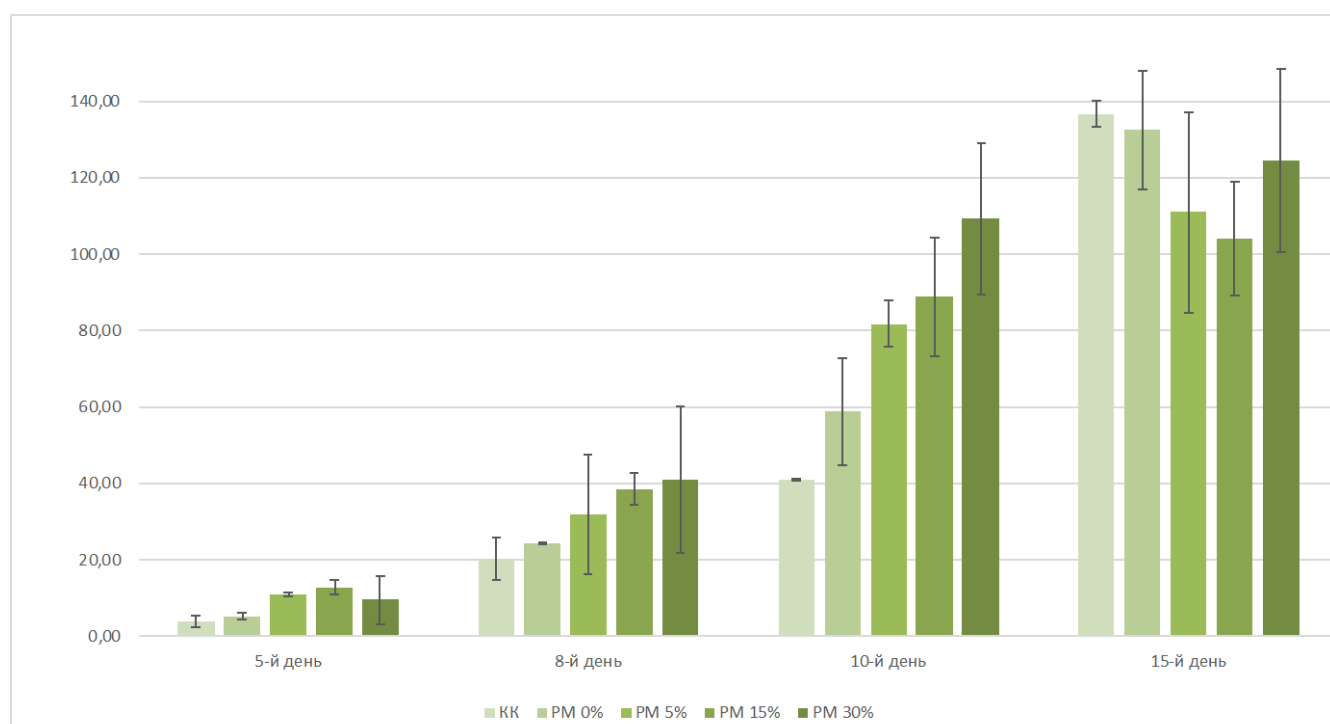
Измерение массы личинок чёрной львинки проводили для каждой повторности 4 раза в течение всего периода эксперимента. Для этого из каждого из 16 контейнеров отбиралась аликвота 25–35 особей, личинок, которых отделяли от субстрата, промывали на сите, удаляли излишки воды фильтровальной бумагой и взвешивали на лабораторных весах AND GX-800, с точностью  $\pm 0,001$  г (Япония). Конечную массу биогумуса измеряли на лабораторных весах ADAM HCB-2202, с точностью  $\pm 0,01$  (Великобритания). После взвешивали личинок возвращали в тот же контейнер, откуда доставали. В конце эксперимента всех личинок вынимали из субстрата, промывали, взвешивали и подсчитывали количество предкуколок.

### 3. Результаты и обсуждение

Измерение массы проводилось 4 раза за весь период проведения эксперимента. Первый раз массу измеряли на пятый день жизни личинок, второе измерение массы осуществлялось на восьмой день жизни личинок, далее измерение провели на десятый день жизни личинок, последним днем эксперимента был пятнадцатый день жизни личинок. На рисунке 1 представлена диаграмма изменения средней сырой массы в перерасчете на одну особь на каждом из экспериментальных рационов питания, значения указаны со стандартным отклонением.

В первый день измерения наблюдались значимые различия в изменении биомассы для исследуемых рационов питания  $KK=3,79\pm 1,66$ ;  $PM\ 0\%=5,08\pm 0,80$ ;  $PM\ 5\%=10,85\pm 0,64$ ;  $PM\ 15\%=12,73\pm 1,95$ ;  $PM\ 30\%=9,39\pm 6,36$ ; на восьмой день эксперимента наблюдались незначительные изменения в приросте биомассы личинок  $KK=20,23\pm 4,07$ ;  $PM\ 0\%=24,27\pm 6,13$ ;  $PM\ 5\%=31,94\pm 11,43$ ;  $PM\ 15\%=38,42\pm 16,89$ ;  $PM\ 30\%=40,91\pm 15,03$ . Десятый день эксперимента:  $KK=41,03\pm 7,13$ ;  $PM\ 0\%=58,76\pm 11,43$ ;  $PM\ 5\%=81,75\pm 22,64$ ;  $PM\ 15\%=88,89\pm 12,66$ ;  $PM\ 30\%=109,34\pm 14,40$ . В последний день эксперимента проведено заключительное взвешивание, средняя биомасса одной особи для каждого рациона питания составила  $KK=136,76\pm 6,36$ ;  $PM\ 0\%=132,58\pm 19,12$ ;  $PM\ 5\%=110,96\pm 19,70$ ;  $PM\ 15\%=104,11\pm 24,00$ ;  $PM\ 30\%=124,52$  мг. В данном исследовании не выявлено влияние содержания белка в рационе кормления на общий прирост биомассы личинок черной львинки.

Обнаружена прямая зависимость между содержанием белка в рационе и содержанием влаги в личинках. Коэффициент корреляции ( $r = -0,65$ ) указывает на наличие отрицательной линейной зависимости содержания влаги в личинке от белка в рационе питания. Таким образом, мы можем говорить об увеличении плотности личинок на рационах с высоким содержанием белка.



**Рисунок 1.** Изменение средней массы особи на исследуемых рационах питания значение  $\pm$  стандартное отклонение (SD)

Наибольшее количество предкуколок было обнаружено в случае кормления личинок *Hermetia illucens* рационами с наибольшим содержанием РМ – 15 и 30%. Исходя из этого можно предположить, что добавление рыбной муки сокращает продолжительность жизненного цикла чёрной львинки.

#### Содержание жира в личинках черной львинки

Полученные данные о содержании жира, белка и влаги в личинках мухи черной львинки, выращенной на разных рационах питания, представлены в таблице 2.

Таблица 2

#### Среднее содержание белка, жира и влаги в личинках и стандартная ошибка среднего (SE) при n=3 (на сухое вещество СВ)

	Общий жир		Белок		Влага	
	Значение	SE	Значение	SE	Значение	SE
КК	26,52	0,53	41,37	1,57	72,39	0,80
РМ 0%	41,57	1,75	48,97	4,08	70,28	0,86
РМ 5%	28,02	0,21	51,65	0,65	69,79	1,25
РМ 15%	26,52	2,51	53,31	0,67	69,92	0,39
РМ 30%	25,97	1,25	54,33	1,02	66,93	2,23

Самое высокое содержание сырого жира выявлено у личинок, которые росли на рационе питания РМ 0%, это может быть связано с самым высоким содержанием углеводов в рационе РМ 0% (согласно таблице 1 и 2). Личинки, которые росли на диете с повышенным содержанием жира и белка (РМ 5%; РМ 15%; РМ 30%) имели наименьшую концентрацию жира ( $n=3$ ;  $F > F_{кр}$ ;  $P=0,0005$ ). Зависимости между содержанием жира в рационах питания и жиром в личинках обнаружено не было ( $r = -0,25$ ).

В рационе питания РМ 0% без добавления рыбной муки наблюдалось самое высокое содержание углеводов. Корреляционный анализ показал наличие прямой зависимости, указывающей, что более высокое содержание перевариваемых углеводов влияет на увеличение содержания жира в личинках ( $r=0,73$ ).

К похожему выводу пришли авторы работ [8] и [9], которые так же подтвердили, что на концентрацию жира в личинках черной львинки не влияет концентрация жира в рационе питания.

#### 4. Выводы

В настоящем исследовании было выявлено, что рацион питания с высоким содержанием белка (19%; 24%; 32%) не влияет на прирост биомассы личинок черной львинки, самый высокий прирост биомассы наблюдался на контрольном рационе питания КК (136,76±6,36 мг) с низким содержанием белка (14%).

Самое высокое содержание жира выявлено у личинок, рацион которых содержал самую высокую концентрацию углеводов (РМ 0%).

При увеличении концентрации белка в рационе питания наблюдалась более высокая концентрация белка в личинках, самое высокое содержание составило 54,33±1,02% на рационе питания с 32% (РМ 30%) концентрацией белка.

Высокое содержание белка положительно повлияло на скорость развития личинок: наибольшее количество предкуколок наблюдалось на белковых рационах и составило РМ 15% и РМ 30%.

#### Библиографический список

1. World Population Prospects: The 2017 Revision, UN DESA. Retrieved from: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>. Accessed May 20, 2023
2. Herrero, M., Wirseniuss, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., Gerber, P.J. (2015). Livestock and the environment: what have we learned in the past decade?. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 177-202. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503>
3. Tallentire, C.W., Mackenzie, S.G., Kyriazakis, I. (2018). Can novel ingredients replace soybeans and reduce the environmental burdens of European livestock systems in the future? *Journal of Cleaner Production*, 187, 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.212>



4. Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of cleaner production*, 208, 211–219 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
5. Mutafela, R.N. (2015). High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion: onsite pilot study.
6. Zheng, L., Hou, Y., Li, W., Yang, S., Li, Q., Yu, Z. (2012). Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy*, 47(1), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.006>
7. Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A., Rojo, S. (2013). The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 110(3), 461. <https://doi.org/14411/eje.2013.061>
8. Leong, S.Y., Kutty, S.R. M., Tan, C.K., Tey, L.H. (2015). Comparative study on the effect of organic waste on lauric acid produced by *Hermetia illucens* larvae via bioconversion. *Journal of Engineering Science and Technology*, 8(2015), 52–63.
9. Pimentel, A. C., Montali, A., Bruno, D., Tettamanti, G. (2017). Metabolic adjustment of the larval fat body in *Hermetia illucens* to dietary conditions. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(4), 1307-1313. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.09.017>

## СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кулишова К.Е.<sup>1,2\*</sup>, Бянкина Е.С.<sup>1</sup>

\*e-mail: k.kulichova@fncps.ru

Научный руководитель: канд. хим. наук, Рудометова Н.В.

<sup>1</sup>Всероссийский научно – исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ  
«ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бета-каротин, бета-циклодекстрин, ванилин, супрамолекулярные комплексы

### АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрено влияние процессов комплексообразования на стабильность ингредиентов в составе супрамолекулярных структур. Отмечено, что образование комплексов ванилина с бета-циклодекстрином предотвращает интенсивное испарение вкусоароматического вещества при повышенной температуре.

Проведенное исследование по влиянию мультикомпонентного состава на замедление деградации бета-каротина показало, что при включении в комплекс антиокислителей, а именно, ванилина, скорость окисления красителя снижается на 60 % в условиях хранения при температуре 2...5 °С. При ультрафиолетовом облучении в течение 50 часов потери красящих веществ в два раза меньше, чем у кристаллического бета-каротина.

Отмечено, что введение в состав комплекса антиокислителей, в частности ванилина, позволяет создать комплексные пищевые добавки мультифункционального назначения, обладающие функциональными, ароматическими и красящими свойствами.

### Creation of an innovative food additive with multifunctional properties

Kulichova K.E.<sup>1,2\*</sup>, Byankina E.S.<sup>1</sup>

\*e-mail: k.kulichova@fncps.ru

Supervisor of studies: Rudometova N.V.

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>University ITMO, St. Petersburg, Russia

**KEYWORDS:** beta-carotene, beta-cyclodextrin, vanillin, supramolecular complexes

### ABSTRACT

Current investigation is dedicated to the influence of complex formation processes on stability of ingredients in the composition of supramolecular structures. It was noted that formation of vanillin complexes with beta-cyclodextrin prevents intensive evaporation of the flavoring substance at elevated temperatures.

A study on the effect of a multicomponent composition on slowing down the beta-carotene degradation showed that when antioxidants, namely vanillin, are included in the complex, the dye oxidation rate decreases by 60% under storage at a temperature of 2...5 °С. In condition of ultraviolet irradiation for 50 hours, the loss of coloring matter in complexes is two times less than that of crystalline beta-carotene.

It is noted that appending vanillin to the composition of the complex makes it possible to create food additive with multifunctional properties: functional, aromatic and coloring.

## 1. Введение

Применение современных технологий глубокой переработки сырья влечет за собой изменение химической структуры, физико-химических и органолептических свойств ингредиентов, в том числе вкуса, аромата, спектральных характеристик, в готовых продуктах. Поэтому для сохранения привлекательных потребительских свойств возникает необходимость усиления и восстановления их свойств с помощью пищевых добавок.

Бета-каротин широко используется в пищевой промышленности, особенно в кондитерской отрасли [1]. В составе пищевых продуктов он достаточно устойчив к термической обработке, однако в растворах чувствителен к воздействию кислот, кислорода и света [2, 3]. Из-за своей лабильности, нерастворимости в воде и трудностей с дозированием, кристаллический бета-каротин практически не применяется в пищевой промышленности. Краситель используется в виде комплексных пищевых добавок, в состав которых входят различные ингредиенты, например циклодекстрины, чье действие направлено на стабилизацию и модификацию физико-химических свойств бета-каротина [4-8]. Образование супрамолекулярных наноконплексов на основе бета-циклодекстрина приводит к гидрофилизации красителя, увеличению его стабильности при хранении и устойчивости к ультрафиолетовому облучению, но не предотвращает уже начавшийся процесс окислительной дегградации [9, 10].

Введение в состав комплекса антиокислителей, в частности ванилина [11], позволит создать комплексные пищевые добавки мультифункционального назначения, обладающие функциональными, ароматическими и красящими свойствами. Однако следует учитывать, что ванилин термо- и светочувствителен, легко испаряется и плохо растворяется в воде [12, 13].

Следовательно, необходимо оценить влияние комплексообразования ванилин:бета-циклодекстрин на потери ванилина, а также определить влияние ванилина в составе мультикомплексной системы на содержание бета-каротина.

## 2. Материалы и методы

В данной работе использовали бета-каротин E160a (i) кристаллический (50 %) производства КНР, бета-циклодекстрин производства фирмы «Roquette», Франция, ванилин Vanillin Regular Pure производства компании «Votregaard», Норвегия.

### *Определение массовой доли ванилина*

Измерение проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Varian-LC 920 с колонкой Polaris C8-A 150×4,6 мм 5 мкм с использованием диодно-матричного детектора. В качестве подвижной фазы использовалась смесь ацетонитрила с водным раствором дигидроортофосфата аммония и ортофосфорной кислотой. Скорость потока 0,8 см<sup>3</sup>·мин<sup>-1</sup>. Температура колонки 28 °С. Детектирование проводилось при длине волны 280 нм.

Подготовка пробы для анализа заключалась в полном растворении анализируемого образца в 20 %-ом водном растворе ацетонитрила.

### *Определение массовой доли красящих веществ бета-каротина*

Измерение проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Varian-LC 920 с колонкой Hypersil 5 AA-ODS 200x2.1 мм с использованием диодно-матричного детектора. В качестве подвижной фазы использовали тетрагидрофуран и 0,5 % раствор аскорбиновой кислоты в метаноле со скоростью потока 0,3 см<sup>3</sup>·мин<sup>-1</sup>. Температура колонки 30 °С. Детектирование проводили при длинах волн 453 нм и 270 нм.

Подготовка пробы для анализа заключалась в полном растворении анализируемого образца в тетрагидрофуране.

### *Получение смесей и комплексов бета-циклодекстрин:ванилин*

Сухие смеси получали смешением ванилина и бета-циклодекстрина в течение 10 минут в молекулярных соотношениях 1:1 и 1:2.

Комплексы бета-циклодекстрина и ванилина (молекулярное соотношение 1:1, 2:1 и 1:2) получали при интенсивном перемешивании в пастообразном состоянии (твердофазный метод) в течение трех часов, периодически добавляя по каплям 50 %-ый раствор этанола. Полученные пасты сушили в эксикаторе при температуре 22...24 °С.

Жидкофазный метод получения комплексов заключался в приготовлении раствора носителя в 50 %-ом растворе этанола и добавлении к нему кристаллического ванилина при перемешивании. Раствор выдерживали 65 ч при температуре 3...5 °С. Полученный осадок отфильтровывали и высушивали.

### *Получение мультикомплексов бета-циклодекстрин:бета-каротин:ванилин*

Мультикомплексы бета-циклодекстрин:бета-каротин:ванилин (массовое соотношение 2:1:1 и 6:3:1) получали при интенсивном перемешивании в пастообразном состоянии в течение 4 часов. Полученные пасты высушивали в эксикаторе до влажности 15 % при температуре 3...5 °С.

### *Определение влияния бета-циклодекстрина на стабильность ванилина*

Исследование проводили путем определения содержания ванилина в комплексах и смесях после температурной обработки. Для этого 0,5 г анализируемого образца помещали в сушильный шкаф при 105 °С на 8 ч и при 200 °С на 10 мин и 20 мин, с последующим охлаждением образцов в эксикаторе до комнатной температуры. Потери определяли в пересчете на сухие вещества.

### *Определение стабильности бета-каротина при ультрафиолетовом облучении*

Светостойкость бета-каротина определяли при хранении образцов и их водных растворов при температуре 19...21 °С в условиях ультрафиолетового облучения с максимумом при длине волны 253,7 нм.

### *Определение стабильности бета-каротина при хранении*

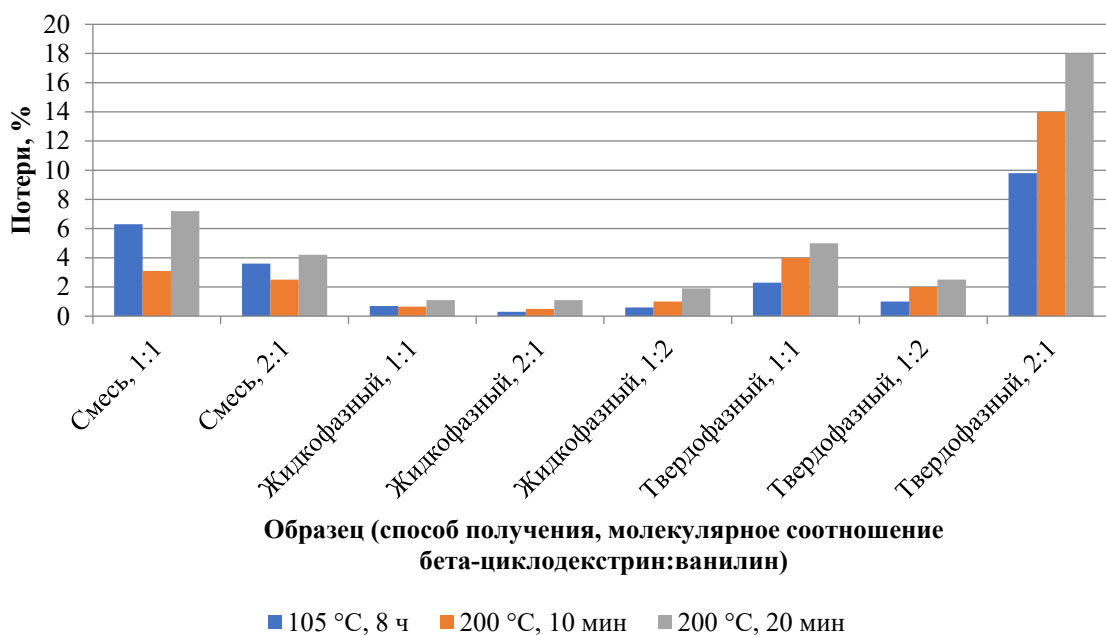
Стабильность бета-каротина определяли в условиях хранения сухих образцов при температуре 3...5 °С.

### *Статистическая обработка*

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программе Microsoft Excel 2013. Все измерения проводили в трех повторностях, доверительные интервалы рассчитывали для доверительной вероятности  $P = 95 \%$ .

## 3. Результаты и обсуждение

Проведено исследование влияния бета-циклодекстрина при температурном воздействии на стабильность ванилина в составе комплекса. Результаты представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Потери ванилина в результате температурной обработки

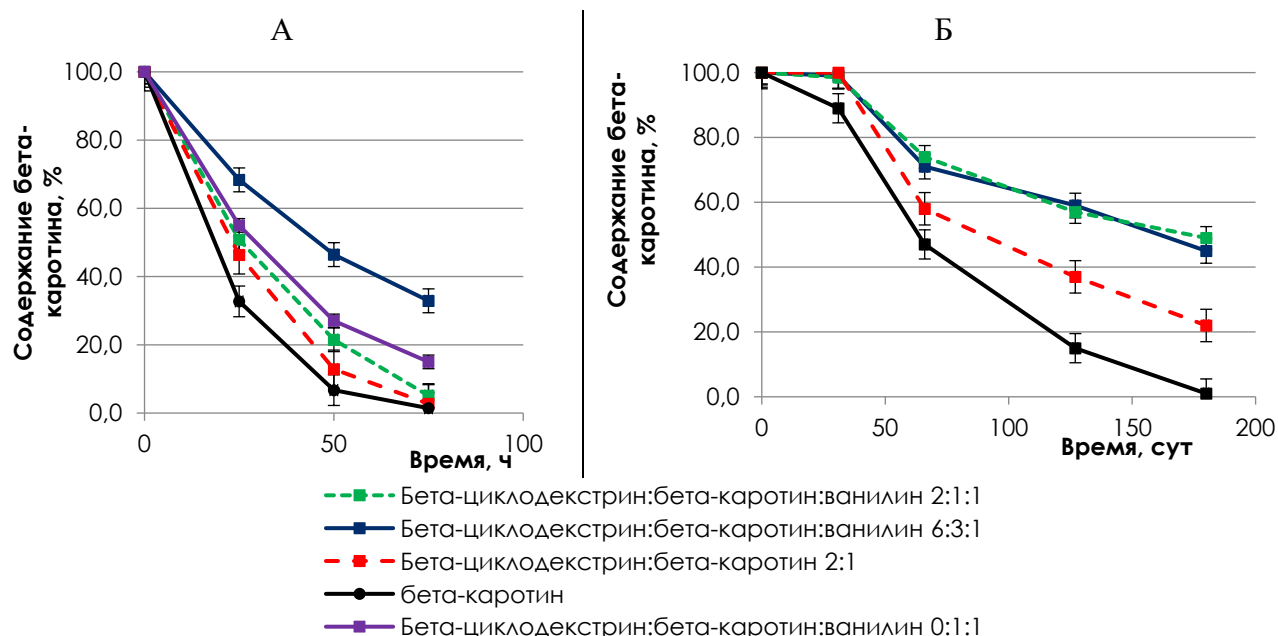
В процессе температурной обработки образцы сухих смесей и комплексов, полученных на основе бета-циклодекстрина не расплавились и не изменили свой цвет.

Потери ванилина в результате температурных обработок зависят от метода получения модельных образцов и от молекулярных соотношений компонентов. Бета-циклодекстрин оказывает наибольшее влияние на стабильность ванилина при жидкофазном способе получения комплекса: потери ванилина не превышают 1 %. Также отмечено, что потери ванилина увеличиваются при уменьшении соотношения бета-циклодекстрина к ванилину. Вероятно, при увеличении количества ванилина в составе комплексов эффективность процесса включения молекул ванилина в полость бета-циклодекстрина снижается.

Поскольку ранее было показано, что качество исходного сырья оказывает значительное влияние на стабильность бета-каротина в составе комплексов, а циклодекстрин не замедляет деградацию уже окисленного бета-каротина [9, 10], проведено исследование влияния веществ, проявляющих антиокислительное действие, в частности, ванилина, на стабильность красителя.

Однако несмотря на то, что лучшие результаты по стабильности ванилина в составе комплекса бета-циклодекстрин:ванилин были отмечены у образцов, полученных жидкофазным методом, мультикомплексные системы получали твердофазным способом, так как жидкофазный метод не обеспечивает достаточного выхода комплекса бета-циклодекстрин:бета-каротин.

Установлено, что в комплексе с массовым соотношением бета-циклодекстрин:бета-каротин:ванилин 6:3:1 ванилин оказывает положительное влияние на стабильность бета-каротина при ультрафиолетовом облучении, причем увеличение его содержания практически не влияет на стабильность красителя (рисунок 2А) [14].



**Рисунок 2.** Влияние комплексообразования на стабильность бета-каротина в условиях ультрафиолетового облучения (А) и хранения при температуре 2...5 °С (Б)

Поскольку молекулы ванилина проявляют гидрофобные свойства, можно предположить конкурирование бета-каротина и ванилина при проникновении в гидрофобную полость циклодекстрина. При этом встраивание ванилина может быть более стерически выгодно вследствие меньшего размера его молекулы, что, вероятно, приводит к снижению стабилизирующего бета-каротин эффекта [14].

В условиях хранения мультикомплексных систем с бета-циклодекстрином, антиокислителем и бета-каротином при температуре 2...5 °С образование мультикомплексов, независимо от соотношения компонентов, замедляет деградацию бета-каротина на 60 %, (рисунок 2Б).

#### 4. Выводы

Отмечено, что в результате образования комплексов ванилина с бета-циклодекстрином препятствует интенсивное испарение вкусоароматического вещества при температурной обработке.

Установлено, что ванилин замедляет деградацию частично окисленного бета-каротина в составе мультикомплексной системы при хранении в условиях ультрафиолетового облучения и при температуре 2...5 °С (массовое соотношение бета-циклодекстрин:бета-каротин:ванилин 6:3:1).

#### Библиографический список

1. Кулишова, К.Е. (2019). *О перспективах использования комплексов бета-каротина на основе циклодекстрина*. Материалы докладов XII Международной конференции «Кондитерские изделия XXI века», Москва, Россия.
2. Simonova ,O.R., Zaitseva, S.V., Tyulyaeva, E.Yu., Zdanovich S.A., Koifman O.I. (2018) Kinetics of  $\beta$ -Carotene Oxidation in the Presence of Highly Active Forms of  $\mu$ -CarbidoDiiron(IV) Tetraphenylporphyrinate. *Russian Journal of Physical Chemistry A. Focus on Chemistry*. 92(11). 2128–2134 <https://doi.org/10.1134/S0036024418110390>



3. Rodriguez-Amaya, D.B., Mérillon, J.-M. (2019) *Bioactive Molecules in Food*, Springer International Publishing. 867-901. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_12)
4. de Carvalho, A.S., de Rezende, S.C., Caleja, C. et. al. (2021)  $\beta$ -Carotene colouring systems based on solid lipid particles produced by hot melt dispersion. *Food Control*. 129. Article 108262. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108262>
5. Shi, L., Zhou, J., Guo, J. et. al. (2021) Starch inclusion complex for the encapsulation and controlled release of bioactive guest compounds. *Carbohydrate Polymers*. 74. Article 118596. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118596>
6. Popescu, C., Manda, P., Juluri, A. et. al. (2015) Enhanced Dissolution Efficiency of Zaleplon Solid Dispersions via Modified  $\beta$ -Cyclodextrin Molecular Inclusion Complexes. *Journal of Pharma and Pharmaceutical Sciences*. №1 (1). 1-10.
7. Mahalakshmi, L., Maria Leena, M., Moses, J.A., Anandharamkrishnan C. (2020) Micro- and nano-encapsulation of  $\beta$ -carotene in zein protein: size-dependent release and absorption behavior. *Food & Function*. 2. 1647-1660. <https://doi.org/10.1039/C9FO02088H>
8. Libo, T., Lingyan K. (2020) Starch-guest inclusion complexes: Formation, structure, and enzymatic digestion. *Food Science and Nutrition*. 60. 780-790. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1550739>
9. Рудометова, Н.В., Кулишова, К.Е. (2018) Стабилизация красящих веществ в составе инклюзионных наноконплексов на основе продуктов переработки крахмала. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 4. 15-21. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2018-11-4-15-21>
10. Рудометова, Н.В., Кулишова, К.Е., Ким, И.С. (2018) Исследование влияния циклодекстринов и модифицированных крахмалов на светостойкость бета-каротина в инклюзионных комплексах. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 3. 3-11. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2018-11-3-3-11>
11. Makni, M., Chtourou, Y., Fetoui, H. et. al. (2011) Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory and hepatoprotective properties of vanillin in carbon tetrachloride-treated rats. *European Journal of Pharmacology*. 668. 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.07.001>
12. Ahmad, H., Khera, R.A., Hanif, M.A. et. al. (2020) Vanilla. *Medicinal plants of South Asia*. 657–669.
13. Кипер, Р.А. Свойства веществ: Справочник по химии. (2013) Хабаровск. 1016 с.
14. Кулишова К.Е., Рудометова, Н.В. (2022) Влияние антиокислителей на стабильность бета-каротина в мультикомплексных системах. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 4 (54). 3-10. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2022-15-4-3-10>

## PROSPECTS FOR APPLYING THE METHODS OF MANAGING THE QUALITY OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS

**Kupriy A.S.**

*e-mail: a.kuprii@mail.ru*

*Supervisor of studies: Dunchenko N.I.*

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *food safety, quality control, resource conservation, biological resources*

### ABSTRACT

The article discusses ways to improve quality management systems, and ways to preserve natural resources. Predicting the quality of agricultural raw materials and minimizing the occurrence of risks during production have great potential for food security. Currently, the issue of preserving the environment and reducing the impact of waste on it is quite acute. It is important to find new approaches to solving environmental problems and preserving nature. The production of agricultural products in the Russian Federation has increased significantly over the past decade, the number of imported products has decreased, which, in general, has made adjustments to the socio-economic development of the country.

### 1. Introduction

**Relevance.** Protecting and preserving the environment is a current general trend. The impact of the environment on nature is becoming more intense every year. Human waste and misallocation of resources are becoming a problem in general. Natural biological and energy resources are not always used thoughtfully. It is important to coordinate actions at all stages of production in order to maintain the proper quality of biological resources [1, 2].

Natural biological and energy resources are not always used thoughtfully. It is important to coordinate actions at all stages of production to maintain the proper quality of biological resources.

The purpose of the study is to study environmental problems in agriculture and food security through quality management methods [3, 4].

**Problem.** In the formation of a market economy in modern conditions, the socio-economic development of the country is possible with a high level of raw material and food security. The purposefulness of the approach to the organization of management is due to the strategic objectives of the state economic policy.

**The purpose** of the study is to study environmental problems in agriculture and food security through quality management methods and their improvement.

**Tasks.** The expediency of practical tasks in the country's food security is due to the objective need for a civilized approach to organizing environmentally safe agricultural and industrial production, maintaining the health of the population and meeting its food needs.

In recent years, domestic producers of agricultural products have been actively involved in import substitution and entering the food market. When improving the competitiveness of agro-industrial products, quality should be a priority indicator. Therefore, a particularly important task is to create and actively implement the latest quality management systems for agricultural products in a timely manner [5, 6].

### 2. Materials and methods

The objects of the study were commercial enterprises of the Russian Federation. Methods of analysis and synthesis of information, normative documents and results of scientific achievements are used.

### 3. Results and discussion

The process of evolution of the branches of agriculture is being improved. A productive transition from an extensive to an intensive path of development in some industries is happening rapidly. Advances in science and technology, discoveries in the field of genetics and plant physiology have contributed to the emergence of high-yielding varieties of food crops and the improvement of their cultivation methods.

However, today the reasons for the decrease in yield are the active exploitation of agricultural land leading to the loss of soil fertility, pollution of fresh water sources, salinization, available varieties of

productive crops are approaching their yield potential, resistance and adaptation of pests to methods of combating them are increasing [7].

There is a growing global trend towards a healthy lifestyle, which is spreading and popularizing environmentally friendly, unmodified products. Increasing the consumption of fruits, vegetables, grains, dairy and fish products, in turn, will also change the future demand for agricultural products [8].

It is not always possible to achieve high nutritional and biological values of the obtained crop products with an increase in yield. If we consider the existing, average composition of the human diet, and not just its calorie content, then according to WHO, agriculture now produces and supplies to the food market 22% less fruits and vegetables than the recommended norm required for a healthy diet [9].

There has been a significant intensification of animal husbandry due to an increase in the density of livestock rearing, the use of concentrated feed, the use of modern pharmaceuticals and vaccines for the treatment of animals, and an increase in the efficiency of product processing [10].

The use of parameter control methods that affect the final product contributes to the achievement of high quality of manufactured products.

Most quality management systems imply their application in a wide range of industries. However, the best effect can be achieved by adapting quality management methods to the specifics of a particular production process.

The most famous are the "Seven Instruments of Quality", which are used in many branches of agriculture. These tools are the Ishikawa chart, checklist, Shewhart chart, histogram, Pareto chart, scatter chart, and data stratification [11, 12].

The Ishikawa diagram reflects the cause-and-effect relationships of processes that occur during the production of a particular product. Among the factors that affect the quality of the final product are: personnel, equipment, measurement accuracy, materials used, methods, environment.

The quality of products depends on the qualifications of specialists who ensure the safety of production. Specialists must have the appropriate education, knowledge of the specifics of work in a particular area.

For most industries, equipment made of food steel is suitable, with good anti-corrosion properties, not subject to rust. The working bodies and the surface of the equipment that come into contact with the products should not oxidize and have a negative chemical effect on them. Equipment used for food production must be durable, all parts are securely fastened to prevent parts of the equipment from falling into the product.

The design of the equipment should not impede the washing process. The sanitary and hygienic condition of the equipment should be controlled by laboratory staff. Disinfection and washing of equipment are carried out in accordance with the regulatory documentation approved at the factory [13].

Maintenance should be carried out before turning on the equipment and after the end of its work, as necessary, replace consumables, worn parts, technical fluids. Verification of equipment is a mandatory procedure carried out by metrological services. Calibration is carried out as necessary to confirm the reliability of the instrument readings.

Thanks to the construction of the Ishikawa diagram, a comprehensive detection of the causes of the defect occurs due to the analysis of the consequences. Based on the data obtained, actions are developed to prevent the risk of a defect. Usually a team of specialists from related industries, for example, fish farmers, technologists and engineers of the fishing industry, is engaged in solving the problem. The result of brainstorming is the improvement of the production process.

The so-called checklists help to obtain information of interest to specialists at all stages of production. By systematizing and analyzing reliable data, experts offer solutions to emerging problems. When using this data collection method, it is important to take into account the professionalism, conscientiousness, accuracy and objectivity of employees filling out the control form, since this will directly affect the reliability of the data and the effectiveness of the decision [14].

You can eliminate the risks of defects and reduce the variability of output indicators using Shewhart charts. Control charts are a statistical process control tool over time and can be applied to any process that needs to be monitored regularly.

The application of this method is very simple. It is necessary to determine the characteristic of interest, collect data and then calculate the limits, which will allow the evaluation of the process.

Visualize the frequency of occurrence of the measured values of the characteristics of the object and evaluate their distribution by constructing a histogram. First you need to collect enough data, determine the maximum and minimum values. By subtracting the smallest indicator from the largest,

the width of the range of values is determined. The number and boundaries of the intervals within which it is necessary to group the measurement results are determined. The number of measurement values in each interval is calculated. The graphical execution of the histogram is performed as follows, intervals are marked on the abscissa axis, and the frequency of the measurement results falling into each interval is marked on the ordinate axis.

The histogram resembling the shape of a bell indicates the stability of the process. However, it happens that the form of distribution deviates from the normal, this happens when there are violations of the stability of the process and the need for its regulation.

Combining the principles of constructing a histogram and a line chart is a Pareto chart. The principle of the same name is that by identifying and eliminating 20% of the causes of defects, 80% of their undesirable consequences can be prevented.

Building a Pareto chart begins with identifying the problem to be solved and collecting the necessary data, in which case checklists can be used. Statistical data is classified into categories and ranked by frequency of occurrence and significance. A bar chart is built as follows, equal segments corresponding to data categories are plotted horizontally, and the value of these data is marked vertically in descending order. The line of total values is calculated and indicated on the diagram. The analysis of the obtained results is carried out for the adoption of an action plan to solve the problem.

In order to determine the presence or absence of a correlation between two variables associated with determining the influence of any factors on the quality of products, a scatterplot is used. In the event that there is a relationship between the variables, then the points on the diagram will be concentrated along the line or curve. The correlation is stronger between variables if the points are close to the given line. A scatterplot allows you to visually demonstrate and draw a conclusion about the dependence of data relative to each other. It will allow you to plan actions to solve a problem related to product quality.

In the event that it is necessary to process a significant number of values, data stratification is used. This quality tool is designed to identify patterns in a dataset by separating them. It is used when data from various sources are concentrated together and this makes it difficult to determine the structure or their consistency. Typically, this tool is used in conjunction with other data analysis tools.

#### 4. Conclusions

Thus, the application of the above quality tools does not require deep knowledge of statistics, so they are available for use by specialists from various branches of agriculture.

To ensure environmental safety and resource conservation, it is necessary to strengthen the regulation of production processes, from the control of raw materials to finished products. Improving environmentally friendly methods of growing agricultural products will not only reduce the negative impact on the environment, but also improve the quality of food.

#### References

1. Koul, B., Yakoob, M., Shah, M.P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206, Article 112285.
2. Capanoglu, E., Nemli, E., Tomas-Barberan, F. (2022). Novel approaches in the valorization of agricultural wastes and their applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(23), 6787-6804.
3. Okpala, C.O.R., Korzeniowska, M. (2023). Understanding the relevance of quality management in agro-food product industry: From ethical considerations to assuring food hygiene quality safety standards and its associated processes. *Food Reviews International*, 39(4), 1879-1952.
4. Ali, I., Golgeci, I., Arslan, A. (2023). Achieving resilience through knowledge management practices and risk management culture in agri-food supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 28(2), 284-299.
5. Panfilov, V.A. (2019). Complex technological systems in agroindustrial complex development. *Vestnik of the Russian agricultural science*, 1, 13–16. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/1/13-16>
6. Yishu, L., Xia, W. (2022). Promoting Competitiveness of Green Brand of Agricultural Products Based on Agricultural Industry Cluster. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, Article 7824638. <https://doi.org/10.1155/2022/7824638>
7. Ray, D.K., Ramankutty, N., Mueller, N.D., West, P.C., Foley, J.A. (2012). Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature communications*, 3, Article 1293. <https://doi.org/10.1038/ncomms2296>

8. Kupriy, A.S. Dunchenko, N.I., Voloshina, E.S. (2021). Scientific rationale of ingredients choice for functional fish pastes. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(1), 66-77. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-1-66-77>.
9. Siegel, K.R., Ali, M.K., Srinivasiah, A., Nugent, R.A., Narayan, K.M. (2014). Do we produce enough fruits and vegetables to meet global health need?. *PloS one*, 9(8), Article e104059. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104059>
10. Overbosch, P., Blanchard, S. (2023). Principles and systems for quality and food safety management. Academic Press. 497-512.
11. Pratama, N., Dito, M., Kurniawan, O., Al-Faritsy, A. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Seven Tools Dan Kaizen Dalam Upaya Mengurangi Tingkat Kecacatan Produk. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(2), 53-62. <https://doi.org/10.55826/tmit.v2i1.111>.
12. Gilbert, M., Conchedda, G., Van Boeckel, T.P., Cinardi, G., Linard, C., Nicolas, G., Thanapongtharm, W., D'Aietti, L., Wint, W., Newman, S.H., Robinson, T.P. (2015). Income Disparities and the Global Distribution of Intensively Farmed Chicken and Pigs. *PloS one*, 10(7), Article e0133381. <https://doi.org/10.1371>
13. Куприй, А.С., Дунченко, Н.И. (2020). Управление качеством при производстве рыбных продуктов с функциональными ингредиентами. *Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции*, 295-298.
14. Куприй, А.С. Дунченко, Н.И., Волошина, Е.С. (2021) Научно-технические перспективы для создания ресурсоэффективных технологий в рыбной промышленности. *Современные достижения биотехнологии. Глобальные вызовы и актуальные проблемы переработки и использования вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса России: Материалы VIII Международной научно-практической конференции*, 145-148.



## ЭМУЛЬСИОННЫЕ ГЕЛИ В КАЧЕСТВЕ АНТИПРИГАРНОГО СРЕДСТВА

Куценкова В.С.

*e-mail: vasilissakutsenkova@yandex.ru*

*Научный руководитель: доктор техн. наук, доцент Неповинных Н.В.*

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *эмульсионные гели, олеогели, антипригарные средства, хлебопекарное производство*

### АННОТАЦИЯ

В статье представлен обзор антипригарных средств для хлебопекарной промышленности РФ, а также предложена технология эмульсионного геля на биологической основе для применения в качестве антипригарного средства в индустрии питания. Представлены результаты реологических исследований, показателей активности воды эмульсионного геля и органолептического анализа пробной партии продукции, выработанной с применением разработанного эмульсионного геля. Исследования показали, что разработанные составы эмульсионного геля обладают приемлемыми текстурными характеристиками, благодаря образованию трехмерной сети, агрегации и сшиванию гидрогеля и олеогеля. Установлено, что образцы эмульсионных гелей относятся к продуктам с низкой влажностью ( $A_w = 0,6 \div 0$ ), т.е. вода в их составе находится в связанном состоянии, что может способствовать увеличению сроков хранения антипригарного средства. Органолептический анализ пробной партии продукции показал, что оптимальным соотношением олеогель: гидрогель в составе антипригарного средства является 90:10, при котором не было выявлено посторонних запахов, привкусов и послевкусия, а поверхность нижней корки изделий была идеально ровная, без пригорания и выпадений мякиша.

**Финансирование:** Исследования выполнены в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-402.2022.4.

## EMULSION GELS AS A NON-STICK AGENT

Kutsenkova V.S.

*e-mail: vasilissakutsenkova@yandex.ru*

*Supervisor of studies: Nepovinykh N.V.*

*Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

**KEYWORDS:** *emulsion gels, oleogels, non-stick products, bakery production*

### ABSTRACT

The article presents an overview of non-stick products for the baking industry of the Russian Federation, and, also offers a technology of emulsion gel on a biological basis for use as a non-stick product in the food industry. The results of rheological studies, indicators of water activity of the emulsion gel and organoleptic analysis of a trial batch of products produced using the developed emulsion gel are presented. Studies have shown that the developed compositions of the emulsion gel have acceptable textural characteristics, due to the formation of a three-dimensional network, aggregation and crosslinking of hydrogel and oleogel. It has been established that the samples of emulsion gels belong to products with low humidity ( $A_w = 0.6-0$ ), i.e. the water in their composition is in a bound state, which can contribute to an increase in the shelf life of the non-stick agent. Organoleptic analysis of the trial batch of products showed that the optimal ratio of oleogel: hydrogel in the composition of the non-stick agent is 90:10, in which no foreign odors, tastes and aftertaste were detected, and the surface of the lower crust of the products was perfectly smooth, without burning and crumb loss.

**Funding:** The research was carried out within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists МК-402.2022.4

## 1. Введение

Приготовление хлеба является важной операцией в пищевой промышленности. Выпечка хлеба - непостоянный процесс, при котором состав, структура и физические свойства хлеба меняются в процессе выпечки. Время выпечки, температура и скорость нагрева, источник тепла и относительная влажность воздуха в печи являются основными факторами, влияющими на качество хлеба в процессе выпечки. Качество хлеба в основном зависит от нескольких параметров - текстуры, содержания влаги, цвета поверхности хлеба и структуры (объем, форма и размер) хлеба, однако немаловажное значение имеет адгезионные свойства поверхности для выпечки и обеспечение хорошего разделительного эффекта между изделием и формой.

Научные принципы, лежащие в основе адгезии и когезивных взаимодействий, хорошо известны. В водной среде силы между подложкой и прилипающим слоем определяются вкладами электростатических сил, сил Ван-дер-Ваальса и сил сольватации [1-3].

Адгезионные свойства мягких твердых частиц на поверхностях имеют решающее значение для многих хлебопекарных производств. Хотя адгезия желательна во многих операциях, таких как нанесение покрытий, в других случаях адгезия является постоянной проблемой. В пищевой промышленности наличие адгезии в формах, противнях или листах для выпечки может снизить эффективность процесса и производительность, нарушить гигиеничность эксплуатации, в то время как перекрестное загрязнение (особенно на производстве нескольких продуктов) может повлиять на качество продукта или нарушить целостность партии [4-7].

Адгезию часто можно регулировать, контролируя морфологию и состав поверхности. Антипригарные покрытия и модификации поверхности для выпечки могут смягчать возникновение прилипания и / или способствовать легкому высвобождению продукта при определенных условиях, облегчая очистку. Успешное нанесение средств может обеспечить долгосрочную экономию затрат на процесс снятия выпечки и очистки форм, а также повысить безопасность и гигиену [1].

Антипригарные средства должны способствовать разрушению адгезии, для облегчения очистки или для удаления с помощью усилий, прилагаемых во время обработки. На рынке существует большое количество различных вариантов антипригарных средств: специальные антипригарные коврики с силиконовым или тефлоновым покрытием, бумага и различные эмульсионные средства отечественного и импортного производства. Однако, зачастую их применение приводит к увеличению себестоимости готового продукта или к повышению трудозатрат [7-10].

Одной из проблем производства в хлебопекарной отрасли в связи с санкционным напряжением стал сбой поставок антипригарных средств и их резкий ценовой скачок.

В качестве отечественного решения может быть рассмотрено производство антипригарного эмульсионного геля на биологической основе – бинарной системы, состоящей из гидрогеля и олеогеля.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования явились образцы эмульсионного геля. Рецептными ингредиентами при производстве эмульсионного геля явились: масло растительное (ГОСТ 5477-2015) [36], воск пчелиный (ГОСТ 21179-2000) [37], вода питьевая (ГОСТ Р 51232 - 98), альгинат натрия (ГОСТ 33310-2015).

Для комплексной оценки качественных и количественных показателей изучаемых объектов использовали современные общепринятые методы исследований.

Исследования были выполнены в соответствии с поставленными задачами на кафедре технологии продуктов питания ФГБОУ ВО Вавиловский университета и в лаборатории научно-исследовательского института Ирана г. Мешхед (Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran).

Сенсорный анализ пробной партии продукции, выработанной с применением антипригарного эмульсионного геля осуществлялся экспертной группой в количестве 17 человек по показателям: внешний вид нижней корки изделия, цвет, вкус, послевкусие и запах.

Активность воды эмульсионного геля изучали на анализаторе активности воды (Novasina, Lab Master, Swiss).

Текстурные характеристики эмульсионного геля изучали на текстурном анализаторе (Stable micro system, TA.XTplus, England). Текстурные свойства эмульсионного геля исследовали при температуре  $18 \pm 2$  °С с помощью анализатора текстуры TA-XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Великобритания). Количественными параметрами, извлеченными из кривой сила-время, были: прочность - максимальная пиковая сила в первом цикле сжатия, адгезия - пиковая отрицательная сила в первом цикле сжатия, когезия - отрицательная площадь в первом цикле, модуль упругости – отношение давления на образец к относительному изменению его линейного размера во время испытания.

### 3. Результаты и обсуждение

Эмульсионный антипригарный гель был получен путем создания бинарной системы, состоящей из гидрогеля и олеогеля в соотношениях 99:1, 95:5 и 90:10 (соответственно олеогель: гидрогель). Олеогель был получен на основе подсолнечного растительного масла и натурального пищевого структурообразователя – пчелиного воска (рецептура не указана до получения подтверждения заявки на патент).

Текстурные характеристики образцов эмульсионного геля представлены в таблице 1.

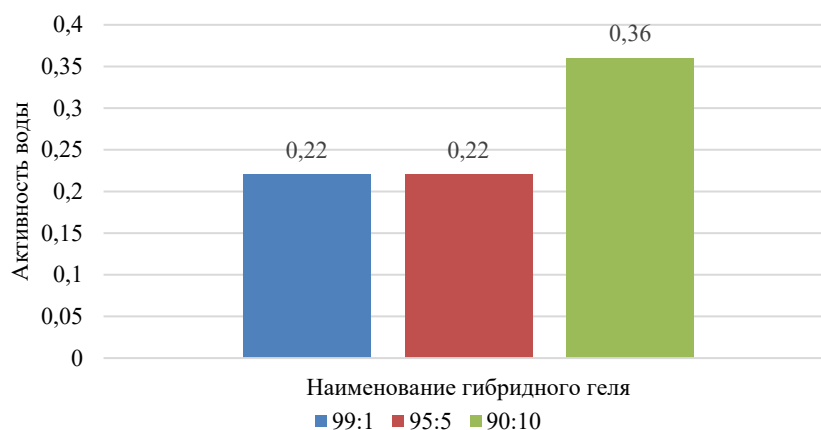
Таблица 1

**Текстурные характеристики эмульсионного геля**

Наименование показателя	Значение показателя для эмульсионного геля		
	99:1	95:5	90:10
Прочность, г	472,076	408,222	303,188
Адгезионная прочность, г	-242,458	-187,512	-143,323
Консистенция, г * с	4428,577	3904,416	2897,065
Индекс вязкости, г * с	-1819,657	-1771,638	-1418,064
Модуль Юнга, Па	19,68	17,05	12,64

Из данных видно, что разработанные составы эмульсионного геля обладают приемлемыми текстурными характеристиками, благодаря образованию трехмерной сети, агрегации и сшиванию гидрогеля и олеогеля. При этом с увеличением концентрации гидрогеля значения прочности снижаются. Образец эмульсионного геля при соотношении 99:1 (олеогель: гидрогель) имел самую высокую твердость, отрицательно влияющую на текстуру геля. Высокая концентрация воска при низкой концентрации гидрогеля в составе геля приводят к очень кристаллической и рассыпчатой массе на стадии охлаждения, о чем свидетельствует ряд других характеристик (адгезионная прочность, консистенция, индекс вязкости, модуль Юнга). Образец эмульсионного геля при соотношении 95:5 и 95:1 с большей концентрацией гидрогеля обладают более мягкой текстурой и низкой прочностью и высоким наблюдаемым значением активности воды ( $A_w=0,36$ ) (рисунок ), что потенциально может повысить внутреннюю подвижность всех молекул, присутствующих в эмульсионном геле и способствовать более равномерному нанесению эмульсионного антипригарного геля на поверхность для выпечки.

Данные по активности воды в эмульсионных гелях представлены на рисунке 1.

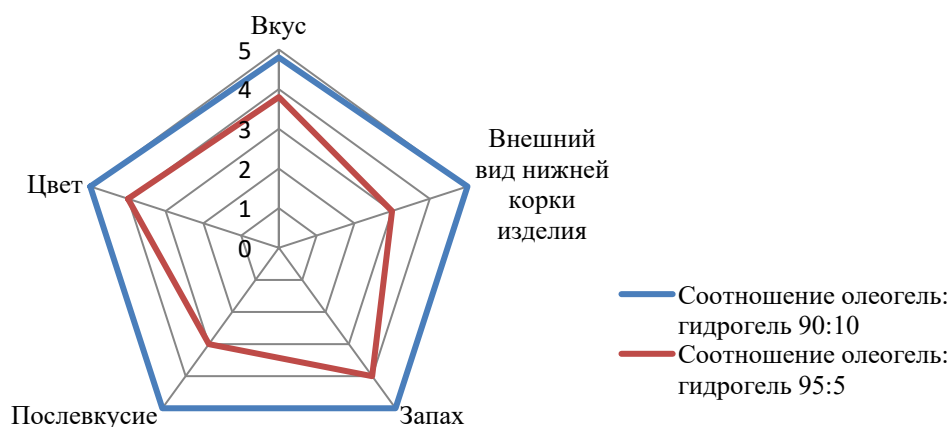


**Рисунок 1.** Активность воды в эмульсионных гелях

По данным рисунка видно, что значение активности воды образца эмульсионного геля 90:10 больше, чем у образцов эмульсионных гелей с соотношением 99:1 и 95:5, вероятно, за счет исключаяющего процесса формирования кристаллической решетки, вследствие большей концентрации гидрогеля. Однако, все разработанные образцы эмульсионных гелей по величине активности воды относятся к продуктам с низкой влажностью ( $A_w = 0,6 \pm 0$ ), т.е. вода в их составе находится в связанном состоянии, что может способствовать увеличению сроков хранения антипригарного эмульсионного геля. Поскольку вода непосредственно участвует в гидролитических процессах, ее связывание, за счет используемых структурообразователей, тормозит многие реакции и ингибирует рост микроорганизмов, таким образом удлиняя сроки хранения готовых продуктов.

С целью заключительного выбора определенного соотношения олеогель: гидрогель в рецептуре антипригарного эмульсионного геля была выработана опытная партия изделий с применением эмульсионного геля в качестве антипригарного средства на противнях и листах пекарской бумаги.

Органолептический профиль изделий, приготовленных с использованием разработанного покрытия, представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Органолептический профиль изделий, приготовленных с использованием разработанного покрытия

В результате органолептического анализа выпеченных изделий было выявлено, что у изделий, приготовленных с использованием эмульсионного геля с соотношением 95:5 (олеогель: гидрогель) было выявлено наличие посторонних привкусов, послевкусия и запаха воска. При использовании антипригарного покрытия, изготовленного с использованием эмульсионного геля с соотношением 90:10 (олеогель: гидрогель) не было выявлено каких-либо посторонних запахов, привкусов и послевкусия, а поверхность нижней корки изделий была идеально ровная, без пригорания и выпадений мякиша.

Исходя из результатов органолептического исследования изделий, приготовленных с использованием разработанного покрытия, было выбрано соотношение олеогель: гидрогель 90:10 в составе антипригарного эмульсионного геля.

#### 4. Выводы

В настоящее время такие системы, как эмульсионные гели могут рассматриваться для применения в качестве антипригарных покрытиях. Анализ публикаций свидетельствует о том, что в России в этой области не проводятся достаточных исследований, что говорит о научной новизне работы. Кроме того, в целях дальнейшего развития и импортозамещения эмульсионные гели на биологической основе могут рассматриваться в качестве альтернативы импортным антипригарным средствам, а также для производства других технологических вспомогательных средств для индустрии питания.

### Библиографический список:

1. Panirani, P N., Darvishi, H., Hosainpour, A., Behroozi-Khazaei, N. (2023). Comparative study of different bread baking methods: Combined ohmic – Infrared, ohmic – Conventional, infrared – Conventional, infrared, and conventional heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 21 (8), 103349. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103349>
2. Acevedo, N., Marangoni, A.G. (2010). Characterization of the nanoscale in triglyceride crystal networks. *Crystal Growth and Design*, 10, 3327-3333. <https://doi.org/10.1021/cg100468e>
3. Гуль, В.Е., Пятигорская, Т.В., Сухарева, Л.А., Иванов, В.К. (1986). Термостойкое покрытие хлебопекарных форм на основе кремнийорганического блоксополимера. *VI Всерос. конф. по химии и применению КОС: Тез. докл.*, С. 18-19.
4. Кочеткова, А.А., Саркисян, В.А., Коденцова, В.М., Фролова, Ю.В. (2019). Пищевые олеогели: свойства и перспективы использования. *Пищевая промышленность*. 8, 30–35. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10132>
5. Zulim, B., Marangoni, A.G., Smith A.K. (2013). The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *J. Food Sci.*, 78, (9), 1334-1339. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12175>
6. Toro-Vazquez, J.F. (2007). Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 11, 989–1000. <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1139-0>
7. Лузгин, Н.Е., Утолин, В.В., Нагаев, Н.Б., Лузгина, Е.С., Грунин, Н.А. (2017). Результаты изучения свойств пчелиного воска. *Вестник РГАТУ.*, 1 (33), 15-18.
8. Kim, J.Y., Lim, J., Lee J. (2017). Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *J. Food Sci.*, 82, 445-452. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13583>
9. Косован, А. П. (2011). Пути преодоления проблем в хлебопечении. *Хлебопечение России*, 3, 6.
10. Куценкова, В.С., Неповинных, Н.В., Еганехзад С.А. (2023). Гибридный гель для замены твердых жиров в кондитерских изделиях. *Техника и технология пищевых производств*, 1, 25-31. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2426>



## **БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЛЕ МАКРУРУСА КАК ПИЩЕВОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ**

**Лаврухина Е.В.\*, Зарубин Н.Ю., Гриневич А.И.**

*\*e-mail: efrolenkova13@gmail.com*

*Научный руководитель: докт. техн. наук, доц. Бредихина О.В.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,  
Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *макрурус, мышечная ткань, бактериальные заквасочные культуры, пробиотики, биотрансформация*

### **АННОТАЦИЯ**

Актуальность и целесообразность использования способа биотехнологической обработки, а именно биотрансформации рыбного сырья бактериальными заквасочными культурами, входит в приоритет развивающихся направлений согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. В связи с этим, были проведены исследования по возможности обработки филе макруруса бактериальными заквасочными культурами с целью улучшения качественных показателей сырья, для дальнейшего его использования в технологии пробиотических пищевых рыбных продуктов. Проанализированы полученные данные исследований по влиянию бактериальных заквасочных культуры на свойства мышечной ткани филе макруруса. Остаточное количество клеток бактериальных заквасочных культур в мышечной ткани филе макруруса соответствует требованиям, предъявляемым к пробиотическим пищевым продуктам.

## **BIOTRANSFORMATION OF MACRURUS FILLET AS A FOOD MATRIX FOR PROBIOTIC FISH PRODUCTS**

**Lavrukhina E.V.\*, Zarubin N.Yu., Grinevich A.I.**

*\*e-mail: efrolenkova13@gmail.com*

*Supervisor of studies: doctor of technical sciences, assoc. Bredikhina O.V.*

*Russian Federal Research Institute Of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *macrurus, muscle tissue, bacterial starter cultures, probiotics, biotransformation*

### **ABSTRACT**

The relevance and expediency of using the method of biotechnological processing, namely the biotransformation of fish raw materials by bacterial starter cultures, is a priority of developing areas according to the Strategy of improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030. In this regard, studies were conducted on the possibility of processing macrurus fillets with bacterial starter cultures in order to improve the quality indicators of raw materials, for its further use in the technology of probiotic fish food products. The obtained research data on the effect of bacterial starter cultures on the properties of the muscle tissue of the fillet of macrurus are analyzed. The residual number of bacterial starter culture cells in the muscle tissue of the macrurus fillet meets the requirements for probiotic foods.

### **1. Введение**

Биотрансформация с помощью бактериальных заквасочных культур (БЗК) является мягким способом деструкции белковых структур сырья пищевого назначения, совершенствование технологии, которой, развивается не только по пути максимального сохранения в них нативных свойств белковых, липидных и других биологически активных компонентов, но и повышения их доступности. При этом, БЗК возможно использовать не только в технологии производства молочных продуктов, но и в технологии производства других продуктов, в частности рыбных.

Особое внимание к БЗК связано с их пробиотической активностью, способности к снижению содержания токсичных элементов, выработке витаминов. Данная тенденция является также ответом на интерес населения к продукции пробиотической направленности, когда миллионы людей во всем мире ежедневно потребляют пробиотики для поддержания состояния здоровья желудочно-кишечного тракта тем самым оптимизируя индигенную микрофлору желудочно-кишечного тракта, тем самым укрепляя организм человека и его иммунную систему в целом, что поддерживает принципы здорового образа жизни. Уже сейчас несколько штаммов

лактобактерий, бифидобактерий, а также пропионовокислых бактерий введены в активное использование в качестве пробиотиков в т.ч. для пищевых рыбных продуктов [1, 2].

К тому же БЗК, как защитные микроорганизмы, проявляют антиоксидантные, бактерицидные и антагонистические свойства, и за счет образования метаболитов (кислоты, бактериоцины) возможно возникновение эффекта биоконсервирования, что будет способствовать продлению сроков годности пищевой продукции. Применение БЗК в технологии производства пищевой рыбной продукции также позволит улучшить ее органолептические свойства (коррекция консистенции и минимизация рыбного вкуса и запаха за счет мягкой деструкции белковых компонентов и снижения уровня образования азотистых летучих оснований в мышечной ткани рыб) и повысить питательную ценность (за счет накопления белковых и эссенциальных веществ) [3, 4].

Однако использование заквасочных культур в пищевой рыбной продукции все еще ограничено из-за различных технологических трудностей, в связи с этим, сейчас перед исследователями стоит цель создания пищевых пробиотических продуктов на рыбной основе с приемлемыми органолептическими показателями.

## 2. Материалы и методы

Для изучения возможности биотрансформации рыбного сырья с применением БЗК в качестве основных объектов было выбрано филе макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*); ранее подобранные БЗК [5]: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium bifidum*; модельные растворы среды для биотрансформации: 3,5 % раствор глюкозы.

После разделки и промывки подготовленное филе макруруса обрабатывали модельным раствором с БЗК. Оптимальные условия и параметры для биотрансформации были установлены алгоритмами математического моделирования с использованием языка программирования Python с применением библиотек NumPy, Matplotlib, и SciPy [6]: количество вносимых БЗК не менее  $4,5 \times 10^8$  КОЕ/г для раствора глюкозы; pH среды для биотрансформации не более 5,3-5,9 в начале процесса и не менее 4,3-4,6 в конце процесса; соотношение сырье:раствор было принято как 1:2; продолжительность процесса биотрансформации – не менее 5 часов при температуре 37 °С. Контрольным образцом являлась мышечная ткань филе макруруса не подвергнутая воздействию БЗК.

Органолептическую оценку рыбного сырья после биотрансформации БЗК (цвет, запах, консистенция) проводили по разработанной 5-ти бальной шкале [7]. Химический состав определяли по ГОСТ 7636-85, ГОСТ 34134-2017 [8, 9]. Активную кислотность (рН) определяли с помощью рН-метра Testo 106. Влагосвязывающую способность (ВСС) определяли весовым методом [8]. Исследование микроструктуры образцов мышечной ткани филе рыб проводили с использованием бинокулярного микроскопа марки «Микмед-5» с оптическим увеличением X40. Общее количество молочнокислых бактерий определяли с использованием петрифильмов 3М Petrifilm (AC) в соответствии с методическими указаниями производителя [10].

## 3. Результаты и обсуждение

В результате проведенного процесса биотрансформации показатели химического состава, обработанных образцов мышечной ткани филе макруруса под действием метаболитов БЗК, претерпевали некоторые изменения по сравнению с контролем (табл. 1). Влияние различных штаммов и вида БЗК на изменение химического состава не обнаружено, в связи с этим, указана средняя динамика.

Таблица 1

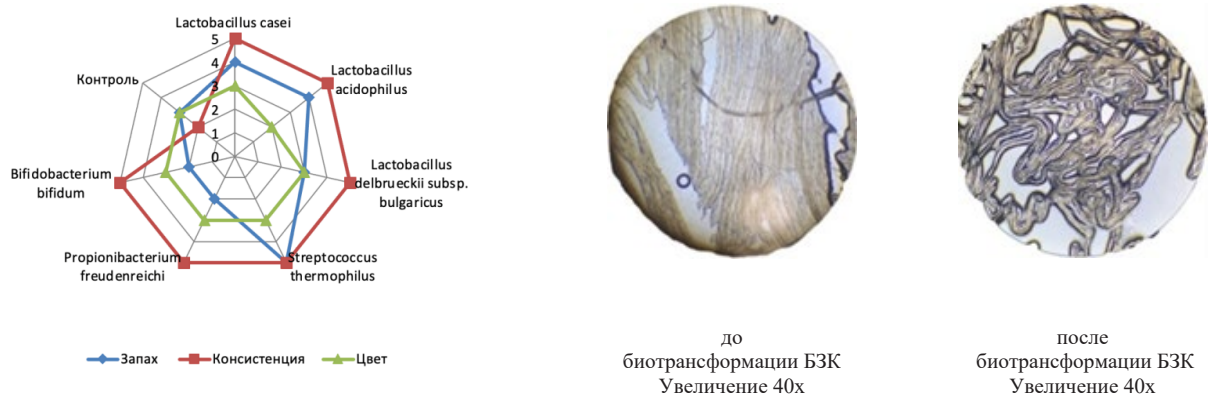
**Средний химический состав до и после биотрансформации мышечной ткани филе макруруса, %**

Показатели									
Белок		Жир		Углеводы		Зола		Влага	
1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2
7,80	8,86	0,11	0,08	0,12	0,09	1,10	0,70	90,89	89,20

1\* - контроль; 2\*\* - 3,5 % раствор глюкоза

Массовая доля белка в мышечной ткани в филе макруруса после биотрансформации повышалась в среднем на 1 %, что связано с накоплением бактериальной массы микроорганизмов в процессе своего развития. Особенно активное накопление биомассы наблюдалось с использованием штаммов БЗК: *L. acidophilus*, *L. casei*. Снижение количества жиров, углеводов и минеральных веществ связано с ростом БЗК в растворе, которые используют данные вещества (помимо внесенных углеводов) для своего питания и дальнейшего развития, а также с переходом растворимых форм веществ в модельный раствор при биотрансформации [11].

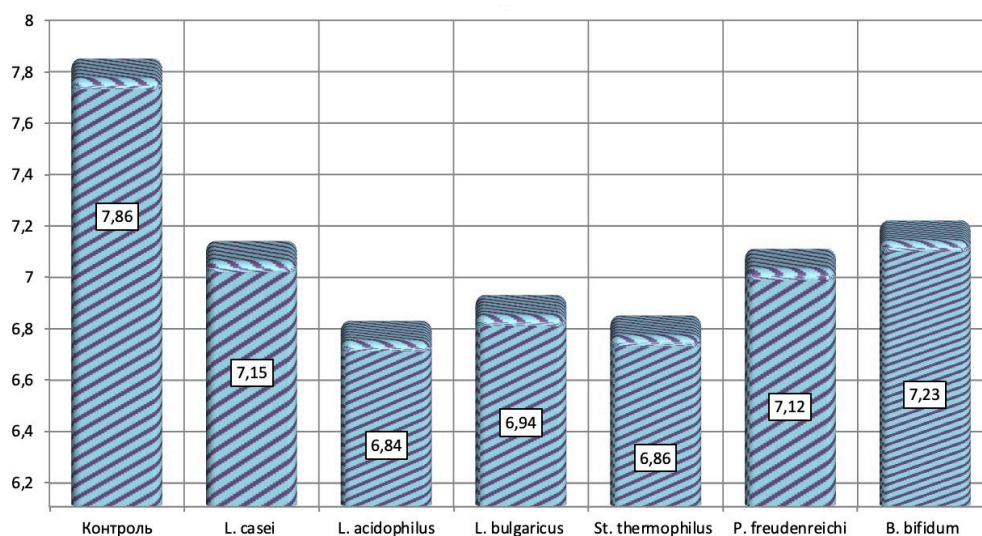
Данные исследований по изучению изменения органолептических показателей и микроструктуры мышечной ткани филе макруруса после биотрансформации с применением БЗК представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Органолептические и микроструктурные изменения мышечной ткани филе макруруса после биотрансформации с применением БЗК

Отмечалось, что обработка растворами с БЗК, кроме растворов с *L. bulgaricus*, *P. freudenreichii*, *B. bifidum*, положительно влияло на органолептические показатели филе макруруса. Рыбный запах после воздействия *L. casei*, *L. acidophilus* и *St. thermophilus*, по сравнению с контролем, практически отсутствовал и оценен в 4 – 5 баллов. Наиболее оптимальной БЗК для мышечной ткани макруруса являлась *St. thermophilus*. Исследованные образцы имели светло-кремовый или серый цвет (2-3 балла) и мажущую консистенцию (5 баллов), распадающуюся на волокна по сравнению с более плотной консистенцией контрольного образца мышечной ткани филе макруруса (2 балла). В случае обработки мышечной ткани филе макруруса культурами *L. bulgaricus*, *P. freudenreichii* и *B. bifidum* аромат характеризовался как специфичный, несвойственный и негармоничный (2-3 балла).

Проанализировав микроструктуру (рис. 1) мышечной ткани филе макруруса до и после биотрансформации, можно сделать вывод, что после процесса волокна миофибрилл отделялись друг от друга и распадались на «нити», что вероятнее всего связано с воздействием кислот на белковую структуру самих волокон с последующей их деструкцией, приводящей к снижению прочности. В соответствии с этим, обработанное рыбное сырье может являться оптимальной пищевой матрицей для создания гомогенизированных и тонкоизмельченных продуктов, что позволит модернизировать параметры измельчения, за счет более мягкой структуры мышечной ткани [12]. Микроструктура мышечной ткани не зависела от вида БЗК и изменения были аналогичны друг другу.

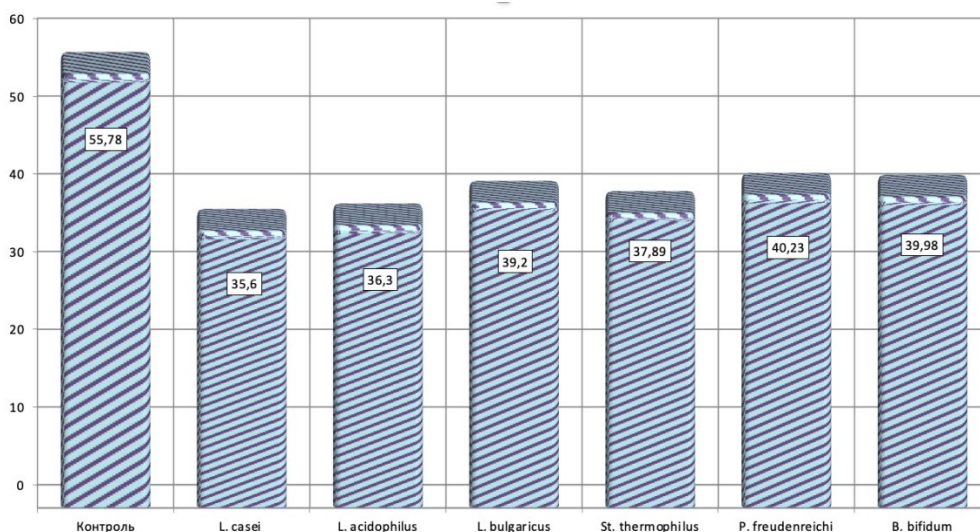


**Рисунок 2.** Изменение pH в мышечной ткани филе макруруса после процесса биотрансформации с применением БЗК

В мышечной ткани филе макруруса наблюдалось незначительное снижение pH (рис. 2) после 5 часов выдержки в модельном 3,5 % растворе глюкозы с БЗК. Под действием *L. acidophilus* и *St. thermophilus*, по сравнению с другими БЗК (*L. casei*, *L. bulgaricus* (*P. freudenreichii*,



*B. bifidum*) протекало более активное подкисление в среднем до 6,84. С целью ингибирования патогенных микроорганизмов кислые значения рН предпочтительнее, чем щелочные, но при этом сильного подкисления филе макруруса после процесса биотрансформации не наблюдалось [13].



**Рисунок 3.** Изменение ВСС в мышечной ткани филе макруруса после процесса биотрансформации с применением БЗК

После биотрансформации влагосвязывающая способность (ВСС) (рис. 3) мышечной ткани филе макруруса уменьшалась в среднем на 17,58 %. Данную закономерность можно объяснить смещением рН в кислую сторону, а также деструктивными изменениями мышечной ткани и вследствие чего для дальнейшего применения обработанного филе в технологиях производства формованных и структурированных продуктов необходимо использовать специальные технологические приемы и структурообразующие агенты [4].

Было определено количество остаточных живых клеток БЗК в мышечной ткани филе макруруса для подтверждения их наличия (табл. 2).

Таблица 2

**Количество БЗК в мышечной ткани филе макруруса после биотрансформации**

<i>L. casei</i>	<i>L. acidophilus</i>	<i>L. bulgaricus</i>	<i>St. thermophilus</i>	<i>P. freudenreichii</i>	<i>B. bifidum</i>
Количество остаточных живых клеток БЗК, КОЕ/г					
$3 \times 10^{10}$	$3 \times 10^{10}$	$2 \times 10^{10}$	$2 \times 10^{10}$	$2 \times 10^{10}$	$2 \times 10^{10}$

Согласно данным таблицы 2 количество клеток БЗК в обработанной мышечной ткани филе макруруса превышало их нормированные значения ( $10^7 - 10^9$  КОЕ/г) [14–17], что обосновывает возможность его применения в рецептурных составах пробиотических пищевых продуктов на рыбной основе.

#### 4. Выводы

БЗК, в частности *L. casei*, *L. acidophilus*, *St. thermophilus* положительно повлияли на органолептические показатели филе макруруса, снижая выраженность нежелательного рыбного запаха. Наряду с этим, частичная деструкция мышечных волокон филе макруруса за счет БЗК снизила их прочность, тем самым сделала филе мягче, что интенсифицирует процесс измельчения при получении гомогенной пищевой матрицы. На следующем этапе будут проведены исследования по изучению выживаемости под действием температур, изменения численности БЗК и динамики изменения микробиологических показателей безопасности (КМАФАнМ) в процессе модельного хранения филе макруруса для последующего подтверждения эффекта биоконсервирования, а также выбора определенных БЗК, конечных условий и параметров биотрансформации и корректировки термических режимов для конечного пробиотического пищевого продукта.

## Библиографический список

1. Campos C.A., Castro M.P., Aubourg S.P., Velázquez J.B. «Use of Natural Preservatives in Seafood», *Novel Technologies in Food Science*, New York, NY: Springer New York, 2012, сс. 325–360. doi: 10.1007/978-1-4419-7880-6\_14.
2. Cortesi M., Panebianco A., Giuffrida A., и Anastasio A., «Innovations in seafood preservation and storage», *Vet Res Commun*, Т. 33 Suppl 1, pp. 15–23, 08. 2009, doi: 10.1007/s11259-009-9241-4.
3. Валышев, А.В. Комбинация антибиотиков и бактериоцинов - эффективный способ борьбы с резистентными микроорганизмами / А. В. Валышев, Н. А. Валышева // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. – 2016. – № 4. – С. 2.
4. Нестеренко А.А., Акопян К.В. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов // *Научный журнал КубГАУ*. 2014. №101.
5. Лаврухина Е.В. Интеграция бактериальных заквасочных культур с рыбным сыром: подбор и обоснование / Е. В. Лаврухина, Н. Ю. Зарубин, О. В. Бредихина, А. И. Гриневич // *Рыбное хозяйство*. – 2022. – № 6. – С. 107-114.
6. Зарубин Н.Ю. Прогнозирование параметров биотрансформации рыбного сырья бактериальными заквасочными культурами с применением математических моделей / Н. Ю. Зарубин, Е. В. Лаврухина, О. В. Бредихина, А. И. Гриневич // *Пищевая промышленность*. – 2023. – № 3. – С. 92-96.
7. Ким Г.Н., Ким И.Н., Сафронова Т.М., Мегада Е.В. Сенсорный анализ продуктов из рыбы и беспозвоночных. - СПб.: Лань, 2014. - 512 с.
8. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Стандартиформ, 2010. – 123 с.
9. ГОСТ 34134-2017 Мясо и мясные продукты. Метод определения состава свободных углеводов. – М.: Стандартиформ, 2019. – 12 с.
10. МУК 4.2.2884 -11 Методы микробиологического контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием петрифильмов. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2011. - 24 с.
11. Стась Н.Ф., Свинцова Л.Д. Химия растворов — Томск: Изд-во ТПУ, С77 2006. – 155 с.
12. Лаврухина Е.В. Полуконсервы рыбной паштетной группы с иммуномодулирующими компонентами / Е. В. Лаврухина, Н. Ю. Зарубин [и др.] // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. – 2022. – № 2. – С. 106-114.
13. Ким, И. Н. Микробиология переработки водных биологических ресурсов : учебное пособие для вузов / И. Н. Ким, В. В. Кращенко. — 2-е изд. — М : МОРКНИГА, 2015. — 349 с.
14. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2008. – 12 с
15. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. – М.: Стандартиформ, 2014. – 17 с.
16. СанПиН 2.3.2.1078-01 Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. - М.: Рид Групп, 2012. - 448 с.
17. ТР ТС 021 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 года), принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880.



## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ДНК МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Лазарева Е.Г.\*, Хан А.В.

\* e-mail: e\_lazareva@vnimi.org

Научный руководитель: канд. биол. наук Фоменко О.Ю.

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность молока, ДНК, вирус бычьего лейкоза (BLV), видовая идентификация, ПЦР

### АННОТАЦИЯ

В настоящее время расширение критериев оценки качества и безопасности молока и молочных продуктов связано с применением молекулярно-генетических методов исследования. В данной статье представлены результаты по изучению влияния технологических процессов производства молочных продуктов на качественные и количественные показатели ДНК крупного рогатого скота (КРС). В ходе работы была проведена оценка выхода ДНК из исследуемых образцов (молоко сырое, молоко пастеризованное, сливки, обрат, йогурт, сухое обезжиренное молоко (СОМ)). Кроме того, нами была проведена амплификация фрагмента митохондриальной ДНК коровы длиной 311 пар оснований. Несмотря на существенную разницу в количественных показателях ДНК исследуемых объектов, целостность фрагмента ДНК не была нарушена, что указывает на возможность дальнейших исследования качества и безопасности как молока сырого, так и продуктов его переработки.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках выполнения исследований по государственному заданию НИР № FNSS-2022-0006 Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности.

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES ON THE DNA OF MILK AND DAIRY PRODUCTS

Lazareva E.G.<sup>1\*</sup>, Khan. A.V.<sup>1</sup>

\*e-mail: e\_lazareva@vnimi.org

Supervisor of studies: Fomenko O.Yu.

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow, Russia

KEYWORDS: milk safety, DNA, bovine leukemia virus (BLV), species identification, PCR

### ABSTRACT

Currently, the expansion of criteria for assessing the quality and safety of milk and dairy products is associated with the use of molecular genetic research methods. This article presents the results of the study of the influence of technological processes of dairy production on qualitative and quantitative indicators of the DNA of cattle. In the course of the work, the DNA yield from the studied samples was evaluated (raw milk, pasteurized milk, cream, skimmed milk, yogurt, skimmed milk powder (SMP)). In addition, we carried out amplification of a fragment of mitochondrial DNA of a cow with a length of 311. Despite the significant difference in the quantitative indicators of the DNA of the studied objects, the integrity of the DNA fragment was not violated, which indicates the possibility of further studies of the quality and safety of both raw milk and its processed products.

**Funding:** This research was funded within the framework of research on the state task of Research and Development No. FNSS-2022-0006 of the All-Russian Research Institute of Dairy Industry.

### 1. Введение

Для обеспечения качества и безопасности молока и молочных продуктов необходимы строгие меры контроля. Основным нормативным документом, регулирующим стандарты на молоко, является Технический регламент ТР ТС 033/2013 "О безопасности молока и молочных продуктов" [1]. Кроме того, для каждого вида молочного продукта существуют определенные регламентированные параметры.

К числу вопросов, имеющих отношение к устойчивому производству пищевой продукции животноводства, относятся проблемы новых инфекционных заболеваний, запущенных зоонозных болезней и болезней пищевого происхождения, связанных с сельским хозяйством и устойчивостью к противомикробным препаратам. В настоящее время особенно остро стоит

вопрос о возможном негативном влиянии на здоровье человека различных инфекционных заболеваний крупного рогатого скота. В этой связи особую озабоченность вызывает проблема распространенности вирусного лейкоза крупного рогатого скота, находящегося в тесной филогенетической связи с вирусом Т-клеточного лейкоза человека 1-го типа (HTLV-1) [2]. Лейкоз крупного рогатого скота (ВЛКРС) – хроническая инфекционная болезнь, характеризующаяся лимфоцитозом или образованием опухолей в кроветворных и других органах и тканях. Возбудителем заболевания является вирус лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС) из семейства Retroviridae, который в естественных условиях передается крупному рогатому скоту, зебу, буйволам и овцам. Из-за особенностей вируса заболевание может годами протекать бессимптомно и в отсутствие проведения специфической диагностики оставаться невыявленным. Данный факт препятствует возможности оперативного выявления вирусносителей, что приводит к сбору и хозяйственному использованию молока от инфицированных животных.

Ещё одним актуальным вопросом качества и безопасности молока и молочных продуктов является фальсификация. В последнее время увеличился спрос на козье молоко, что привело к учащению случаев подмены или фальсификации продукции коровьим молоком, которое является более дешевым и доступным. В этой связи, для защиты потребителей от такой мошеннической деятельности, необходимо разработать аналитические процедуры, способные выявлять фальсификацию козьего молока коровьим и предотвращать обман потребителей [3].

В настоящее время расширение исследований качества и безопасности молока и молочных продуктов связано с применением молекулярно-генетических методов исследования. В основном ДНК-исследования направлены на оценку молочной продуктивности коров, получение молока с заданными свойствами (сыропригодность, усвояемость белков молока человеком) [4], исследование патогенных микроорганизмов [5]. Методы ПЦР основаны на амплификации ДНК и обладают простотой, высокой чувствительностью и специфичностью.

Термическая обработка молока (пастеризация, сушка и т.д.) может привести к денатурации и деградации молекул ДНК, что приводит к уменьшению их количества. Следовательно, это может существенно повлиять на количество ДНК, доступное для анализа и потенциальных диагностических целей. Помимо влияния на количество ДНК, термическая обработка может также повлиять на ее качество в молоке. Целостность ДНК имеет решающее значение для точного молекулярного анализа и методов диагностики. Исследования показали, что термическая обработка может вызвать фрагментацию ДНК и структурные изменения в молоке. Высокие температуры могут разорвать нити ДНК, что приведет к укорочению фрагментов и потенциальной потере важной генетической информации. Эти модификации могут поставить под угрозу надежность и эффективность диагностики на основе ДНК для оценки качества молока. Цель данной работы – оценка влияния технологических процессов обработки молока-сырья на количество и качество препаратов ДНК, получаемых из молока и продуктов его переработки.

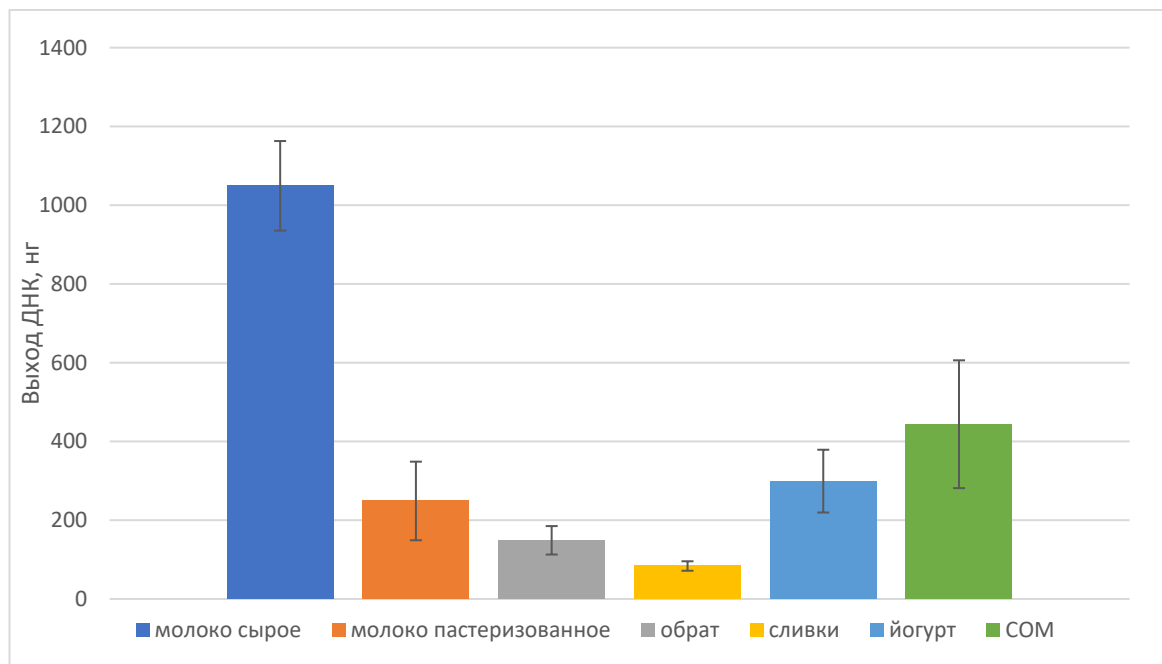
## 2. Материалы и методы

Работа выполнена на базе центральной лаборатории микробиологии ФГАНУ «ВНИМИ». Объекты исследования: молоко сырое от КРС и продукты его переработки: молоко пастеризованное (Т пастеризации  $90 \pm 2^\circ\text{C}$ ), молоко обезжиренное (обрат), сливки (м.д. жира  $20 \pm 0,5\%$ ), молоко сухое обезжиренное (СОМ), йогурт. Выделение ДНК из объектов исследования проводили с помощью коммерческого набора с использованием сорбентов на основе диоксида кремния «ДНК-Сорб-С-М» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) согласно рекомендациям производителя. Концентрация ДНК в полученных препаратах измеряли на флуориметре Qubit 4 («Invitrogen», США) с использованием набора реагентов Qubit dsDNA BR Assay Kit («Invitrogen», США). Выделенные образцы ДНК использовали для постановки ПЦР с применением реакционной смеси 5x ScreenMix (ЗАО «Евроген», Россия) и видоспецифических праймеров Bos-F6 5'-CATCAACTTCATTACAACAATTTATCAACATAAAG-3' и Uni-R 5'-CCGAATGGTTCYTTTTTYCCYGAGTAGTA-3' для амплификации участка митохондриального гена COI Bos taurus [6]. Объем реакционной смеси составлял 25 мкл. ПЦР проводили на приборе MiniAmp («ThermoFisher Scientific», США) Длина получаемого ампликона – 311 пар оснований. Разделение ПЦР-продуктов проводили в 2% агарозном геле с использованием маркера длин ДНК «50+ bp DNA Ladder» (ЗАО «Евроген», Россия). Гели окрашивали раствором бромистого этидия. Визуализацию и документирование результатов осуществляли с использованием гель-документирующей системы «Vilber E-Box-CX5.TS» (Vilber, Франция) на трансиллюминаторе «Vilber Super-Bright» (Vilber, Франция) с длиной волны 312 нм.

### 3. Результаты и обсуждение

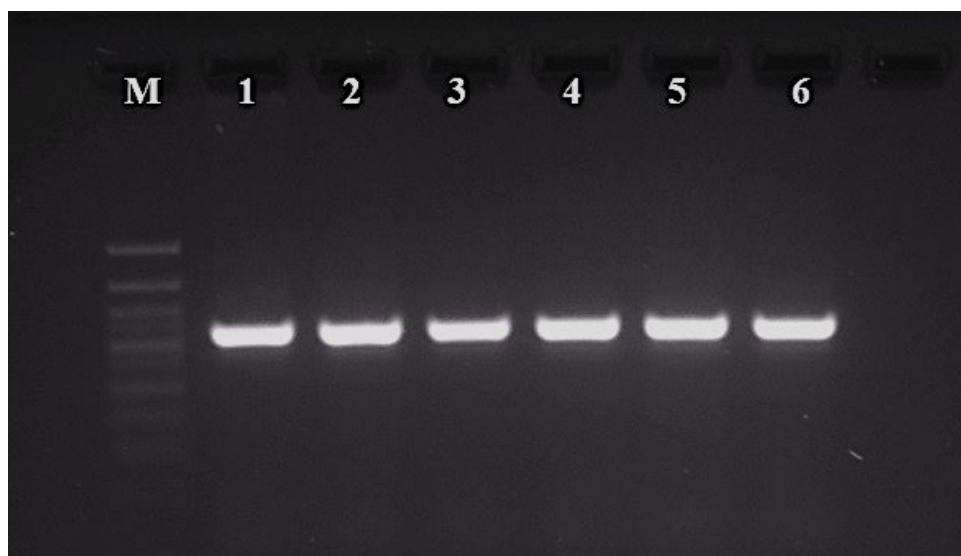
Важным условием протекания полимеразной цепной реакции является использование ДНК, свободной от загрязнений и ингибиторов. Наличие последних может существенно снижать эффективность ПЦР и приводить к искажениям количественной оценки содержания ДНК в пробах, вплоть до возникновения ложноотрицательных результатов. Особенно эта проблема актуальна в случае работы с образцами сложного состава, к которым, безусловно, относится и молоко. Существуют сведения о том, что некоторые компоненты молока, такие как протеазы и ионы кальция могут приводить к существенному ингибированию ПЦР и искажению получаемых результатов.

На первом этапе был проведён сравнительный количественный анализ эффективности выделения ДНК из молока и продуктов его переработки (рис.1)



**Рисунок 1.** Средние значения выхода ДНК, получаемой в 50 мкл элюирующего раствора. В качестве погрешностей указаны стандартные отклонения.

Эффективность ПЦР является одним из наиболее важных параметров, характеризующих реакцию. Её адекватная оценка позволяет существенно повысить правильность интерпретации результатов количественного ПЦР-анализа. Для определения пригодности полученных препаратов ДНК для проведения полимеразной цепной реакции, нами была проведена амплификация фрагмента митохондриальной ДНК коровы длиной 311 пар оснований. Результаты амплификации приведены на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Результаты ПЦР при использовании ДНК, выделенной из сырого молока (1), пастеризованного молока (2), обрат (3), сливок (3), йогурта (5), COM (6). М – маркер длин ДНК 50-700 п.н. (ЗАО «Евроген»)

Из приведённых данных видно, во всех случаях были получены продукты теоретически ожидаемой длины в 311 пар оснований, соответствующие фрагменту митохондриального гена, кодирующего фермент цитохромоксидазу I коровы. Ингибирования реакции ПЦР при этом не наблюдалось. Данный факт указывает на то, что использованный нами метод выделения ДНК позволяет эффективно избавляться от потенциально ингибирующих веществ, входящих в состав молока, а также получать нуклеиновые кислоты как из молока сырого, так и из продуктов его переработки.

#### 4. Выводы

Результаты ПЦР-амплификации демонстрируют, что, несмотря на производственную обработку молочной продукции, количество и качество выделяемой из неё ДНК достаточно для проведения генетических исследований. Таким образом, молекулярно-генетические методы на основе ПЦР могут успешно применяться для анализа безопасности и подлинности молока.

#### Библиографический список

1. Юрова, Е.А. (2014). Контроль показателей качества и безопасности молочного сырья и молочной продукции. *Сыроделие и маслоделие*, (6), 34-35.
2. Donnik, I.M., Gulyukin, M.I., Busol, V.A., Kovalenko, L.V., Kovalenko, A.M. (2021). Bovine leukemia virus infection - Diagnostics, eradication, and anthroozoonotic potential (background). *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 56(2), 230. <https://doi.org/10.15389/AGROBIOLOGY.2021.2.230RUS>
3. Csapó, J., Némethy, S., Albert, C. (2019). Food counterfeiting in general; counterfeiting of milk and dairy products. *Ecocycles*, 5(1), 26-41. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v5i1.138>
4. Михайлова, И.Ю., Лазарева, Е.Г., Бигаева, А.В., Гильманов, Х.Х., Тюлькин, С.В. (2021). Влияние генетических факторов на продуктивность коров и качество молока. *Пищевая промышленность*, (1), 36-40.
5. Manivasagan, P., Venkatesan, J., Sivakumar, K., Kim, S.K. (2014). Pharmaceutically active secondary metabolites of marine actinobacteria. *Microbiological research*, 169(4), 262-278. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.07.014>
6. Kitpipit, T., Sittichan, K., Thanakiatkrai, P. (2014). Direct-multiplex PCR assay for meat species identification in food products. *Food Chemistry*, 163, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.062>

## ВЛИЯНИЕ КОНОПЛЯНОГО МАСЛА НА СТРУКТУРУ ВЗБИТОГО ЗАМОРОЖЕННОГО ДЕСЕРТА

Ландиховская А.В.<sup>1</sup>

*e-mail: anna.landih@yandex.ru*

<sup>1</sup>*Всероссийский научно – исследовательский институт холодильной промышленности – филиал  
Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** взбитый замороженный десерт, конопляное масло, ненасыщенные жирные кислоты

**АННОТАЦИЯ:** Недостаток ненасыщенных жирных кислот в рационе человека диктует промышленности условия для расширения ассортимента продукции, в которых они присутствуют. Мороженое – уникальный продукт, структура которого формируется под воздействием холода, поэтому любые изменения ингредиентного состава могут сказаться на качестве готового продукта. Однако молочный жир имеет высокое содержание насыщенных жиров и незначительное количество ненасыщенных. В работе изучены показатели качества взбитого замороженного десерта с массовой долей жира 3%, полученного путем внесения конопляного масла, богатого кислотами групп  $\omega 6$  и  $\omega 3$ , вместо молочного жира. Установлено, что замена растительным жиром положительно сказалась на термоустойчивости десерта, сформировалась более устойчивая воздушная фаза. Использование конопляного масла не оказывает отрицательного влияния на динамическую вязкость смеси и взбитость замороженного десерта.

## INFLUENCE OF HEMP OIL ON WHIPPED FROZEN DESSERT STRUCTURE

Landikhovskaya A.V.<sup>1</sup>

*e-mail: anna.landih@yandex.ru*

<sup>1</sup>*All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbatov  
Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** whipped frozen dessert, hemp oil, unsaturated fatty acids

**ABSTRACT:** The lack of the unsaturated fatty acids in the human diet dictates the conditions for industry to expand the assortment of foods in which they are present. Ice cream is a unique product the structure of which is forming under the influence of cold, so any changes in the composition of its components may cause changing of finished product quality. However milk fat is high of saturated fat and low in unsaturated fat. The quality indicators of the whipped frozen dessert with a mass fraction of fat 3% made by including hemp oil rich in acids of groups  $\omega 6$  and  $\omega 3$  instead of milk fat were studied in the research work. It was established that the replacement by vegetable oil positively affected the thermal stability of the dessert making the air phase more stable. The use of hemp oil has no negative effect on the dynamic viscosity of the mixture and overrun of the frozen dessert.

### 1. Введение

В рационе современного человека доминирует доля продуктов питания с высоким содержанием насыщенных жиров. Однако методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 о нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах [1] предусматривают суточное потребление ПНЖК для взрослого на уровне 8-10 г и оптимальное соотношение  $\omega 6 : \omega 3 - 5-10:1$ . ПНЖК не синтезируются в организме человека и могут быть получены только из пищи [2], в молочном жире содержание насыщенных жирных кислот превалирует [3]. Для производства замороженных десертов функциональной направленности (с низкой массовой долей жира) с целью расширения ассортимента продукции целесообразно использовать в качестве основного источника жира растительные масла [4], богатые содержанием  $\omega 6$  и  $\omega 3$ . Конопляное масло содержит оптимальное соотношение линолевой и  $\alpha$ -линоленовой кислоты в соотношении 2:1 или 3:1 [2], в льняном масле преобладают кислоты группы  $\omega 3$  [5]. Замена молочного жира растительными маслами относит продукт к категории взбитых замороженных десертов в соответствии с ТР ТС 033/2013. Изменение жировой основы может оказать влияние на вязкость, взбитость, термоустойчивость и дисперсность воздушной фазы замороженного десерта,



поскольку молочный жир оказывает важную роль в формировании структуры мороженого. Целью работы являлось изучение показателей качества взбитого замороженного десерта при использовании в качестве источника жира конопляного масла с высоким содержанием ПНЖК.

## 2. Материалы и методы

Были выработаны образцы мороженого с массовой долей жира 3%. В опытном образце (1) в качестве источника жира использовалось конопляное масло холодного отжима некупажированное ООО «Сопродукт», в контрольном образце (2к) – сливочное масло крестьянское несоленое 72,5% по ГОСТ 32261-2013. Уровень СОМО в образцах составлял 10,5%, содержание комплексной пищевой добавки Cremodan 334 в натуральном выражении 6,5 г/кг. Несмотря на то, что в ранее проведенных исследованиях определили о необходимости увеличения сухих веществ до уровня 32,5% [6] в изучаемых образцах содержание сухих веществ установили минимально возможное - 29,5%, что обусловлено определением непосредственного влияния конопляного масла на показатели качества мороженого.

Динамическая вязкость смеси определена при температуре  $(4 \pm 0,5)$  °С на вискозиметре Brookfield DV-II+Pro с использованием ПО Rheocalc V3 1-1. Методика определения взбитости описана в ГОСТ 31457-2012. Тест на термоустойчивость образцов проводили при температуре  $(20 \pm 1,5)$  °С, определяли массовую долю плава, образующуюся через 60 мин и до достижения 120 мин с шагом в 10 мин. Определение размеров воздушных пузырьков проводили путем получения микрофотографий на микроскопе Olympus CX-41 при увеличении 100 и подсчетом в программе ImageScore. Обработку данных и построение графиков делали в программах Statistica 10, Excel и Past.

## 3. Результаты и обсуждение

В 100 г конопляного масла содержится в среднем 78 г ПНЖК [7]. Таким образом, со 100 г взбитого замороженного десерта в организм поступает 2,3 г ПНЖК, что составляет 25% от суточной нормы потребления взрослого человека.

Вязкость смесей мороженого при градиенте сдвига на срез  $0,83 \text{ с}^{-1}$  представлена на рис. 1.

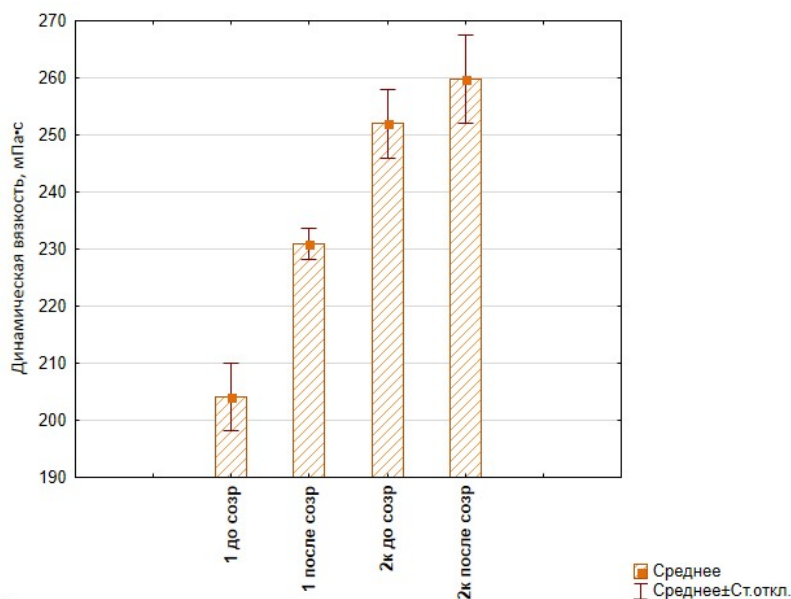
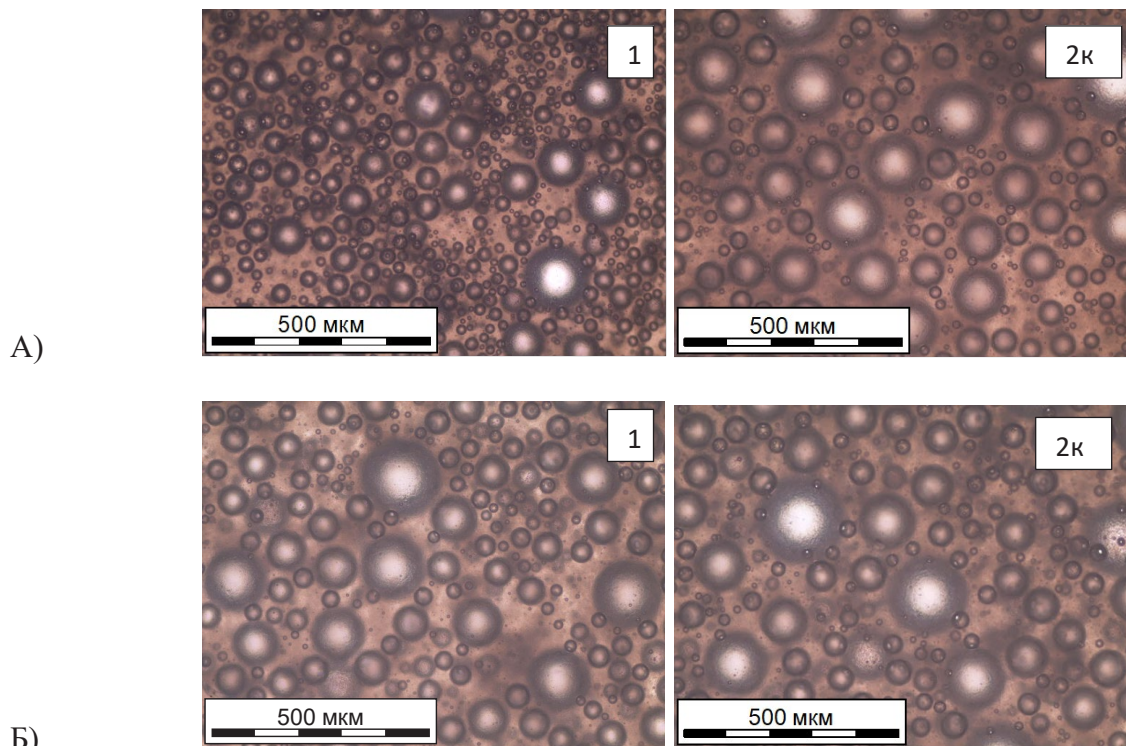


Рисунок 1. Вязкость смеси в образцах до и после созревания

Изменение вязкости в образце с конопляным маслом составило 12%, в контрольном образце вязкость увеличилась всего на 4%, что не является статистически значимым ( $p > 0,05$ ). Вязкость образца с растительным маслом после созревания ниже на 11% ( $p < 0,05$ ). Однако, технологически вязкость в обоих образцах приемлема для разновидностей мороженого и замороженных десертов с массовой долей жира 3%.

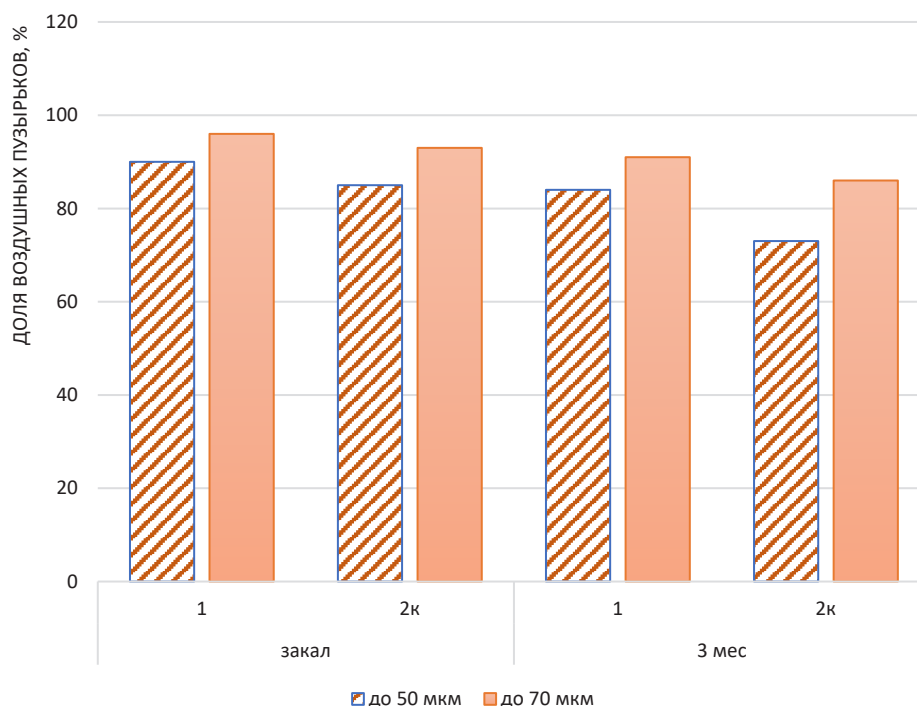
Образец десерта с конопляным маслом характеризовался хорошей способностью к насыщению воздухом, взбитость десерта составила 57%, что на 13% ниже контрольного образца ( $p < 0,05$ ), но все же допустимый интервал взбитости для данной массовой доли жира составляет 30 до 90%.

Сформированные воздушные пузырьки после закаливания и через 3 мес хранения представлены хранения на рис.2.



**Рисунок 2.** Микрофотографии воздушной фазы в образцах (А – закаливание, Б – 3 мес)

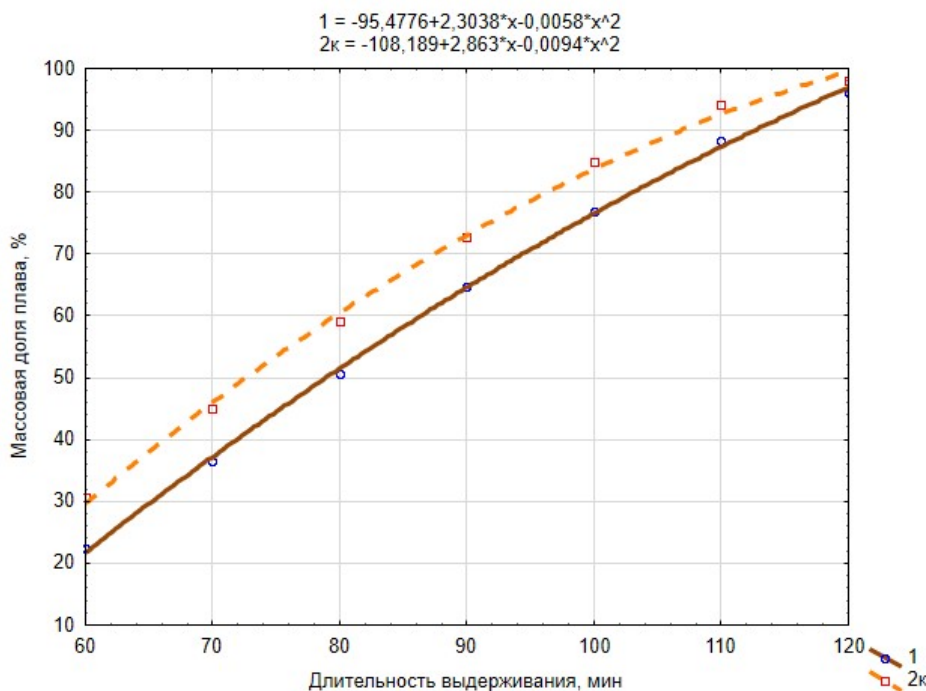
В образце с конопляным маслом сформировались более мелкие воздушные пузырьки (27 мкм) по сравнению с контрольным (31 мкм), через 3 мес в образце 1 средний размер составил 28 мкм, в 2к – 39 мкм. Доли воздушных пузырьков до 50 и 70 мкм представлены на рис. 3.



**Рисунок 3.** Доли воздушных пузырьков

Замена молочного жира конопляным маслом не сказалась отрицательно на дисперсности воздушной фазы, даже наоборот, в течение 3 месяцев хранения воздушные пузырьки более стабильны. Скорее всего, это вызвано дополнительной стабилизацией веществами, входящими в состав конопляного масла.

Вязкость, взбитость, размер структурных элементов влияет на термоустойчивость мороженого (рис. 4).



**Рисунок 4.** Зависимость массовой доли плава от длительности выдерживания в термостате

Внесение конопляного масла положительно сказалось на термоустойчивости мороженого, что также косвенно указывает на дополнительную стабилизацию.

#### 4. Выводы

Результаты проведенных исследований позволили установить положительное влияние конопляного масла на структуру мороженого с массовой долей жира 3%:

- образуются более мелкие воздушные пузырьки с высокой долей их количества до 50 мкм;
- образец замороженного десерта с конопляным маслом в 1,4 раза медленнее тает, чем контрольный образец молочного мороженого.

Кроме того, установлено, что использование конопляного масла не оказывает отрицательного влияния на динамическую вязкость смеси и взбитость замороженного десерта.

#### Библиографический список

1. МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2021. – 72 с.
2. Teh, S.-S., Birch, J. (2013). Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.01.004>
3. Топникова, Е.В., Горшкова Э.И., Меркулова М.И. (2013) Исследования жирнокислотного состава сливочного масла. *Маслоделие и сыроделие*, №3, 47-49.
4. Ландиховская, А.В., Гурский И.А., Творогова, А.А. (2019). Показатели качества десертов, изготовленных по технологии мороженого. *Контроль качества продукции*, №6, 45-49.
5. Байбеков, Р.Ф., Белопухов С.Л., Дмитриевская, И.И., Дмитриев, Л.Б. (2019). Сравнительная характеристика состава жирных кислот в липидах масел из семян технических культур. *Достижения науки и техники АПК*, 33(6), 62–65. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10615>
6. Творогова, А.А., Шобанова, Т.В., Ландиховская А.В., Закирова Р.Р. (2018). Совершенствование композиционного состава и структуры молочного мороженого. *Техника и технология пищевых производств*, 48 (2), 109-116. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-109-116>
7. Серков, В.А., Кабунина И.В. (2023). Конопля посевная – перспективный сырьевой ресурс для масложировой промышленности России. *Международный сельскохозяйственный журнал*, Т. 66, №2(392), 188-191. [https://doi.org/10.55186/25876740\\_2023\\_66\\_2\\_188](https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_2_188)

# РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА

Коновалова А. Д.<sup>1</sup>, Левин О.Н.<sup>2\*</sup>

\*e-mail: Oleg.L-e-v-i-n@yandex.ru

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Каночкина М.С.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», город Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Тюменский Государственный Университет», город Тюмень, Россия

<sup>3</sup>Научно-исследовательский центр ООО «Микробные нутриенты иммунокорректоры», город Москва, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** молочнокислые бактерии, бифидобактерии, овечье молоко, функциональный кисломолочный продукт, закваска, пробиотик

## АННОТАЦИЯ

В данной работе исследовалась возможность применения овечьего молока в качестве основы для получения функционального кисломолочного продукта на основе многокомпонентной пробиотической закваски молочнокислых бактерий и бифидобактерий. Овечье молоко имеет более ценный химический состав по сравнению с коровьим молоком. Это в свою очередь способствует более высокому росту молочнокислых бактерий и бифидобактерий, и последующей выживаемости в процессе хранения.

В ходе решения поставленных задач изучена возможность использования исследуемых штаммов совместно при получении готового продукта, оценены реологические свойства, органолептика и стабильность готового функционального кисломолочного продукта при хранении, в том числе в сравнении с традиционной основой – молоком коровьим.

Впервые изготовлена многокомпонентная закваска, содержащая пробиотические штаммы видов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. Разработанное сочетание штаммов обеспечивает высокие реологические и органолептические показатели функционального кисломолочного продукта, при этом овечье молоко повышало жизнеспособность бактериальных культур закваски.

## 1. Введение

В настоящее время меняющиеся условия жизни в рамках технологической революции приводят к росту количества болезней у людей разного возраста, вследствие этого наблюдается тенденция на употребление функциональных кисломолочных продуктов питания с целью благотворного влияния на состояние организма в целом, в особенности желудочно-кишечного тракта [1, 2]. При этом подобные продукты рассматриваются не только как средства профилактики, предупреждения развития серьезных воспалительных заболеваний, включая болезнь Крона, дисбактериоз и так далее, но и как один из инструментов направленной терапии.

Продукты, полученные путем молочнокислого брожения, являются оптимальными носителями пробиотических культур. Например, кефир, содержащийся в кефире, является матрицей для развития микроорганизмов [3]. Также сырная матрица может быть носителем пробиотиков и при этом поддерживать их жизнеспособность при воздействии условий желудочно-кишечного тракта [4].

Сегодня на рынке кисломолочной продукции подавляющее большинство продуктов изготовлено на основе коровьего молока. Однако, овечье молоко не уступает коровьему молоку по химическому составу [5] (табл. 1), например, содержит больше белков, липидов, углеводов, макро- и микроэлементов, а также витаминов. Белки выделены в две основные группы: растворимые и нерастворимые. Первые представлены сывороточными белками, а вторые казеиновыми. Также овечье молоко содержит много важных вторичных белков, например, сывороточный альбумин, иммуноглобулины, лактоферрин, трансферрин, кальцийсвязывающий белок, фолатсвязывающий и протеосепептон [6]. Немаловажным фактором является отсутствие агглютиниона в овечьем молоке, что позволяет организму более полно усвоить продукт [7].



Исходя из вышеперечисленного функциональный продукт на основе овечьего молока способен конкурировать с функциональным продуктом на основе коровьего молока за счет более высокого содержания питательных веществ и их биодоступности, простоты внесения пробиотических культур в молоко в процессе производства.

Таблица 1.

### Химический состава коровьего молока и овечьего молока

Компонент молока	Вид молока	
	Коровье	Овечье
Влага, г/100 г	87,9	82,9
Жир, г/100 г	3,3	5,9
Лактоза, г/100 г	4,7	4,8
Белки, г/100 г	3,4	5,5
Казеин, г/100 г	3,0	4,7
Кальций, мг/100 г	112,0	197,5
Железо, мг/100 г	0,1	0,1
Магний, мг/100 г	11,0	19,5
Цинк, мг/100 г	0,4	0,6
Фолиева кислота, мкг/100 г	8,5	6,0
Биотин, мкг/100 г	2,0	2,5
Пантотеновая кислота, мг/100 г	0,43	0,43
Кобаламин, мкг/100 г	0,5	0,66
Тиамин, мг/100 г	0,04	0,07
Каротиноиды, мкг/100 г	16,0	-
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	1,0	4,6

**Цель исследования:** разработка многокомпонентной пробиотической закваски для производства функционального кисломолочного продукта на основе овечьего молока.

#### Задачи исследования:

- скрининг молочнокислых бактерий и бифидобактерий методом определения уровня антагонистической активности по отношению друг к другу;
- подбор оптимального сочетания штаммов для разработки многокомпонентной закваски;
- оценка реологических свойств и органолептики готового функционального кисломолочного продукта;
- определение стабильности готового функционального кисломолочного продукта при хранении.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Объекты исследования

Объекты исследования: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactocaseibacillus casei*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. Перечисленные бактериальные культуры предоставлены биотехнологическим центром ООО «Зеленые линии».

### 2.2. Определение антагонистической активности исследуемых штаммов

Определение антагонистической активности проводят методом перпендикулярных штрихов. Для этого используют твердую питательную среду MRS. На поверхность среды наносят линию тест-культуры двойным проведением петли вдоль диаметра с последующей инкубацией при температуре 37 °С в течение суток. После первых суток наносят линию штамма-антагониста в направлении от периферии чашки Петри к тест-культуре слегка ее касаясь. Затем чашки Петри помещают в термостат при температуре 37 °С на сутки. Бактерии рода *Bifidobacterium* инкубируют при анаэробных условиях.

### 2.3. Подбор оптимального сочетания штаммов для многокомпонентной закваски

Для выбора оптимального сочетания бактериальных культур ведут их совместное культивирование в молоке и измеряют значение рН молока после 8 ч инкубации при температуре 37 °С. Также между ними отсутствует антагонизм. Выбирают вариант многокомпонентной закваски, у которого за 8 ч инкубации значение рН оказалось минимальным в промежутке от 4,50 до 4,60 для дальнейших исследований.



## 2.4. Получение готового продукта

100 см<sup>3</sup> молока инокулируют 0,33 см<sup>3</sup> каждым исследуемым штаммом, входящим в отобранную многокомпонентную закваску. Далее инкубируют при температуре 37 °С до достижения значения рН 4,5–4,6. Полученный продукт хранят при температуре 4 °С.

## 2.5. Определение водоудерживающей способности и синерезиса готового продукта

Водоудерживающая способность и синерезис определяют центрифугированием 1 г образца при комнатной температуре. Условия для определений водоудерживающей способности 1000 об/мин в течение 30 минут, синерезиса 15 минут при 3500 об/мин. Синерезис определяют, как отношение массы выделившейся жидкости к массе образца. Водоудерживающую способность, как отношение разности исходной массы и сыворотки к исходной массе.

## 2.6. Определение значения рН

Значение рН определяют с помощью рН-метра рН-150МИ после 8 часов культивирования молока и на 28 сутки хранения при температуре 4 °С путем погружения датчиков в образец.

## 2.7. Определение количества жизнеспособных культур в готовом продукте

Из готового продукта готовят серию десятикратных разведений, затем проводят посев поверхностным способом на среду MRS и инкубируют чашки Петри при температуре 37 °С в течение 48 часов. Готовый продукт содержит смесь бактериальных культур, поэтому проводят подсчет общего количества колоний и идентификацию колоний. КОЕ (х) каждого штамма вычисляют по формуле 1:

$$x = \frac{a}{b} * y * 10^n, \quad (1)$$

где  $y$  – общее количество колоний;  $n$  – степень разведения;  $a$  – число проидентифицированных колоний одного вида;  $b$  – общее количество колоний, подвергнутых идентификации методом MALDI-TOF MS.

## 2.8. Идентификация бактериальных культур

Идентификация штаммов проводят методом времяпролетной масс-спектрометрии с лазерной десорбцией и ионизацией с использованием матрицы (MALDI-TOF MS).

## 2.9. Оценка органолептических показателей готового продукта

Оценка органолептических показателей проводят через 24 часа после получения продукта и после 28 суток хранения продукта при температуре 4,0 °С.

## 3. Результаты и обсуждение

### 3.1. Определение антагонистической активности пробиотических штаммов по отношению друг к другу

Антагонистические отношения между штаммами проявлялись, если на перекрестке линий тест-штамма и штамма-антагониста была зона лизиса. Результаты описаны в таблице 2.

Таблица 2

Результат определения антагонистических отношений между микроорганизмами											
Штаммы	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	V1	V2	Г1
A1	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
A2	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□
A3	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□
A4	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□
B1	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□
B2	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□
B3	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□
B4	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□
V1	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□
V2	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□
Г1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■

Примечание: A(1-4) – *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*; B(1-4) – *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*; V(1-2) – *Bifidobacterium animalis*; Г1 – *Lactocaseibacillus casei*; □ и □ - проявление и отсутствие антагонистической активности соответственно.

Полученные результаты использовали для создания вариантов многокомпонентных заквасок.

3.2 Подбор оптимальной комбинации штаммов для разработки многокомпонентной закваски

Исходя из полученных результатах было сформированы четыре варианта многокомпонентной закваски, бактериальные культуры которых не проявляли между собой антагонистических отношений. Варианты многокомпонентной закваски:

№1 – состоит из штаммов под номерами А1, Б4 и В2;

№2 – А2, Б2, В1;

№3 – А3, Б3, Г1;

№4 – А3, Б2 и В2.

Результаты рН после инкубации всех вариантов заквасок при температуре 37 °С в течении 8 часов приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты рН после инкубации всех вариантов заквасок при температуре 37 °С в течении 8 часов**

Вид молока	Начальное значение рН молока до инкубации	№ варианта многокомпонентной закваски	Значение рН молока после инкубации
Коровье	6,68	1	<b>4,58</b>
		2	4,66
		3	5,9
		4	4,65
Овечье	6,37	1	<b>4,54</b>
		2	4,63
		3	5,71
		4	<b>4,59</b>

Для дальнейших исследований выбран вариант многокомпонентной закваски №1, поскольку за 8 ч инкубации значение рН снизилось до 4,54 единицы.

3.3. Результат определения водоудерживающей способности и синерезиса готового продукта

Было установлено, что водоудерживающая способность готового продукта на основе коровьего молока составила 63,81%. Водоудерживающая способность продукта на основе овечьего молока была выше и составила 83,46%. Данные результаты демонстрируют, что продукт на основе овечьего молока имеет более высокие показатели водоудерживающей способности.

Синерезис продукта на основе овечьего молока составил 13,5%, в то время как продукт на коровьем молоке составил 36,5%. Таким образом, продукт на основе овечьего молока имел меньшую склонность к синерезису, что будет благоприятно сказываться на внешнем виде готового продукта.

3.4. Результат определения активной кислотности готового продукта

В результате измерений было установлено, что спустя 8 часов после сквашивания коровьего молока, значение активной кислотности составило 4,58 единиц. На основе овечьего молока – 4,54 единицы. Затем значение рН измеряют на 28 сутки. Спустя 4 недели значение рН у образца на коровьем молоке составило 4,53 единицы, на основе овечьего молока – 4,49 единицы.

3.5. Результат определения количества жизнеспособных микроорганизмов в готовом продукте

Результаты определения количества жизнеспособных микроорганизмов сведены в таблицу 4.

**Количество колониеобразующих единиц пробиотических микроорганизмов в функциональных продуктах**

День хранения	lg (КОЕ/г)					
	<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> (А1)		<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> (Б4)		<i>Bifidobacterium animalis</i> (В2)	
	Овечьё молоко	Коровье молоко	Овечьё молоко	Коровье молоко	Овечьё молоко	Коровье молоко
0	8,66	8,51	6,74	6,25	6,78	6,80
7	8,58	8,52	6,57	6,22	6,61	6,58
14	8,59	8,51	6,66	6,15	6,72	6,66
21	8,55	8,35	6,62	6,10	6,76	6,69
28	8,53	8,32	6,54	6,23	6,74	6,71

В продукте на основе овечьего молока было установлено, что количество колониеобразующих единиц превосходит количество КОЕ, полученное в продукте на основе коровьего молока. Вероятно, это связано с тем, что овечьё молоко имеет более богатый химический состав по сравнению с коровьим молоком. Данное предположение также подтверждают результаты эксперимента через 28 суток хранения – жизнеспособности пробиотических микроорганизмов во всех вариантах, в особенности, представителей рода *Bifidobacterium*, которые прихотливы к составу питательной среды, больше на среде с овечьим молоком.

### 3.7. Результаты определения органолептических показателей готового продукта

Оценку органолептических показателей проводили через 24 ч после приготовления готового продукта и спустя 28 суток хранения. Продукт оценивали по нескольким показателям: кисломолочная нота, сливочная нота, глянец, однородность, вязкость, цвет, синерезис. Интерпретация результатов заключалась в выставлении баллов от 0 до 5 (где 0 – наименьшая характеристика органолептического показателя, 5 – наибольшая характеристика органолептического показателя) комиссией из трех человек – экспертов в области пищевой биотехнологии. Для показателя «цвет» выставляли балл 0, если цвет продукта белый; балл 5, если цвет продукта кремовый. Результаты определения органолептических показателей представлены на рисунке 1 и рисунке 2.

Дата проведения органолептических показателей готового продукта: 18.04.2023 г. и 09.05.2023 г.

Место проведения: ООО «Зеленые линии», биотехнологический центр.

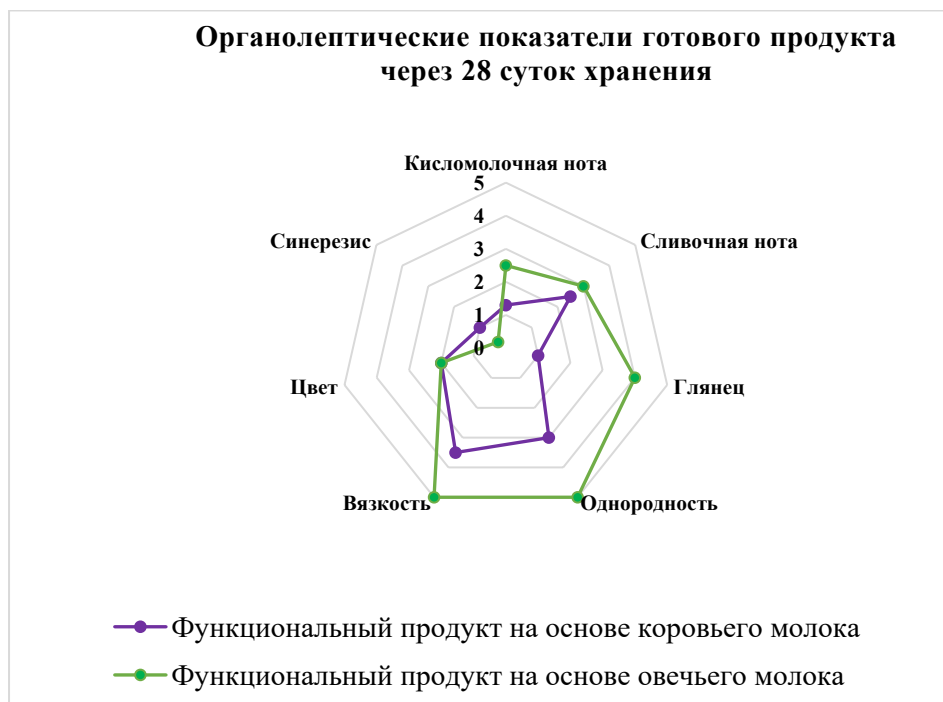
Тип дегустации: рабочая.

Присутствовали эксперты: Белкова М. Д., Боровикова А. С., Каширина Т. Н.



**Рисунок 1.** Органолептические показатели готового продукта через 24 ч после приготовления

У продуктов на основе коровьего и овечьего молока цвет не отличался, также у обоих продуктов отсутствовали признаки синерезиса. Показатели вязкость, однородность и глянец у продукта на основе овечьего молока были оценены комиссией высокими баллами и превосходили показатели продукта на основе коровьего молока. Кисломолочная нота и сливочная нота были более ярко выражены у продукта на основе овечьего молока согласно баллам.



**Рисунок 2.** Органолептические показатели готового продукта через 28 суток после приготовления

Проведенные исследования позволили выявить органолептические преимущества функционального продукта на основе овечьего молока, у которого в процессе хранения не выявлено ухудшения показателей.

#### 4. Выводы

В ходе выполнения исследования была разработана многокомпонентная пробиотическая закваска для получения функционального кисломолочного продукта на основе овечьего молока. Дальнейшая работа заключалась в изучении реологических свойств продукта, а также определении стабильности продукта при хранении.

При оценке реологических показателей было установлено, что готовый продукт на основе овечьего молока обладает более высокими показателями по сравнению с продуктом на основе коровьего молока.

В результате определения стабильности продукта при хранении было установлено, что овечье молоко является более благоприятной средой для развития микроорганизмов, что согласуется с работой Л. Варга (Varga, L.), Дж. Зюле (Süle, J.) и П. Надь (Nagy, P.) [5]. Это объясняется богатым химическим составом овечьего молока, что важно для роста и поддержания жизнеспособности пробиотических культур, в частности для представителей рода *Bifidobacterium*, которые известны своей прихотливостью к составу питательной среды. Разработанная многокомпонентная закваска наилучшим образом подходит для производства функционального продукта на основе овечьего молока.

#### Библиографический список

1. Jia, R., Chen, H., Chen, H., Ding, W. (2016). Effects of fermentation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on product quality and fatty acids of goat milk yogurt. *Journal of dairy science*, 99(1), 221-227. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10114>
2. Shiby, V.K., Mishra, H.N. (2013). Fermented milks and milk products as functional foods - a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(5), 482-496. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.547398>

3. Prado, M.R., Blandón, L.M., Vandenberghe, L.P., Rodrigues, C., Castro, G.R., Thomaz-Soccol, V., Soccol, C.R. (2015). Milk kefir: composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Frontiers in microbiology*, 6, Article 1177. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01177>
4. de Almeida, J.d.S.O., Dias, C.O., Pinto, S.S., Pereira, L.C., Verruck, S., Fritzen-Freire, C.B., Amante, E.R., Prudêncio, E.S., Amboni, R.D.M.C. (2018). Probiotic Mascarpone-type cheese: Characterisation and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 195-203. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12457>
5. Varga, L., Süle, J., Nagy, P. (2014). Short communication: Survival of the characteristic microbiota in probiotic fermented camel, cow, goat, and sheep milks during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2039-2044. doi:10.3168/jds.2013-7339
6. Balthazar C.F., Pimentel T.C., Ferrão L.L., Almada C.N., Santillo A., Albenzio M., Mollakhalili N., Mortazavian A.M., Nascimento J.S., Silva M.C., Freitas M.Q., Sant'Ana A.S., Granato D., Cruz A.G. Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(2), 24-262. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12250>
7. Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 88-113. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.09.013



## АДАПТАЦИЯ МЕТОДА «ДНК-КОМЕТ» ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АНАЛИЗУ КЛЕТОК ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

Лисицын А.А.

*e-mail: nordikal@yandex.ru*

*Научный руководитель: докт.техн.наук, профессор, академик РАН Чернуха И.М.*

*Российский биотехнологический университет, Москва, Россия*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДНК-кометы, ЖКТ, методические особенности

### АННОТАЦИЯ

Надежный метод оценка повреждения ДНК в органах ЖКТ у млекопитающих крайне важен при конструировании функциональных пищевых продуктов, так как позволяет получить данные подтверждающие эффективность разработанного продукта, если его действие направленно на профилактику заболеваний именно в ЖКТ, вызванных повреждениями ДНК, а также для получения научно обоснованного доказательства эффективности таких пищевых продуктов. Целью настоящей работы являлась отработка пробоподготовки для метода ДНК-комет применительно к клеткам различных отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Инбредным лабораторным мышам линии BALB/c вводили известные химические мутагены Диоксидин и Топотикан. В процессе работы подобраны оптимальные объемы отбираемых образцов тканей разных отделов ЖКТ и отработаны параметры выполнения метода, позволяющие уверенно регистрировать генотоксические эффекты мутагенов в ЖКТ. Результаты исследования могут быть использованы как в пищевой промышленности, так и в фармакологии.

### ADAPTATION OF THE "DNA-COMET" METHOD FOR THE ANALYSIS OF GASTROINTESTINAL TRACT CELLS

Lisitsyn A.A.

*e-mail: nordikal@yandex.ru*

*Scientific supervisor: Chernukha I.M.*

*Russian Biotechnological University, Moscow, Russia*

KEYWORDS: *DNA comets, gastrointestinal tract, methodological features*

### ABSTRACT

The reliable method of assessing DNA damage in the gastrointestinal tract (GI tract) organs in mammals is extremely important when designing functional foods, as it allows to obtain data confirming the effectacy of the developed product aimed at preventing gastrointestinal diseases caused by DNA damage. It also provides science-based evidence of the effectiveness of such foods. The purpose of this work was to develop the sampling procedure for the DNA comet method that could be applicable to examine cells of various, upper and lower, parts of GI tract. The well-known chemical mutagens Dioxydin and Topotikan were injected in BALB/c laboratory mice. As a result, optimal volumes of samples regarding taken from different GI parts were determined and the specified methodology were worked out, allowing to confidently register the genotoxic effects of the mutagens used. The results of the study can be used both in the food industry and in pharmacology.

### 1. Введение

Продукты питания являются неотъемлемой частью нашей жизни. Их качество и безопасность имеют большое значение для здоровья людей. Большую роль в поддержании здоровья и повышении устойчивости человека к действию болезнетворных факторов, включая генотоксические воздействия, признаны оказывать функциональные продукты питания [1]. Рынок функциональных продуктов в разных странах расширяется и растет год от года, в том числе появляется все больше продуктов повышающих устойчивость организма к генотоксическим воздействиям [2]. Основным механизмом генотоксического воздействия является повреждение ДНК.

Метод ДНК-комет впервые предложен в 1984 г. Остлингом и Йохансоном [3] для оценки индуцированных радиацией ДНК-повреждений в культивируемых клетках млекопитающих. Позднее была внедрена модификация метода с щелочным гель-электрофорезом, которая вследствие высокой чувствительности получила наибольшее применение [4].

Метод основан на регистрации различной подвижности в постоянном электрическом поле целостной ДНК и возникающих при генотоксических воздействиях фрагментов ДНК, выявляемых после лизиса клеток, заключенных в агарозный гель. При этом целостное ДНК и ее фрагменты с разной скоростью мигрирует к аноду, формируя своеобразный электрофоретический след, напоминающий «хвост кометы», параметры которого зависят от степени поврежденности исследуемой ДНК (Рис. 1)



**Рисунок 1. Микроскопическое изображение ДНК-комет**

Метод ДНК-комет был разработан для анализа повреждений ДНК *in vitro*. Дальнейшее развитие метода было связано с его адаптацией к условиям *in vivo*. Она успешно решалась в отношении клеток крови, костного мозга, печени, селезенки и других паренхиматозных органов и тканей, в которых клетки легко отделяются друг от друга с последующим заключением в агарозный гель для дальнейшего электрофореза. Для других органов и тканей возникла проблема выделения и разобщения клеток. В частности, в отношении клеток ЖКТ не существует отработанной методики приготовления препаратов клеток для ДНК-анализа. Более того, как было установлено, спонтанный уровень повреждений ДНК существенно различается в клетках разных органов и тканей и может зависеть от методических особенностей выделения клеток и приготовления микроскопических препаратов. Отсутствие надежной модификации метода ДНК-комет для количественной регистрации повреждений ДНК в клетках ЖКТ, пригодного для применения для оценки безопасности пищевых продуктов и(или) подтверждения эффективности функциональных антигенотоксических продуктов явилось побудительным мотивом и целью выполнения настоящей работы.

## **2. Материалы и методы**

В настоящей работе в качестве тест-системы использованы лабораторные мыши-самцы линии BALB/c, массой  $\sim 20 \pm 0,5$  гр, полученные из сертифицированного питомника «Столбовая» и содержащиеся в условиях вивария ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова при 12 часовом световом режиме и свободном доступе к питьевой воде и сертифицированному комбикорму для лабораторных грызунов. За 24 часа до забоя животных лишали корма.

В ходе выполнения экспериментов строго соблюдались общепринятые биоэтические нормы работы с лабораторными животными. Эвтаназия производилась путем смещения шейных позвонков. При выделении клеток желудка и кишечника использовали фосфатно-солевой буфер ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -0,2g+ $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -2,2g+ KCL- 0,2g+ NaCL-8g дистиллятом доводим до объема 100 мл.)

Выделение клеток селезенки, использовавшейся в качестве контроля, осуществляли по методу, описанному в [5].

Общая схема выполнения метода включает: выделение тканей, заключение клеток в агарозный гель (получение микропрепаратов), лизис, щелочную денатурацию, электрофорез, нейтрализацию/фиксацию, окрашивание, микроскопический анализ и обработку результатов. Общие процедуры и схема проведения метода ДНК-комет подробно описаны ранее [5].

Мутаген диоксидин вводился в дозе 250мг/кг за 3 часа до забоя, а топотакан вводился в дозе 1мг/кг за 24 часа до забоя, оба мутагена вводились посредством внутрибрюшинного введения. Сроки фиксации клеточного материала при использовании каждого мутагена были подобраны

ранее в работах лаборатории фармакологии (руководитель к.б.н. А.К. Жанатаев) ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова.

Животным в группе негативного контроля вводился физиологический раствор в объеме 2 мл. внутривенно.

### 3. Результаты и обсуждение

При выделении желудка его отделяли от кишечника, разрезали по малой кривизне, очищали содержимое желудка, распластывали и тщательно промывали в 500 микролитрах фосфатно-солевого буфера, затем помещали желудок в чистую стеклянную пробирку с 500 микролитрами фосфатно-солевого буфера для дальнейшей гомогенизации. При выделении прямого и двенадцатиперстного кишечника берется часть кишки размером около 2 сантиметров. Кишка разрезается вдоль, очищается от желчи, промывается в фосфатно-солевом буфере, далее образец помещается в пробирку с 1 миллилитром фосфатно-солевого буфера на 7-10 минут, чтобы сошел слизистый эпителий. Очищенные образцы кишечника помещают в стеклянные пробирки и заливают 1мл фосфатно-солевого буфера.

Затем все образцы стандартно гомогенизируются стеклянной палочкой, до получения пригодной для раскапывания суспензии. Далее эксперимент выполняется в рамках классической схемы. Производили оценку генотоксичности нескольких мутагенов. Это были диоксидин, топотикан, мутагены с разными механизмами действия. Первый является прооксидантом, второй ингибитором топоизомеразы 1, участвующей в репликации ДНК. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Показано, что использованный метод пробоподготовки тканей ЖКТ позволяет получить образцы, пригодные для метода ДНК комет и позволяют получить достоверные результаты. Было установлено, что мутагены в представленных дозах обладают генотоксичностью в клетках ЖКТ на уровнях, достаточных для регистрации антигенотоксических эффектов возможных продуктов с антигенотоксическими свойствами, получение и исследование которых запланировано в последующих экспериментах.

Важно, что зарегистрированные результаты, характеризующие действие использованных мутагенов, не входят в противоречие с данными, полученными в лаборатории фармакологии мутагенеза ФГБНУ «НИИ фармакологии имени В.В. Закусова» (руководитель к.б.н. Жанатаев А.К.) другими методами оценки генотоксичности или методом ДНК-комет в тканях и органах мышей, отличных от ЖКТ [5,6].

Таблица 1

Оценка генотоксичности диоксидина				
Группа	%ДНК в хвосте			
	Селезенка	Желудок	Тонкий кишечник	Толстый кишечник
<b>Негативный контроль</b>				
1	0,1	9	3,65	0,44
2	1	11,48	5,55	5,74
<b>Среднее</b>	<b>0,55</b>	<b>10,24</b>	<b>4,6</b>	<b>3,09</b>
<b>Диоксидин 250мг/кг</b>				
1	4,21	34	26,55	21,32
2	0,39	1,21	17,87	10,5
3	3,56	20,02	19,51	31,5
4	4,19	21,8	12,17	17,03
5	3,71	17,49	7,83	6,44
<b>Среднее</b>	<b>3,2</b>	<b>23,3</b>	<b>16,7</b>	<b>17,3</b>

\*n = 2 животных в группе негативный контроль, 5 животных в группе с мутагеном

## Оценка генотоксичности топотекана

Группа	%ДНК в хвосте			
	Селезенка	Желудок	Тонкий кишечник	Толстый кишечник
<b>Негативный контроль</b>				
1	0,95	1,19	1,7	1,66
2	1,84	1,24	1,75	2,53
<b>Среднее</b>	<b>1,39</b>	<b>1,21</b>	<b>1,72</b>	<b>2</b>
<b>Топотекан 1мг/кг</b>				
1	1,38	4,73	3,98	3,63
2	7,2	9,8	15	9,54
3	5,25	4,46	9,77	7,78
4	4,53	11,85	10,56	6,89
5	0,22	0,57	7,41	4,41
<b>Среднее</b>	<b>3,71</b>	<b>6,28</b>	<b>9,3</b>	<b>6,45</b>

Обращает внимание, что в экспериментах с мутагенами, клетки ЖКТ оказались существенно более чувствительны к генотоксическому воздействию, чем клетки контрольного органа селезенки. Данное наблюдение указывает на большую чувствительность клеток ЖКТ и указывает на их большую уязвимость для опухолеродных воздействий, поскольку общепризнано, что все мутагены-генотоксиканты одновременно являются канцерогенами. В этой связи, принципиально отметить, что в настоящее время достигнуты огромные успехи в химиотерапии опухолей, для которой часто по жизненным показаниям применяют лекарства с мутагенной активностью, следствием чего является возникновение вторичных опухолей, в том числе в ЖКТ. Профилактика этого негативного явления может быть достигнута на основе разработки и применения антигенотоксических функциональных пищевых продуктов [6].

Таким образом, в ходе проведенных исследований была отработана методика выполнения метода ДНК-комет для клеток разных отделов ЖКТ, определены оптимальные объемы отбираемых органов и порядок обработки тканей, а также получены качественные препараты для количественного учета поврежденности ДНК.

#### 4. Выводы

Совокупность полученных данных позволяет сделать вывод, о том, что метод ДНК-комет может быть использован для оценки генотоксичности химических мутагенов в определенных, выбранных отделах ЖКТ, что создает необходимую экспериментальную платформу для дальнейших работ по поиску пищевых компонентов способных снижать или устранять генотоксические воздействия именно в клетках ЖКТ. Преимущество пищевых компонентов с подобными свойствами заключается в их способности, воздействуя на клетки одних участков ЖКТ, обходить другие. Это особенно значимо в тех случаях, когда потребитель страдает заболеваниями, например, толстого кишечника, а печень и почки у него здоровые.

#### Библиографический список

1. Дурнев, А.Д., Оганесянц, Л.А., Лисицын, А.Б. (2007). Функциональные продукты питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (9), 15-22.
2. Ozen, A.E., Pons, A., Tur, J.A. (2012). Worldwide consumption of functional foods: a systematic review. *Nutrition reviews*, 70(8), 472-481. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00492.x>
3. Ostling, O., Johanson, K.J. (1984). Microelectrophoretic study of radiation-induced DNA damages in individual mammalian cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 123(1), 291-298. [https://doi.org/10.1016/0006-291x\(84\)90411-x](https://doi.org/10.1016/0006-291x(84)90411-x)
4. Tice, R.R., Agurell, E., Anderson, D., Burlinson, B., Hartmann, A., Kobayashi, H., Sasaki, Y.F. (2000). Single cell gel/comet assay: guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing. *Environmental and molecular mutagenesis*, 35(3), 206-221.
5. Жанатаев, А.К., Никитина, В.А., Воронина, Е.С., Дурнев, А.Д. (2011). Методические аспекты оценки ДНК-повреждений методом «ДНК-комет». *Прикладная токсикология*, 2(4), 28-37.
6. Дурнев, А.Д. (2011). Генетическая токсикология. *Вестник Российской академии медицинских наук*, (9), 35-43.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГЛАЗУРЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ

Мазукабзова Э.В.\*

\*e-mail: e.mazukabzova@fneps.ru

*Всероссийский научно – исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** технология, глазурь, пищевая ценность, пищевые волокна, реологические свойства, характеристика кристаллизации

### АННОТАЦИЯ

Глазурь придает кондитерским изделиям эстетически привлекательный внешний вид и обеспечивает возможность пролонгирования их сроков годности. Современные тенденции, диктуют необходимость создания кондитерских изделий, характеризующихся повышенной пищевой ценностью. Цель работы – разработка технологии фруктово-овощной кондитерской глазури с повышенным содержанием пищевых волокон и сниженным количеством добавленного сахара. В работе использованы общепринятые и специальные методы исследований. Определена технологическая приемлемость использования плодоовощных порошков при производстве кондитерской глазури. Исследовано влияние плодоовощных порошков на реологические и кристаллизационные свойства кондитерской глазури. Предел текучести глазури возрастает по мере увеличения количества добавленного плодоовощного порошка. Изменяется характеристика кристаллизации глазури: температура застывания снижается на 1-2°С; продолжительность кристаллизации увеличивается на 3-4 минуты. На основании установленных закономерностей разработана технология фруктово-овощной кондитерской глазури с повышенной пищевой ценностью. Содержание пищевых волокон составило 9,4 г на 100 г глазури, что позволяет отнести разработанную глазурь к продуктам с высоким содержанием пищевых волокон. Возросло содержание витаминов и минеральных веществ.

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF GLAZES WITH INCREASED NUTRITIONAL VALUE

Mazukabzova E.V.\*

\*e-mail: e.mazukabzova@fneps.ru

*All-Russian Scientific-Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** technology, glaze, nutritional value, dietary fiber, rheological properties, crystallization characteristic

### ABSTRACT

Glaze gives confectionery products an aesthetically appealing appearance and provides the ability to extend their shelf life. Modern trends dictate the need to create confectionery products characterized by increased nutritional value. The aim of the work is to develop the technology of fruit and vegetable confectionary glaze with an increased content of dietary fiber and a reduced amount of added sugar. The work uses generally accepted and special research methods. The technological acceptability of the use of fruit and vegetable powders in the production of confectionary glaze was determined. The influence of fruit and vegetable powder on rheological and crystallization properties of confectionary glaze was studied. The yield strength of the glaze increases as the amount of added fruit and vegetable powder increases. The crystallization characteristic of the glaze changes: the solidification temperature decreases by 1-2 ° C; the duration of crystallization increases by 3-4 minutes. On the basis of the established regularities the technology of fruit and vegetable confectionary glaze with increased nutritional value was developed. The content of dietary fiber in the developed glaze was 9.4 g per 100 g of glaze, which allows us to refer it to the products with a high content of dietary fiber. The content of vitamins and minerals has increased.



## 1. Введение

Глазурь, используемая в качестве отделочного полуфабриката, позволяет придать кондитерским изделиям эстетически привлекательный внешний вид и обогатить вкусоароматический профиль продукта [1]. Глазурь также обеспечивает возможность пролонгировать сроки годности кондитерских изделий, защищая их от негативного воздействия: окисления, черствения, попадания влаги при производстве, транспортировании и хранении [2]. По данным маркетинговых исследований наиболее популярным видом глазури является кондитерская [3]. Анализ пищевой ценности кондитерской глазури показывает высокое содержание сахара и незначительное содержание физиологически значимых веществ [4].

Повышенное потребление энергетически богатых, но бедных питательными элементами продуктов с высоким содержанием жира, сахара и соли является одним из факторов риска возникновения неинфекционных заболеваний [5]. Необходимость снижения потребления добавленного сахара отражена и в принятой ВОЗ «Глобальной стратегии по питанию, физической активности и здоровью» [6]. Таким образом, одним из направлений разработки кондитерских изделий является снижение в них количества пустых калорий и повышение пищевой плотности изделия за счет замены критически значимых ингредиентов, таких как сахар и жир, на полезные нутриенты, обладающие биологической активностью, в частности пищевые волокна [7,8].

Фруктооовощные порошки являются концентратами исходного сырья, содержат значительное количество физиологически значимых для человека веществ [1,4,9,10]. Снижение количества добавленного сахара в кондитерской глазури путем частичной его замены на богатые пищевыми волокнами и биологически активными веществами фруктооовощные порошки является актуальной задачей. Целью данной работы являлась разработка технологии фруктооовощной кондитерской глазури с повышенным содержанием пищевых волокон и сниженным количеством добавленного сахара.

## 2. Материалы и методы

Исследования выполнены в технологическом отделе ВНИИКП — филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

В ходе научной работы были исследованы следующие объекты: фруктооовощные порошки (из малины, яблока, моркови и свеклы) промышленные образцы; образцы кондитерской глазури с фруктооовощными порошками, выработанные в лабораторных условиях.

Определение массовой доли влаги в фруктооовощных порошках проводили по ГОСТ 5900–2014<sup>1</sup>; показателя рН по ГОСТ 5898–87<sup>2</sup>; степени измельчения по ГОСТ Р 54052-2010<sup>3</sup>; жиропоглощительной способности по МВИ 080–00334675-19<sup>4</sup>.

Характеристику кристаллизации глазури определяли по МВИ 065–00334675-18<sup>5</sup>. Реологические показатели глазури определяли по методу Кассона<sup>6</sup> на ротационном вискозиметре «RV1» фирмы «ХААКЕ».

С целью обеспечения достоверности полученных данных исследования физико-химических показателей фруктооовощных порошков, реологических и кристаллизационных характеристик глазури осуществляли в 3-х кратной повторности. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием программы MS EXCEL 2010.

### Процедура исследований

Для разработки кондитерской глазури с фруктооовощными порошками были составлены рецептурные соотношения кондитерских глазури, в которых часть сахарной пудры заменяли различным количеством фруктооовощных порошков (табл. 1). В качестве контрольной использовалась унифицированная рецептура кондитерской глазури (табл. 1, вар. 1)

<sup>1</sup> ГОСТ 5900–2014. (2019). *Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ*. М.: Стандартинформ.

<sup>2</sup> ГОСТ 5898–87. (2012). *Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности*. М.: Стандартинформ.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 54052-2010. (2012). *Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения шоколада, шоколадных глазури, полуфабрикатов производства шоколада, какао и глазури*. М.: Стандартинформ.

<sup>4</sup> МВИ 080–00334675–19. (2019). *Методика определения водопоглощительной и жиропоглощительной способности фруктооовощных порошков*. М.: ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова.

<sup>5</sup> МВИ 065–00334675–18. (2018). *Методика определения характеристики кристаллизации продуктов переработки какао-бобов (какао тертое и масло какао) на приборе MultiTherm*. М.: ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова

<sup>6</sup> ЮССС. (2000). *Viscosity of Cocoa and Chocolate Products (Analytical Method: 46)*. CABISCO, Brussels.

## Рецептурные соотношения кондитерской глазури

Наименование сырья	Количество ингредиента, %							
Сахарная пудра	51	48	46	44	42	40	38	36
Какао-порошок (алкализированный)	17,5							
Флодоовощной порошок	0	3	5	7	9	11	13	15
Заменитель масла какао лауринового типа	31							
Эмульгатор	0,5							
ИТОГО	100							

## 3. Результаты и обсуждение

По своим физическим свойствам кондитерская глазурь в расплавленном виде представляет собой структурированную высокодисперсную систему, в которой дисперсионной средой является расплавленный заменитель масла какао, а дисперсной фазой – твердые частицы какао-порошка, сахарной пудры и других рецептурных компонентов. Реологические и кристаллизационные свойства глазури, определяющие технологический процесс глазирования, зависят, с одной стороны от свойств жировой фазы, а с другой – от количества, вида и гранулометрического состава компонентов дисперсной фазы. Поэтому необходимо изучить физико-химические показатели плодовоовощных порошков для оценки их технологической приемлемости при производстве кондитерской глазури (табл.2).

Таблица 2

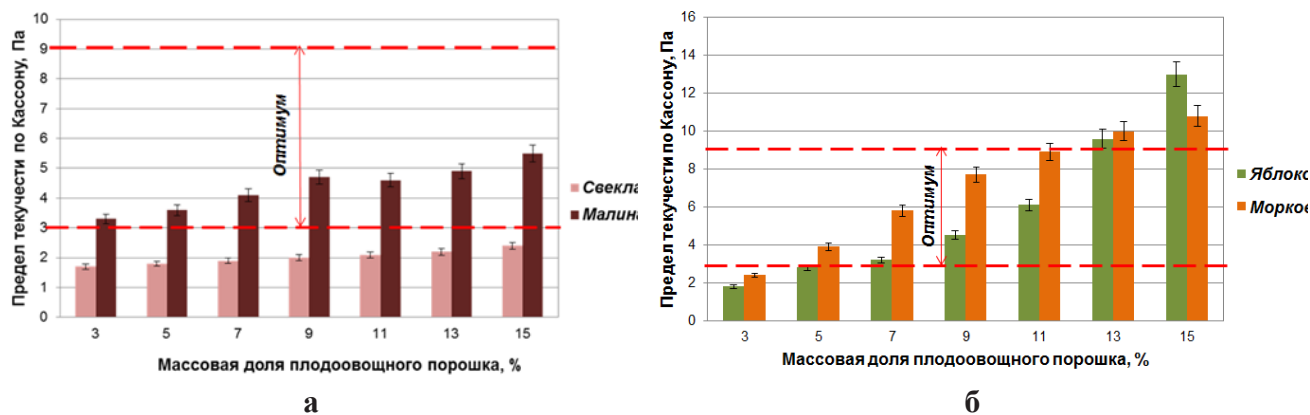
## Физико-химические показатели плодовоовощных порошков

Плодовоовощной порошок	Массовая доля влаги, %	рН	Жиропогло- тельная способность, г жира/г порошка	Массовая доля частиц размером 30-75 мкм, %	Содержание пищевых волокон, г/100 г
из малины	3,89±0,02	4,16±0,01	3,13±0,04	62,51±0,25	37,80±3,78
из яблока	6,10±0,02	4,40±0,02	3,63±0,02	59,42±0,24	23,90±2,39
из моркови	5,51±0,02	4,71±0,02	4,81±0,12	64,93±0,26	31,70±3,17

Выбор плодовоовощных основывался на анализе их пищевой ценности, в первую очередь на содержании пищевых волокон. Все плодовоовощные порошки характеризовались высоким содержанием пищевых волокон от 23,9 до 37,8 г/100 г и являлись согласно ТР ТС 022/2011<sup>7</sup> источниками пищевых волокон. Анализ гранулометрического состава порошков показал, что наиболее весомой фракцией являются частицы размером 30÷75 мкм. Большое количество частиц размером менее 30 мкм и более 75 мкм является нежелательным. Кондитерская глазурь характеризуется низкой влажностью порядка 1%, поэтому массовая доля влаги вносимых добавок не должна превышать 10%. Массовая доля влаги плодовоовощных порошков находилась в интервале 3,89÷6,10%. Плодовоовощные порошки отличались друг от друга жиропогло- тительной способностью: порошок из свеклы характеризовался низкой жиропогло- тительной способностью 1,70 г жира/г порошка, а порошок из моркови высокой 4,81 г жира/г порошка. Высокая жиропогло- тительная способность порошков повлечет за собой изменение реологических свойств глазури. Порошки из малины и яблока отличались высокой активной кислотностью, что окажет влияние на органолептические свойства глазури с их использованием.

Изучено влияние плодовоовощных порошков на реологические свойства глазури (рис. 1).

<sup>7</sup> ТР ТС 022/2011. (2011). «Пищевая продукция в части ее маркировки». Москва: Изд-во стандартов.



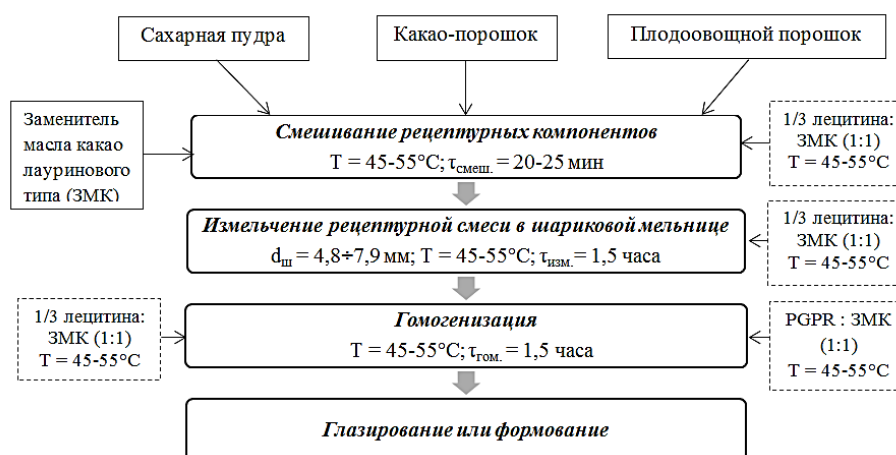
**Рисунок 1.** Изменение предела текучести по Кассону кондитерских глазурей с плодовоовощными порошками в зависимости от концентрации порошков: а) из свеклы и малины; б) из яблока и моркови

Предел текучести глазури возрастает по мере увеличения доли плодовоовощного порошка в рецептуре. Увеличение предельного напряжения сдвига глазури при добавлении в неё плодовоовощного порошка взамен части сахара связано с процессом активного жиропоглощения, вследствие чего затрудняется скольжение твердых частиц относительно друг друга в процессе измельчения и гомогенизации. На реологические свойства глазури оказывает влияние не только количество, но и вид порошка. Добавление порошка из яблока и моркови в количестве 13% и более приводит к возрастанию предела текучести по Кассону свыше оптимальных значений 3÷9 Па. Глазурь с добавлением порошка из малины в количестве 3÷15% характеризуется оптимальным значением предела текучести по Кассону во всех концентрациях. Управлять реологическими свойствами глазурей можно посредством изменения технологических параметров их производства: температурные режимы и время обработки, дополнительное введение ПАВ различной природы, а также посредством гранулометрического состава исходных компонентов.

Добавление плодовоовощных порошков влияет на кинетику кристаллизации глазури. По мере увеличения содержания плодовоовощного порошка температура застывания глазури снижается на 1-2°C при одновременном увеличении продолжительности кристаллизации на 3-4 минуты.

Установленные закономерности по влиянию плодовоовощных порошков на реологические и кристаллизационные свойства глазури позволяют управлять технологическим процессом.

На основании проведенных исследований разработаны технология фруктово-овощной кондитерской глазури и технические требования к плодовоовощным порошкам, позволяющие выпускать высококачественные кондитерские полуфабрикаты. Технологическая схема производства фруктово-овощной кондитерской глазури показана на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Технологическая схема производства фруктово-овощной кондитерской глазури

Производство фруктово-овощной глазури включает в себя следующие стадии: смешивание сырьевых компонентов, измельчение рецептурной смеси, гомогенизация и глазирование или формование. Заменитель масла какао лауринового типа предварительно пластифицируется при температуре не выше 60°C, так как превышение указанного значения способствует ускорению окислительных процессов, протекающих в жире. Для обеспечения равномерного распределения рецептурных компонентов смешивание производится в порядке уменьшения жирности: заменитель масла какао лауринового типа, какао-порошок, плодовоовощной порошок, сахарная пудра. На следующей стадии производится измельчение твердых частиц какао-порошка,

плодоовощных порошков и сахарной пудры до размера не более 35 мкм, что обеспечивает достижение тонкой однородной структуры. Для улучшения реологических характеристик (снижение предела текучести) кондитерской глазури в нее вносят лецитин и полиглицерил полирицинолеат (PGPR), предварительно смешав их с заменителем масла какао в соотношении 1:1 в несколько этапов. Полученную глазурь направляют на глазирование или формование.

Разработанная технология позволяет производить фруктово-овощные глазури с повышенной пищевой ценностью. Замена части сахарной пудры на порошок из малины и свеклы привела к снижению на 22 % рецептурного количества сахара, а также способствовала повышению пищевой ценности глазури. Содержание пищевых волокон возросло в 1,5 раза и составило 9,4 г на 100 г глазури, что позволяет согласно ТР ТС 022/2011 отнести разработанную глазурь к продуктам с высоким содержанием пищевых волокон. Разработанная фруктово-овощная кондитерская глазурь также является источником минеральных веществ: магния (22% от среднесуточной нормы потребления / 100 г), фосфора (17% от среднесуточной нормы потребления / 100 г) и железа (33 % от среднесуточной нормы потребления / 100 г).

Наряду с повышением пищевой ценности добавление плодоовощных порошков в состав глазури улучшает её органолептические свойства. Мягкие фруктовые ноты плодоовощного порошка гармонично сочетаются с терпким и насыщенным вкусом-ароматическим профилем какао-продуктов.

#### 4. Выводы

Определена технологическая приемлемость плодоовощных порошков для включения в состав кондитерской глазури. Разработаны технические требования к плодоовощным порошкам, позволяющие выпускать высококачественную фруктово-овощную кондитерскую глазурь. Изучено влияние добавления плодоовощного порошка на реологические и кристаллизационные свойства кондитерской глазури. Предел текучести глазури возрастал по мере увеличения количества добавленного порошка. Изменялись кристаллизационные свойства глазури: температура застывания снижалась на 1-2°C; продолжительность кристаллизации увеличивалась на 3-4 минуты. На основании установленных закономерностей разработана технология фруктово-овощной кондитерской глазури. Разработанная технология позволяет производить кондитерскую глазурь с частичной заменой сахара на плодоовощные порошки, что способствует повышению пищевой ценности глазури. Содержание пищевых волокон составило 9,4 г на 100 г глазури, что характеризует ее как продукт с высоким содержанием пищевых волокон. Также увеличилось содержание витаминов (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР), минеральных веществ (К, Mg, Са, Р и Fe) в глазури.

#### Библиографический список

1. Мазукабзова, Э.В., Зайцева, Л.В. (2022). Органолептические, реологические и кристаллизационные свойства кондитерской глазури с порошком из свеклы. *Пищевые системы*, 5(2), 132-138. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-5-2-132-138>
2. Кондратьев, Н.Б. (2015). Оценка качества кондитерских изделий. Повышение сохранности кондитерских изделий. М.: Перо.
3. Драничкина, А.С. (2023). Тенденции потребления кондитерских изделий в условиях экономической нестабильности. *Хлебопродукты*, 4, 56-59.
4. Линовская, Н.В., Мазукабзова, Э.В., Кондратьев, Н.Б., Крылова, Э.Н. (2019). Изучение технологической адекватности сырьевых компонентов, используемых в производстве шоколадного полуфабриката. *Вестник МГТУ*, 22(3), 404-412. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-3-404-412>
5. Tedstone, A., Targett, V., Allen R. [et al.]. Sugar reduction. The evidence for action. London: Public Health England, 2015.
6. Глобальная стратегия по питанию, физической активности и здоровью. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2004, 18.
7. Пырьева, Е.А., Сафронова, А.И. (2019). Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения. *Вопросы питания*, 88(6), 5-11. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10059>
8. Шарафетдинов, Х.Х., Плотникова, О.А. (2020). Ожирение как глобальный вызов XXI века: Лечебное питание, профилактика и терапия. *Вопросы питания*, 89(4), 161-171. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-1005>
9. Быкова, Т.О., Макарова, Н.В., Шевченко, А.Ф. (2015). Влияние технологии сушки на химический состав и антиоксидантные свойства фруктовых выжимок. *Пищевая промышленность*, 12, 68-70.
10. Gomes, M., Martinez, M.M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2119-2135. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946>



## ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОАНТАГОНИСТИЧЕСКИХ ШТАММОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОКОНСЕРВАНТА ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Макарова А.А.\*, Черткова А.Д.  
e-mail: a.makarova@rgau-msha.ru

*РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *хлеб пшеничный, антагонистическая активность, закваска, микробиологическая стойкость, картофельная болезнь.*

**АННОТАЦИЯ:** Работа посвящена возможности применения закваски с новой микробной композицией, в основе которой лежит штамм молочнокислых бактерий L.Brevis–78 с высоким антагонистическим показателем активности к спорообразующим бактериям *B.subtilis*, в производстве хлеба пшеничного из муки высшего и первого сортов в качестве биологического консерванта и пролонгирования сроков хранения продукции. Была предложена рецептура закваски в разводочном цикле, исследованы органолептические и физико-химические показатели готового изделия, а также определялось наличие признаков картофельной болезни в процессе хранения при провокационных условиях. Использование направленно-культивируемых микроорганизмов допускает более точно прогнозировать качество готового хлеба. Полуфабрикат позволяет сохранить высокий уровень органолептических и физико-химических показателей качества хлебных изделий и повысить устойчивость к «картофельной болезни», исключая повышение затрат труда, энергии, финансов на производство и без значительного повышения себестоимости готового продукта.

## APPLICATION OF HIGHLY ANTAGONISTIC LACTIC BACTERIA STRAINS AS A BIOCONSERVANT FOR BAKERY PRODUCTS

Makarova A.A., Chertkova A.D.  
e-mail: a.makarova@rgau-msha.ru

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia*

**KEY WORDS:** *wheat bread, antagonistic activity, sourdough, microbiological resistance, potato disease*

**ABSTRACT:** The work is devoted to the possibility of using a sourdough with a new microbial composition, which is based on a strain of lactic acid bacteria L. Brevis - 78 with a high antagonistic activity index to spore-forming bacteria B. subtilis, in the production of wheat bread from flour of the highest and first grades as a biological preservative and a product shelf life prolongator. A starter recipe was proposed in the breeding cycle, the organoleptic and physico-chemical parameters of the finished product were studied, and the presence of signs of potato disease during storage was determined. The use of directionally cultivated microorganisms makes it possible to more accurately predict the quality of the finished bread. The semi-finished product allows you to maintain a high level of organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of bread products and increase resistance to "potato disease". Excluding an increase in the cost of labor, energy, finance for production and without a significant increase in the cost of the finished product.

### 1. Введение

Современное экономическое состояние России имеет множество особенностей, которые отражаются на динамике целых отраслей промышленности [1]. Рост числа производителей хлеба и хлебобулочных изделий позволяет акцентировать внимание на развитии технологий производства и хранения продуктов питания без использования импортных ингредиентов, добавок и оборудования, что дает начало для изысканий инновационных, научно обоснованных и, немаловажно, широкодоступных способов совершенствования технологий производства хлеба и хлебобулочных изделий, как на крупных, так и на предприятиях малых мощностей [2,3].

Самым распространенным методом консервирования хлебных изделий считается естественное повышение кислотности продукта. Обычно это достигается за счет применением



различных кислот (лимонной, уксусной, винной), хлебопекарных улучшителей, заквасок с тремя и более штаммами молочнокислых бактерий [4].

Ранее не рассматривалось применение заквасок с направленным культивированием одного штамма молочнокислых бактерий, который обладал высокой антагонистической активностью, в качестве биологического консерванта против «картофельной болезни» хлеба [5].

Цель исследования – совершенствование технологии выработки хлеба пшеничного из муки высшего и первого сортов путем внедрения в рецептуру закваски из муки пшеничной первого сорта, выработанной на базе чистой культуры молочнокислых бактерий *L. Brevis* - 78 с высокой антагонистической активностью по отношению к спорообразующим бактериям рода *Bacillus subtilis*, который способен вызывать «картофельную болезнь» хлеба.

В соответствии с целью были определены следующие задачи исследования:

1. определить антагонистическую активность молочнокислых бактерий отобранных штаммов на взаимодействие со спорообразующими микроорганизмами;
2. изготовить закваску из муки пшеничной первого сорта с использованием чистой культуры молочнокислых бактерий, показавшей наилучший результат;
3. провести лабораторную выпечку изделий с закваской и без ее применения;
4. дать товароведную оценку образцам хлеба с закваской и без ее применения;
5. заложить все выпеченные образцы на хранение при провокационных условиях для определения признаков «картофельной болезни».

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись:

- Молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*;
- Закваска пшеничная из муки первого сорта с *Lactobacillus brevis*-78;
- Хлеб из муки пшеничной высшего (ХПМВС) и первого (ХПМПС) сортов, представленные в виде контрольных и образцов с закваской.

Основные технологические этапы производства и анализа проводились в условиях лабораторной пекарни и микробиологического центра ФГАНУ НИИХП, а также на кафедре «Технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Методом глубинного посева изучалась обсемененность сырья и готовой продукции; методом диффузии в агар (метод лунок) ФГАНУ НИИХП – антагонистическая активность молочнокислых бактерий; в соответствии с нормативными документами – определение физико-химических и органолептических характеристик готового хлеба; по инструкции по предупреждению картофельной болезни хлеба от ФГАНУ НИИХП – наличие признаков картофельной болезни на образцах.

## 3. Результаты и обсуждение

Во избежание развития картофельной болезни хлеба непосредственно в готовом продукте при использовании зараженного сырья (муки пшеничной) [6] применялась молочнокислая закваска со штаммом *Lactobacillus brevis*-78. Использование в качестве биологически активной добавки именно штамма *Lactobacillus brevis*-78 обосновано его высокой антагонистической активностью по отношению к бактериям рода *Bacillus subtilis* [7].

В качестве фундаментальной технологии изготовления и рецептуры была взята густая пшеничная закваска (табл. 1)

## Рецептура закваски в разводочном цикле

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса	Фазы разводочного цикла		
	1	2	3
	Способы внесения чистых культур в 1-ую фазу разводочного цикла		
	1	2	3
1	2	3	4
Жидкие культуры молочнокислых бактерий, л: <i>L. brevis</i> – 78	0,010	-	-
Закваска предыдущей фазы, кг	-	0,250	0,200
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, кг	0,150	0,125	0,200
Вода питьевая, кг	0,150	0,125	0,200
Общая масса закваски, кг	0,300	0,500	0,600
Соотношение закваски и питательной смеси	-	1:1	1:2
Температура начальная, °С	26-28	20-22	20-22
Кислотность конечная, град	12,2	10,6	11,1
Продолжительность брожения, ч	24	18	18

Технологическая схема производства хлеба пшеничного с молочнокислой закваской представлена на рисунке 1.

Были проанализированы органолептические и физико-химические показатели готового хлеба в соответствии с показателями, нормированными в ГОСТ Р 58233-2018. Результаты представлены в таблице 2.

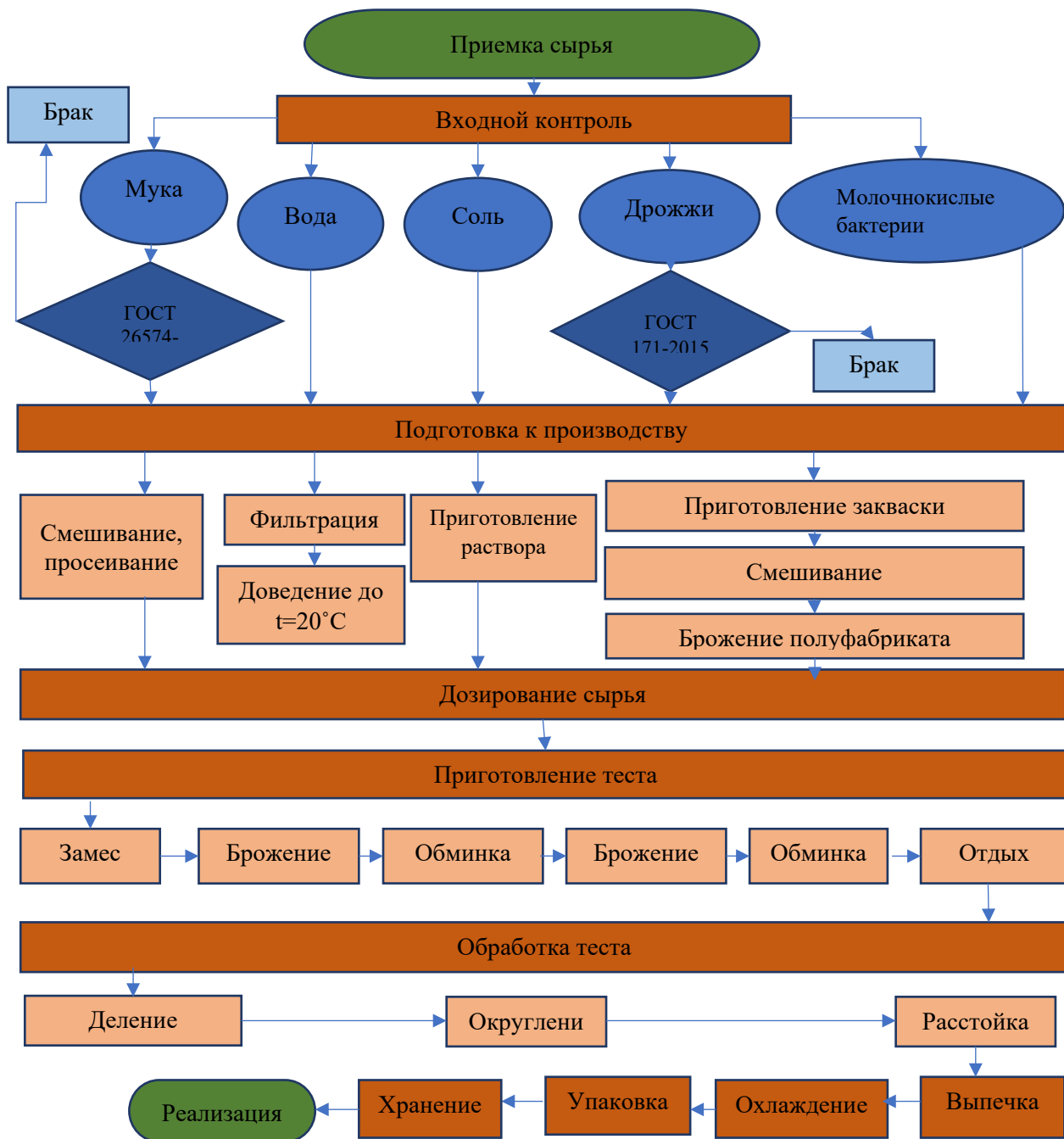
Таблица 2

## Физико-химические показатели хлеба

Показатели	ХПМВС	ХПМВС	ХПМПС	ХПМПС
	(контроль 1)	(опыт 1)	(контроль 2)	(опыт 2)
1	2	3	4	5
Масса формового хлеб, г	360,0	360,0	360,0	360,0
Масса подового хлеба, г	120,0	120,0	120,0	120,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,1	2,9	3,1	3,0
Пористость, %	80,6	78,5	79,8	80,3
Влажность, %	40,6	41,3	41,9	40,9
Кислотность, град	1,1	1,7	2,2	2,9

Хлебобулочные изделия, изготовленные на закваске *L. brevis*-78, показали улучшенные показатели качества. Хлеб дает эластичный и упругий мякиш, с хорошо развитой пористостью. Цвет продукта варьируется от золотисто-желтого до желто-коричневого.

При определении наличия признаков картофельной болезни спустя 24, 48 и 72 часов был сделан вывод, что пшеничный хлеб из муки высшего и первого сортов, имеющие в своем составе закваску с *Lactobacillus brevis* – 78, не подвергся воздействию спорообразующих бактерий рода *Bacillus subtilis*.



**Рисунок 1.** Технологическая схема производства хлеба пшеничного с молочнокислой закваской

Можно отметить, что данный консервант можно использовать на традиционной линии производства хлеба на закваске без дополнительных трудовых, энергетических и финансовых затрат.

#### 4. Выводы

Лабораторные исследования показали, что пшеничная закваска с использованием только одного штамма *L.brevis-78* с высокой антагонистической активностью против спорообразующих бактерий рода *Bacillus subtilis* может быть использована в качестве биологического консерванта в хлебобулочных изделиях из муки высшего и первого сортов без ухудшения органолептических, а также физико-химических показателей качества. Применение закваски в технологической линии производства хлебобулочных изделий не приводит к увеличению себестоимости готовой продукции.

### Библиографический список

1. Львова, Г. Н. (2022). Хлебопекарная промышленность как составляющая продовольственной безопасности страны. *Вестник Московского университета имени СЮ Витте. Серия 1: Экономика и управление*, (2 (41)), 26-32.
2. Сырвачева, Е.В., Мичурина, Ф.З. (2023). Современное состояние рынка хлебопечения России. *Universum: экономика и юриспруденция*, (2 (101)), 8-10.
3. Макарова, А.А. *Современные foodtech-тренды*. В сборнике: Аграрная наука в условиях глобальных вызовов мирового продовольственного кризиса: проблемы, тенденции, пути решений. Материалы Международной научной заочной конференции, посвящённой 55-летию Сибирского научно-исследовательского института птицеводства, Дымков. Омск, Россия, 2022, 380-384.
4. Кузнецова, Л. И., Савкина, О. А., Парахина, О. И., Локачук, М. Н., Павловская, Е. Н., Усова, Л. В. (2018). Разработка биотехнологии пшеничного хлеба высокого качества и микробиологической стойкости для условий дискретного производства. *Хлебопродукты*, (12), 38-41.
5. Ефимцева, М. В., & Самохвалов, М. М. (2020). Биотехнология в хлебопекарной промышленности. *Горизонты биофармацевтики* (pp. 35-38).
6. Джахангирова, Г.З., Хакназаров, Б.Б., Тураева, Б.И. (2021). Микрофлора зерна, перерабатываемое как основное сырьё при производстве хлебобулочных изделий. *Universum: технические науки*, (10-2 (91)), 81-85.
7. Черткова, А.Д. *Применение молочнокислой закваски на основе lactobacillus brevis-78 при производстве хлебобулочных изделий*. В сборнике: Передовые технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник трудов, приуроченных к Всероссийской студенческой научно-практической конференции. 2022, 319-321.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ ГОЛЛАНДСКОЙ ГРУППЫ

Мамыкин Д.С.\* , Вахрушева Д.С.

\*e-mail: d.mamykin@fnscps.ru

Научный руководитель: докт.техн.наук Свириденко Г.М.

Всероссийский научно – исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал  
Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Углич, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** полутвердый сыр, бактериальная закваска, кислотообразующая микрофлора, гликолиз, протеолиз.

### АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследования динамики развития и метаболизма кислотообразующих микроорганизмов *Lactococcus lactis subsp. lactis* и *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, а также газо-ароматообразующих лактококков *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* в процессе созревания полутвердых сыров Голландской группы. В процессе созревания сыров изучено: динамика развития жизнеспособных клеток лактококков, процессы гликолиза и протеолиза, органолептический профиль сыров. Выявлено, что для получения искомым органолептических показателей при использовании в составе бактериальных заквасок композиции из мезофильных лактококков, необходимо учитывать их соотношение. Наилучшие результаты, обеспечивающие потребительские свойства готового продукта, были получены при использовании производственной закваски на основе моновидовых БК в соотношении: 30% *Lc. lactis subsp. lactis*, 30% *Lc. lactis subsp. cremoris* и 40% *Lc. lactis subsp. diacetylactis*.

**Благодарности:** Выражаем особую признательность и благодарность нашему научному руководителю доктору технических наук Свириденко Галине Михайловне, за ценные советы при планировании и проведении данной работы. Выражаем благодарность сотрудникам отделов сыроделия, микробиологии, физической химии и биохимии Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия за помощь в выполнении анализов и проведении экспериментальных выработок сыра.

## STUDY OF THE COMPOSITION OF BACTERIAL STARTERS FOR SEMI-HARD CHEESES OF THE DUTCH GROUP

Mamykin D.S.\* , Vakhrusheva D.S.

\*e-mail: d.mamykin@fnscps.ru

Supervisor of studies: Sviridenko G.M.

All-Russian Scientific-Research Institute of Butter –and Cheesemaking – Branch of V.M. Gorbатов  
Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia

**KEYWORDS:** semi-hard cheese, bacterial starter, acid-forming microflora, glycolysis, proteolysis

### ABSTRACT

The article presents the results of research on the dynamics of development and metabolism of acid-producing microorganisms *Lactococcus lactis subsp. lactis* and *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, as well as gas and aroma forming *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* during ripening of Dutch semi-hard cheeses. During ripening of cheeses the following was studied: dynamics of viable lactococci cells development, processes of glycolysis and proteolysis, organoleptic profile of cheeses. It was revealed that in order to obtain the required organoleptic characteristics when using a composition of mesophilic lactococci in the composition of bacterial starters, it is necessary to consider their ratio. The best results to ensure the consumer properties of the finished product were obtained when using the production starter based on monospecies bacterial starter in the ratio: 30% *Lc. Lactis subsp. lactis*, 30% *Lc. Lactis subsp. cremoris* and 40% *Lc. Lactis subsp. diacetylactis*.

**Acknowledgements:** We express special appreciation and gratitude to our research supervisor Galina Mikhailovna Sviridenko, Doctor of Technical Sciences, for valuable advice in the planning and execution of this work. We express our gratitude to the employees of the departments of cheese-making,



microbiology, physical chemistry and biochemistry of the All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making for their assistance in performing analyses and conducting experimental cheese production.

## 1. Введение

Несмотря на сложные экономические условия, производство сыров на протяжении последних лет демонстрирует устойчивую положительную тенденцию [1]. Исходя из результатов исследований покупательских интересов большинство из респондентов при выборе сыра отдают предпочтение полутвердым сырам. Однако, часто высказываются замечания к их органолептическим показателям и вкусовому букету [2]. Большинство традиционных полутвердых сыров (Голландский, Костромской, Ярославский, Степной и др.) имеют характеристику вкуса «умеренно (или) выраженный сырный, слегка кисловатый, с наличием остроты» [3].

Известно, что формирование органолептических показателей сыров происходит в результате биотрансформации компонентов молока во вкусовые вещества в основном под действием заквасочной микрофлоры [4]. Для традиционных сыров с низкой температурой второго нагревания необходимой микрофлорой бактериальной закваски (далее БЗ) являются мезофильные гомоферментативные лактококки *Lc. lactis subsp. lactis*, *Lc. lactis subsp. cremoris* и *Lc. lactis subsp. diacetylactis*, обеспечивающие стабильное протекание молочнокислого процесса без накопления в среде галактозы, за счет обладания значительной кислотообразующей активностью [5-7].

В БЗ соотношение между видами и штаммами микроорганизмов не одинаково, что отражается на качестве готового продукта. Например, закваски, в микрофлоре которых доминирует *Lc. lactis subsp. lactis*, обладают более высокой кислотообразующей способностью и обеспечивают более высокую степень синерезиса сгустка. БЗ с преобладанием *Lc. lactis subsp. cremoris* или *Lc. lactis subsp. diacetylactis* дают более мягкий сгусток, а сыры после прессования имеют более высокую влажность [8,9].

Для производства созревающих сыров большое значение для формирования органолептических показателей имеет газо-ароматообразующая активность заквасочных микроорганизмов. Среди лактококков такой способностью обладают штаммы *Lc. lactis subsp. diacetylactis* [10-12].

Целью настоящей работы является исследование закономерностей формирования органолептических показателей полутвердых сыров голландской группы, за счет подбора различных соотношений лактококков в составе БЗ.

## 2. Материалы и методы

В рамках работы проведены выработки в экспериментальном цехе ВНИИМС полутвердых сыров голландской группы, с массовой долей жира 45% из коровьего молока-сырья, соответствующего общим требованиям ТР ТС 033/2013, и специфическим критериям сыропригодности. Сыры вырабатывались из пастеризованного молока при температуре пастеризации ( $73 \pm 1$ ) °C с выдержкой ( $22,5 \pm 2,5$ ) секунд. В подготовленную к свертыванию смесь при температуре ( $34 \pm 1$ ) °C вносили производственную бактериальную закваску в дозе ( $0,6 \pm 0,05$ ) % и 0,001% сычужного фермента от объема молочной смеси.

Для получения производственной закваски композицию лактококков подбирали путем комбинации сухих моновидовых концентрированных бактериальных заквасок (далее БК) лактококков *Lc. lactis subsp. lactis*, *Lc. lactis subsp. cremoris* и *Lc. lactis subsp. diacetylactis* в различных сочетаниях. БК произведены по ранее разработанным в отделе микробиологии ВНИИМС технологиям, с использованием изученных ранее штаммов лактококков.

В исследуемых образцах сыров стандартизованными методами определяли физико-химические показатели, бактериальную обсемененность, включающую количество жизнеспособных клеток мезофильных (КМАФАнМ) и цитратсбраживающих (КМАрАФАнМ) аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов [13].

Определение активной кислотности сыров выполняли потенциометрическим методом [14].

Измерение массовой доли общего и водорастворимого белка выполняли методом Кьельдаля. Степень протеолиза оценивали по соотношению водорастворимого белка к общему [15]. Молекулярно-массовое распределение растворимых азотистых соединений в

водном экстракте определяли методом гель-фильтрации высокого разрешения с использованием колонки Superose 12 10/300 GL (GE Healthcare, Швеция) [16].

Определение массовой доли лактозы проводили при помощи системы капиллярного электрофореза серии "Капель – 105М" ("Люмэкс-Маркетинг", РФ).

Органолептическую оценку сыров проводили по условной шкале, оценивая внешний вид, цвет, рисунок, консистенцию, запах и вкус.

Математическая обработка экспериментальных данных проводилась с применением программы MS Excel методами, принятыми для биологических систем.

### 3. Результаты и обсуждение

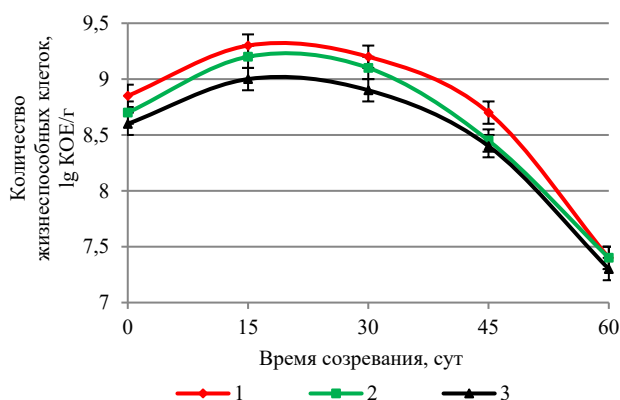
Для установления влияния соотношения лактококков на процессы созревания полутвердых сыров и формирование их органолептических показателей были проведены выработки сыра с использованием различных комбинаций лактококков в производственной закваске. Производственную закваску готовили с использованием сухих моновидовых бактериальных концентратов в разных соотношениях из расчета общего количества заквасочных микроорганизмов в смеси  $1 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Соотношения культур, использованные в различных вариантах сыров, представлены в табл. 1.

Таблица 1

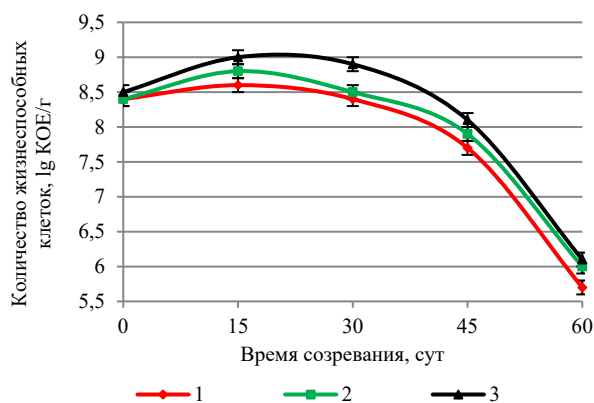
**Варианты соотношения лактококков в составе БЗ для выработки сыров**

Номер вариант а	Вид заквасочной микрофлоры	Количество жизнеспособных клеток в БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе сухих БК: <i>LcLL</i> : <i>LcLC</i> : <i>LcLD</i>
1	<i>Lc. lactis subsp. lactis</i>	<i>LcLL</i> – $2,0 \cdot 10^{11}$	40:40:20
2	<i>Lc. lactis subsp. cremoris</i>	<i>LcLC</i> – $5,6 \cdot 10^{11}$	30:40:30
3	<i>Lc. lactis subsp. diacetylactis</i>	<i>LcLD</i> – $5,5 \cdot 10^{11}$	30:30:40

Динамика изменения общего количества и цитратсбраживающих лактококков в процессе созревания сыров представлена на рис. 1 и 2 соответственно. Установлено, что процессы роста и развития заквасочных микроорганизмов в исследуемых вариантах сыров идентичны и максимальное количество жизнеспособных клеток достигается к 15 суткам созревания. При этом наибольшее количество лактококков наблюдается в первом варианте сыра. Максимальное количество цитратсбраживающих лактококков закономерно выявлено в сырах, выработанных с преобладанием газо-ароматообразующих лактококков *Lc. lactis subsp. diacetylactis*.



**Рисунок 1.** Динамика изменения общего количества заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания



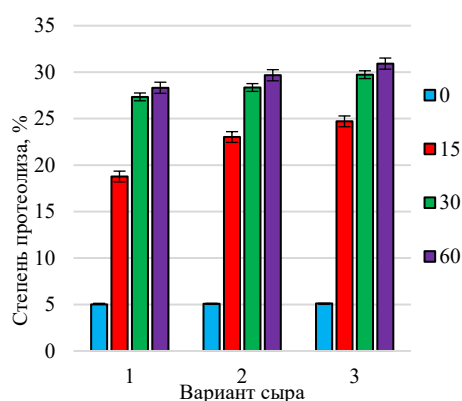
**Рисунок 2.** Динамика изменения количества цитратсбраживающих заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания

Интенсивность молочнокислого процесса оценивали по продуктам гликолиза лактозы, т.е. убыли лактозы, возможному накоплению глюкозы и галактозы, приросту количества молочной кислоты и падению pH в сырах в процессе созревания (табл. 2). Показатели остаточного количества лактозы в сырах говорят о том, что при всех исследуемых комбинациях лактококков обеспечивается достаточный и необходимый уровень молочнокислого процесса. Однако стоит заметить, что наиболее интенсивно молочнокислый процесс проходил в сыре варианта 1 с максимальным количеством кислотообразующего компонента.

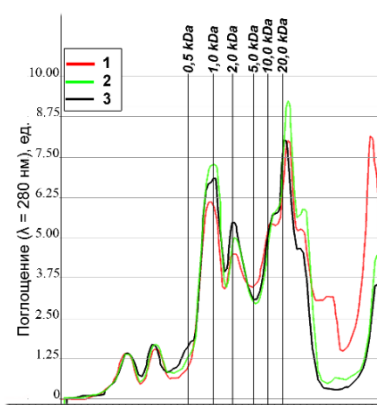
## Динамика процесса гликолиза лактозы в процессе созревания сыров

Образец сыра	Лактоза, %	Глюкоза, %	Галактоза, %	Молочная кислота, %	Активная кислотность, ед. рН
Сыр после пресса					
1	0,9±0,06	отсутствует	отсутствует	0,68±0,05	5,50±0,15
2	1,2±0,08	отсутствует	отсутствует	0,57±0,05	5,50±0,14
3	1,5±0,11	отсутствует	отсутствует	0,23±0,03	5,60±0,15
Сыр в возрасте 7 суток					
1	отсутствует	отсутствует	отсутствует	1,61±0,09	5,10±0,11
2	следы	отсутствует	отсутствует	1,57±0,10	5,20±0,10
3	0,5±0,04	отсутствует	отсутствует	1,43±0,10	5,30±0,14
Сыр в возрасте 60 суток					
1	отсутствует	отсутствует	отсутствует	1,90±0,08	5,10±0,12
2	отсутствует	отсутствует	отсутствует	1,90±0,07	5,15±0,12
3	отсутствует	отсутствует	отсутствует	1,86±0,08	5,16±0,14

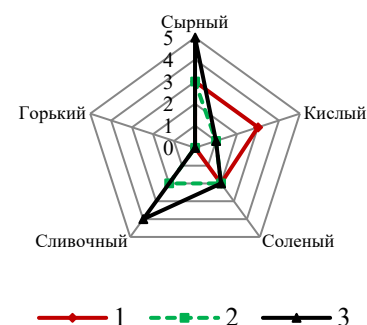
Несмотря на то, что, по общепринятому мнению, мезофильные лактококки обладают незначительной протеолитической активностью, в процессе созревания сыров наблюдается существенная динамика прироста растворимых форм белка, что отражается как в степени протеолиза, так и в накоплении низкомолекулярных пептидов и аминокислот (рис.3 и рис.4). Установлено, что при увеличении в составе закваски дозы *Lc. lactis subsp. diacetylactis* процесс протеолиза интенсифицируется пропорционально количеству диациетильного лактококка, что должно коррелировать с усилением выраженности сырного вкуса.



**Рисунок 3.** Динамика изменения процесса протеолиза в сырах во время созревания



**Рисунок 4.** Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости



**Рисунок 5.** Профилограмма вкуса и аромата сыров кондиционной зрелости

Как видно из профилограммы (рис. 5), во всех вариантах сыров не выявлено вкусовых пороков. Однако, сыр варианта 1, был излишне кислым, имел недостаточно выраженный сырный вкус и в нем отсутствовал сливочный аромат. Сыр варианта 2, относительно сыра № 1, имел менее кислый и более выраженный сырный вкус, в так же слабую сливочность. При этом сыр варианта 3, максимально соответствовал искомому органолептическим характеристикам и потребительским предпочтениям, а именно характеризовался выраженным сырным вкусом, выраженной сливочностью, был умеренно кислым и соленым.

Анализируя данные о консистенции сыров кондиционной зрелости, необходимо отметить, что консистенция сыров, варианта 2 и 3 в кондиционной зрелости была слегка пластичной, и имела балл 24. Консистенция сыра варианта 1 оценена в 22 балла, по причине того, что имела излишнюю пластичность, ставшую в процессе созревания мажущейся.



**Рисунок 6.** Рисунки сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

Анализируя рис. 6 можно сделать вывод, что все образцы сыров имели светло-желтый равномерный цвет теста и характерный для данной группы сыров рисунок. Отмечено, что при увеличении дозы диацетильного лактококка в сырах выраженность рисунка улучшается за счет увеличения количества глазков правильной формы.

#### 4. Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании в составе БЗ для выработки полутвердых сыров голландской группы, комбинации мезофильных лактококков для получения искомых органолептических показателей необходимо учитывать соотношение кислото- и газо-ароматообразующих бактерий данного рода. Наилучшие органолептические показатели, удовлетворяющие потребительские предпочтения, были получены при использовании производственной закваски на основе моновидовых БК отдельных подвидов лактококков, исходя из расчета количества жизнеспособных клеток, и соотношения: 30% *Lc. lactis subsp. lactis*, 30% *Lc. lactis subsp. cremoris* и 40% *Lc. lactis subsp. diacetylactis*.

#### Библиографический список

1. Калькова, Н.Н. (2021). Исследование потребительских предпочтений и факторов, влияющих на выбор сыра в реальной среде. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 8, 22-31.
2. Лилишенцева, А.Н., Заболоцкая, Т.А., Давыдова, Е.А. (2016). Определение критериев выбора потребителями сыров. *Научные труды Белорусского государственного экономического университета*, 9, 188-193.
3. ГОСТ 32260-2013 «Сыры полутвердые. Технические условия». – М: Стандартинформ, 2014. – 17 с.
4. Fusieger, A., Martins, M.C.F., de Freitas, R., Nero, L.A., de Carvalho, A.F. (2020). Technological properties of *Lactococcus lactis subsp. lactis* bv. *diacetylactis* obtained from dairy and non-dairy niches. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51, 313–321. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00182-3>
5. McSweeney, P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
6. Свириденко, Г.М., Шухалова, О.М. (2020). Особенности подбора состава бактериальных заквасок для производства сыров с низкой температурой второго нагревания. *Сыростроение и маслоделие*, 4, 22-25.
7. Sviridenko, G.M., Shukhalova, O.M. (2022). The influence of technological methods for the production of ripening cheeses on the development and metabolism of the acid-forming component of the bacterial starter *Lactococcus lactis subsp. cremoris*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1052, Article 012062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012062>
8. Garcia-Quintans, N., Repizo, G., Martin, M., Magni, C., Lopez, P. (2008). Activation of the Diacetyl/Acetoin Pathway in *Lactococcus lactis subsp. lactis* bv. *diacetylactis* CRL264 by Acidic Growth. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(7), 1988-1996. <https://doi.org/10.1128/AEM.01851-07>
9. Rhitika, P., Randall, K.T., Craig, J.O., Sophie, O. (2022). Comparison of growth and survival of single strains of *Lactococcus lactis* and *Lactococcus cremoris* during Cheddar cheese manufacture. *Journal of Dairy Science*, 105, 2069-2081. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20958>

10. Garbowska, M., Pluta, A., Berthold-Pluta, A. (2020). Proteolytic and ACE-inhibitory activities of Dutch-type cheese models prepared with different strains of *Lactococcus lactis*. *Food Bioscience*, 35, Article 100604. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100604>
11. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). Biochemistry of Cheese Ripening. In: Fundamentals of Cheese Science. Springer. Boston (MA). [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_12)
12. Van Mastrigt, O., Egas, R.A., Abee, T., Smid E.J. (2019). Aroma formation in retentostat co-cultures of *Lactococcus lactis* and *Leuconostoc mesenteroides*. *Food Microbiology*, 82, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.01.016>
13. ГОСТ 32901-2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа». М.: Стандартинформ, 2015. - 25 с.
14. ГОСТ Р 53359-2009 «Молоко и продукты переработки молока. Метод определения рН». – М.: Стандартинформ, 2009. - 8 с.
15. Патент № 2689755. Способ экстракции водорастворимых белков из сыра / Лепилкина О. В., Тетерева Л. И., Лепилкина О. Н., Кокарева Н. В., Вагачева Н. В. Оpubл. 30.05.2019. Бюл. № 16.
16. Visser, S., Slangen, C.J., Robben, A.J. (1992). Determination of molecular mass distributions of whey protein hydrolysates by high-pergo mance size-exclusion chromatography. *Journal of Chromatography*, 599(1-2), 205-209. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(92\)85474-8](https://doi.org/10.1016/0021-9673(92)85474-8)



## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА СУШКИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МУКИ ИЗ НАСЕКОМЫХ

Мечтаева Е.В.\*, Кузнецова К.Г.

\*e-mail: mechtaeva.lisa@gmail.com

Научный руководитель: канд. вет. наук Журавлёва А.З.

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Санкт-Петербург, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сверчок домашней, большой мучной хрущак, мука из насекомых, сушка

### АННОТАЦИЯ

Насекомые широко изучаются в качестве высокобелкового, содержащего полиненасыщенные жирные кислоты, богатого витаминами и минералами продукта питания. Продукты, получаемые из насекомых, должны соответствовать требованиям к качеству и безопасности, в частности к микробиологическим показателям. Эти показатели в основном определяются условиями переработки насекомых, а именно предварительной обработки и сушки. В работе проведено сравнение муки из большого мучного хрущака и сверчка домашнего, бланшированных и высушенных при температурах 50, 80 и 105 °С. Показано, что все исследованные режимы сушки приводят к получению продукта, соответствующего нормам для микробиологических показателей, установленным в регламенте ЕС №2017/2470. Увеличение температуры сушки приводит к сокращению времени обработки, однако также ведёт к потемнению получаемого продукта. В дальнейшем следует оценить количество витаминов в получаемых образцах муки, исследовать сроки годности и вкусовые качества получаемых продуктов.

**Финансирование:** работа выполнена на средства, выделенные в рамках тем государственного задания № FGUS-2022-0017 и № FGUS-2022-0018.

## INFLUENCE OF THE DRYING REGIME ON THE MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF INSECT POWDER

Mechtaeva E.V. \*, Kuznetsova K.G.

\*e-mail: mechtaeva.lisa@gmail.com

Supervisor of studies: Zhuravleva A.Z.

All-Russian Scientific-Research Institute of Food Additives – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Saint Petersburg, Russia

**KEYWORDS:** house cricket, yellow mealworm, insect powder, drying

### ABSTRACT

Insects are widely studied as a high protein, containing polyunsaturated fatty acids, vitamin and mineral rich food. Products derived from insects must meet quality and safety requirements, in particular to microbiological parameters. These parameters are mainly determined by the conditions of insect processing, namely pretreatment and drying. This work compares powders of yellow mealworms and house crickets blanched and dried at temperatures of 50, 80 and 105 °C. It is shown that all the studied drying regimes lead to products which meet the criteria for microbiological parameters established in EU regulation №2017/2470. Increasing the drying temperature leads to a reduction in processing time, but also leads to browning of the resulting product. In the future, it is necessary to evaluate the amount of vitamins in the obtained powder samples, examine the shelf life and taste of the products obtained.

**Funding:** This research was a part of the research topics № FGUS-2022-0017 and № FGUS-2022-0018 of the state assignment of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

## 1. Введение

Использование насекомых как альтернативного источника белка в последнее время широко изучается [1]. Среди их преимуществ: высокое содержание белка (30-50% от сухой массы) и доля съедобной фракции (до 100%), простота выращивания (возможность построения вертикальных ферм, отсутствие зависимости от климатических условий), высокая эффективность конверсии корма и др [2,3]. Большой мучной хрущак (*Tenebrio molitor*) и сверчок домашней (*Acheta domestica*) являются съедобными насекомыми, разрешёнными к употреблению в пищу человеком в Евросоюзе и ряде других стран [4]. Они содержат незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины и минералы [5,6].

В соответствии с регламентом ЕС №2017/2470, для допуска к продаже насекомые и продукты их переработки, например, мука, должны удовлетворять ряду требований по составу и безопасности продукта. Состав муки из насекомых (содержание белка, жира, углеводов) контролируется диетой насекомых и исключением наличия примесей при её производстве. Такие показатели безопасности, как содержание тяжёлых металлов (Pb, Cd) и токсинов также определяются, в основном, условиями содержания насекомых. При этом микробиологические показатели качества и безопасности продуктов из насекомых будут определяться в большей степени процессом их переработки.

Для снижения бактериальной обсеменённости проводят бланширование насекомых. Такой способ не только приводит к гибели значительного количества микроорганизмов и прост в исполнении, но и способствует снижению количества ферментов, приводящих к потемнению продукта при последующей сушке [7].

Внешний вид продуктов из насекомых часто приводит к негативной оценке потребителей [8]. В частности, добавление муки из насекомых приводит к потемнению хлебобулочных и других изделий. В связи с этим, при выборе способа предварительной обработки насекомых необходимо учитывать его влияние на конечный вид продукта.

Таким образом, целью данной работы являлось изучение влияния режима сушки большого мучного хрущака и сверчка домашнего на внешний вид и микробиологические показатели получаемой из них муки. В задачи входило: определить время, необходимое для полного высушивания образцов насекомых в конвекционном сушильном шкафу при различных температурах; исследовать влияние температуры сушки на внешний вид получаемого продукта; определить микробиологические показатели муки, получаемой из насекомых, высушенных различными способами.

## 2. Материалы и методы

### *Подготовка образцов*

Личинок большого мучного хрущака, возрастом 2-2,5 месяца, и домашнего сверчка в стадии предимаго, подвергали голоданию в течение 2 часов, после чего умерщвляли замораживанием при  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Непосредственно перед сушкой, насекомых вынимали из морозильной камеры, промывали на сите и бланшировали в деионизованной воде при  $95-98\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 30 сек.

### *Сушка*

10-15 навесок бланшированных насекомых в стеклянных чашках Петри помещали в сушильный шкаф и выдерживали при определённой температуре. Каждый час один из образцов вынимали и взвешивали для определения процента потери массы. Для каждого режима сушки было сделано не менее 8 точек. Сушка осуществлялась в конвекционном сушильном шкафу (UF110plus Memmert, Германия) при 50, 80 или  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . По окончании эксперимента определяли минимальное время, необходимое для высушивания образцов насекомых с использованием данной температуры.

### *Влажность*

Для оценки влажности, предварительно взвешенные образцы высушивали при  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы. Влажность рассчитывали по уравнению: Влажность =  $(m_{\text{образца до сушки}} - m_{\text{образца после сушки}}) / m_{\text{образца до сушки}} * 100\%$

### *Микробиологические показатели*

По 3 навески насекомых высушивали в течение выбранного в ходе предварительного эксперимента времени с использованием определённого режима сушки. Насекомых измельчали и фотографировали для оценки влияния температуры и режима сушки на цвет получаемых образцов. Помимо высушенных образцов, исследовались замороженные и бланшированные насекомые, которых также измельчали перед анализом.

Микробиологические показатели образцов насекомых определяли по следующим методикам: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15-94; плесени (разведение 10 и 100) – по ГОСТ 10444.12-2013; *Listeria monocytogenes* в 25 г – по ГОСТ 32031-2012; *Salmonella spp.* в 25 г – по ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002); бактерии группы кишечных палочек (БГКП) в 1,0 г – по ГОСТ 31747-2012; сульфитредуцирующие клостридии в 1,0 г – по ГОСТ 29185-2014 (ISO 15213:2003).

### 3. Результаты и обсуждение

По результатам предварительных экспериментов по сушке насекомых для каждой температуры было выбрано оптимальное время процесса: 12 ч при 50 °С, 4 ч при 80 °С и 2 ч при 105 °С. Высушивание при 80 и 105 °С приводило к получению образцов с влажностью, близкой к нулевой, тогда как использование 50 °С удлиняло процесс в 3-6 раз и приводило к получению продукта с остаточной влажностью 2-7 % (табл. 1). Тем не менее, использование низких температур сушки позволяет сохранять структуру белков в образце, препятствует разрушению витаминов и образованию трансизомеров жирных кислот и способствует получению более светлого продукта (рис. 1).

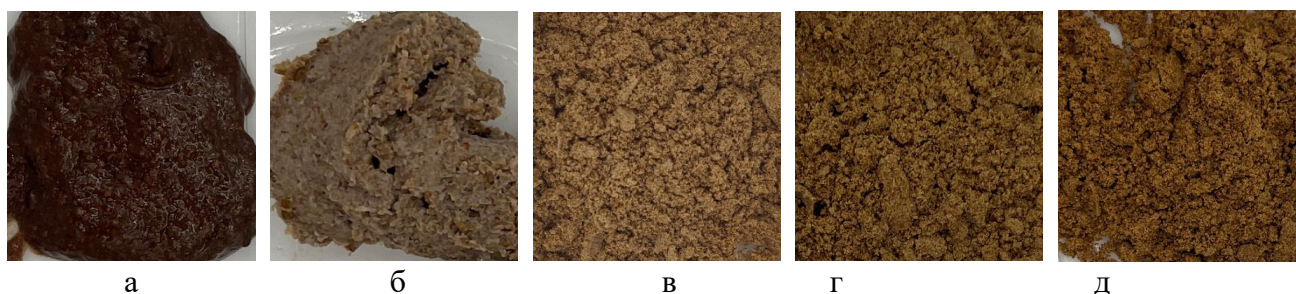
Таблица 1

**Влажность личинок насекомых, высушенных при различной температуре**

Температура сушки, °С	Время сушки, ч	Влажность личинок большого мучного хрущака, %	Влажность личинок сверчка домового, %
-	-	63,01±0,27	72,43±0,87
50	12	2,02±0,24	7,04±0,31
80	4	0,07±0,36	0,63±0,59
105	2	0,24±0,16	0,43±0,34

Микробиологический анализ образцов показал, что, хотя бланширование способствует существенному снижению бактериальной обсеменённости образцов насекомых, дальнейшая обработка, в частности длительная сушка, может приводить к развитию бактериальной микрофлоры и появлению плесени (табл. 2). Кроме того, в бланшированных образцах, в отличие от высушенных, были обнаружены сульфитредуцирующие клостридии. *Listeria monocytogenes* и *Salmonella spp.* не были обнаружены ни в одном из исследованных образцов.

Повышение температуры сушки приводит к снижению количества микроорганизмов в образцах. Однако, все высушенные образцы по микробиологическим показателям соответствуют требованиям регламента ЕС №2017/2470, которые предъявляются к продуктам из насекомых *Tenebrio molitor* и *Acheta domesticus*. Таким образом, сушку насекомых можно проводить любым из проверенных способов, но необходимо учитывать, что при снижении температуры сушки срок годности получаемых продуктов может снижаться.



**Рисунок 1.** Изменение цвета измельчённых личинок большого мучного хрущака после

обработки различными способами: а – замороженные; б – замороженные и бланшированные; в – замороженные, бланшированные и высушенные при 50 °С; г – замороженные, бланшированные и высушенные при 80 °С; д – замороженные, бланшированные и высушенные при 105 °С.

Увеличение температуры сушки сверчка домового не оказало существенного влияние на цвет получаемой муки, однако, в случае большого мучного хрущака наблюдается небольшое потемнение (рис. 1). Потемнение при воздействии высокой температуры в течение длительного времени может происходить из-за деградации углеводов в результате реакции Майяра или

карамелизации [9]. Тем не менее, существенного различия между образцами муки, полученными из насекомых высушенных при 80 и 105 °С не наблюдается.

Таблица 2

**Микробиологические показатели измельчённых насекомых, обработанных различными способами**

Образец	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП	Сульфитредуцирующие клубостридии	Плесени и дрожжи, КОЕ/г
Хрущак заморож.	$> 10^6$	обнаружено	–	–
Сверчок заморож.	$> 10^6$	обнаружено	обнаружено	$1 \cdot 10^{1a}$ плесени, $2,5 \cdot 10^3$ дрожжи
Хрущак заморож., бланш.	$< 15 \cdot 10^2$	–	обнаружено	–
Сверчок заморож., бланш.	$< 15 \cdot 10^2$	–	обнаружено	–
Хрущак заморож., бланш., 50 °С	$5,0 \cdot 10^4$	–	–	$8,1 \cdot 10^1$ (плесени)
Сверчок заморож., бланш., 50 °С	$< 15 \cdot 10^2$	–	–	$1,1 \cdot 10^2$ (плесени)
Хрущак заморож., бланш., 80 °С	$< 15 \cdot 10^2$	–	–	$5,7 \cdot 10^1$ (плесени)
Сверчок заморож., бланш., 80 °С	$< 15 \cdot 10^2$	–	–	–
Хрущак заморож., бланш., 105 °С	$< 15 \cdot 10^2$	–	–	–
Сверчок заморож., бланш., 105 °С	$< 15 \cdot 10^2$	–	–	–

«–» - не обнаружено

a - от  $< 1 \cdot 10^1$  до  $2 \cdot 10^1$

#### 4. Выводы

В работе показано, что все рассмотренные режимы сушки (12 ч при 50 °С, 4 ч при 80 °С и 2 ч при 105 °С) позволяют получить продукт, соответствующий нормам для микробиологических показателей, установленным в требованиях качества и безопасности к высушенным насекомым *Tenebrio molitor* и *Acheta domesticus* регламента ЕС №2017/2470. Использование низких температур сушки целесообразно, например, при необходимости выделения белков насекомых без денатурации, однако это приводит к существенному удлинению процесса и способствует увеличению бактериальной обсеменённости. Увеличение температуры сушки приводит к потемнению муки из насекомых. Это может приводить к ухудшению цвета конечной продукции, в которую добавляется мука. Тем не менее, существенной разницы между образцами, полученными при 80 и 105 °С не обнаружено. С точки зрения сокращения времени сушки, более оптимально использование большей температуры, однако в дальнейшем следует оценить количество витаминов в получаемых образцах муки, исследовать сроки годности и вкусовые качества продуктов.

#### Библиографический список

1. Dobermann, D., Swift, J.A., Field, L.M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293-308. <https://doi.org/10.1111/nbu.12291>
2. Ghaly, A.E., Alkoaik, F.N. (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(4), 319-331. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.319.331>
3. Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
4. Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Kearney, J., Maciuk, A., et al. (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1), e06343. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>

5. Khanal, P., Pandey, D., Næss, G., et al. (2023). Yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) as an alternative animal feed source: A comprehensive characterization of nutritional values and the larval gut microbiome. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136104. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136104>
6. Mlcek J., Rop O., Borkovcova M., Bednarova M. (2014) A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 64(3), 147-157. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>
7. Mancini, S.; Fratini, F.; Tuccinardi, T.; Turchi, B.; Nuvoloni, R.; Paci, G. (2019). Effects of different blanching treatments on microbiological profile and quality of the mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(3), 225-234. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0034>
8. Ribeiro, J.C., Lima, R.C., Maia, M.R.G., Almeida, A.A., Fonseca, A.J.M., Cabrita, A R.J. et al. (2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Grylloides sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *LWT*, 113, 108335. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108335>
9. Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.-J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>



**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ - КАЛЬЦИНИРОВАННОГО КОАГУЛИРОВАННОГО ЯИЧНОГО МЕЛАНЖА**

**Михайленко И.Г.<sup>1</sup>**

*e-mail: mig@vniipp.ru*

*Научный руководитель: докт.техн.наук, Максимов А.Ю.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» — филиал ФНЦ «ВНИТИП» РАН (ВНИИПП), г.о. Солнечногорск, р.п. Ржавки, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *яйцо, переработка, скорлупа, меланж, измельчение, коагуляция*

**АННОТАЦИЯ**

Современной проблемой птицеперерабатывающей отрасли нашей страны является переработка некондиционных куриных яиц, доля которых составляет около 15-18 % от всей продукции, производимой на птицефабриках. В статье представлены исследования по получению функциональной пищевой добавки – кальцинированного коагулированного яичного меланжа (меланжа в естественном соотношении измельченной скорлупой 1 к 10), которая может быть получена путем переработки некондиционных куриных яиц на установке на базе пароконтактного коагулятора. Описан принцип работы оборудования. Представлены результаты экспериментов в виде столбчатой диаграммы, отображающую зависимость размера частиц измельченной скорлупы от количества проходов через экспериментальный стенд на базе роторно-пульсационного аппарата РПА-25. Полученные данные лягут в основу для разработки исходных требований на оборудование для получения кальцинированного коагулированного яичного меланжа.

**STUDY OF THE PROCESS OF OBTAINING A FUNCTIONAL FOOD ADDITIVE - CALCINATED COAGULATED EGG MELANGE**

**Mikhailenko I.G.<sup>1</sup>**

*e-mail: mig@vniipp.ru*

*Scientific adviser: Maksimov A.Yu.*

*All-Russian Research Institute of the Poultry Processing Industry, a branch of the Federal Scientific Center VNITIP of the Russian Academy of Sciences (VNIIPP), g.o. Solnechnogorsk, r.p. Rzhavki, Russia*

**KEY WORDS:** *egg, recycling, shell, melange, grinding, coagulation*

**ANNOTATION**

The modern problem of the poultry processing industry in our country is the processing of substandard chicken eggs, the share of which is about 15-18% of all products produced at poultry farms. The article presents studies on the production of a functional food additive - calcined coagulated egg melange (melange in a natural ratio of crushed shells 1 to 10), which can be obtained by processing substandard chicken eggs in a plant based on a steam contact coagulator. The principle of operation of the equipment is described. The results of the experiments are presented in the form of a bar chart showing the dependence of the particle size of crushed shells on the number of passes through the experimental stand based on the RPA-25 rotary-pulsation apparatus. The data obtained will form the basis for the development of initial requirements for equipment for the production of calcined coagulated egg melange.

**1. Введение**

В настоящее время в России на птицефабриках, занимающихся производством куриных пищевых яиц, выявляют около 15–18% некондиционных яиц (нетоварные, яйца с насечкой и т.д.) от всей продукции, которые не могут быть реализованы покупателю в таком виде и должны быть переработаны [1].

Известны следующие продукты переработки яиц: жидкий, замороженный и сухой меланж, белок, желток; маринованные яйца различных видов, замороженные и сухие омлеты [2, 3].

Известны исследования по переработке содержимого яиц (меланжа, белка, желтка) с применением процесса коагуляции, который заключается в нагреве яичного сырья до температуры коагуляции белков. Полученные при этом коагулированные яйцепродукты (меланж, белок, желток) могут быть использованы при производстве функциональных продуктов, т.к. обладают высокими вкусовыми качествами, пониженным содержанием аллергенов и структурообразующими свойствами [4-5]. При производстве сухих, пастеризованных, замороженных и коагулированных яйцепродуктов образуется около 10 % побочного продукта – скорлупы, которая являясь ценным источником кальция в настоящее время в основном утилизируется [6]. Исследование процесса получения кальцинированного коагулированного яичного меланжа (далее ККЯМ) (меланжа в естественном соотношении с измельченной скорлупой 1 к 10) является актуальной задачей, решение которой позволит частично решить проблему переработки некондиционных куриных яиц.

## 2. Материалы и методы

Объектом исследования являлись процесс коагуляции и измельчения некондиционных пищевых яиц, предметом исследования - измельченные пищевые яйца.

Процесс измельчения яйца проводили на мясорубке МИМ-500 и экспериментальном стенде на базе роторно-пульсационного аппарата марки РПА-25 (далее РПА-25) (рис.3). Порядок работы на экспериментальном стенде на базе РПА-25: сырье загружалось в приемную воронку, включался привод РПА, осуществлялась многократная циркуляция сырья по системе с байпасом через приемную воронку.

Размер частиц скорлупы полученных образцов определяли методом крупности по ГОСТ 27560-87 [7].

Коагуляцию измельченных яиц проводили на установке на базе пароконтактного коагулятора (рис. 1). Порядок работы: измельченные яйца загружали в приемную емкость, включали насос подачи сырья. Сырье подавалось в камеру коагулирования по трубопроводу, а пар через форсунки. Происходило перемешивание и передвижения сырья шнеком к разгрузочному отверстию. В результате тепломассообменных процессов сырье нагревалось и коагулировалось. Коагулированный продукт выгружался в накопительную емкость для отделения сыворотки.

## 3. Результаты и их обсуждение

Куриные пищевые яйца измельчались на мясорубке МИМ-500, было получено сырье с размером частиц 0,5-3 мм, которое затем транспортировалось в приемную емкость установки на базе пароконтактного коагулятора (рис. 1) для проведения процесса коагуляции.



**Рисунок 1.** Внешний вид установки на базе пароконтактного коагулятора

Были получены образцы ККЯМ (рис.2) и определено, что винтовой насос забивается измельченной скорлупой после непродолжительной работы.



**Рисунок 2.** Внешний вид кальцинированного коагулированного яичного меланжа

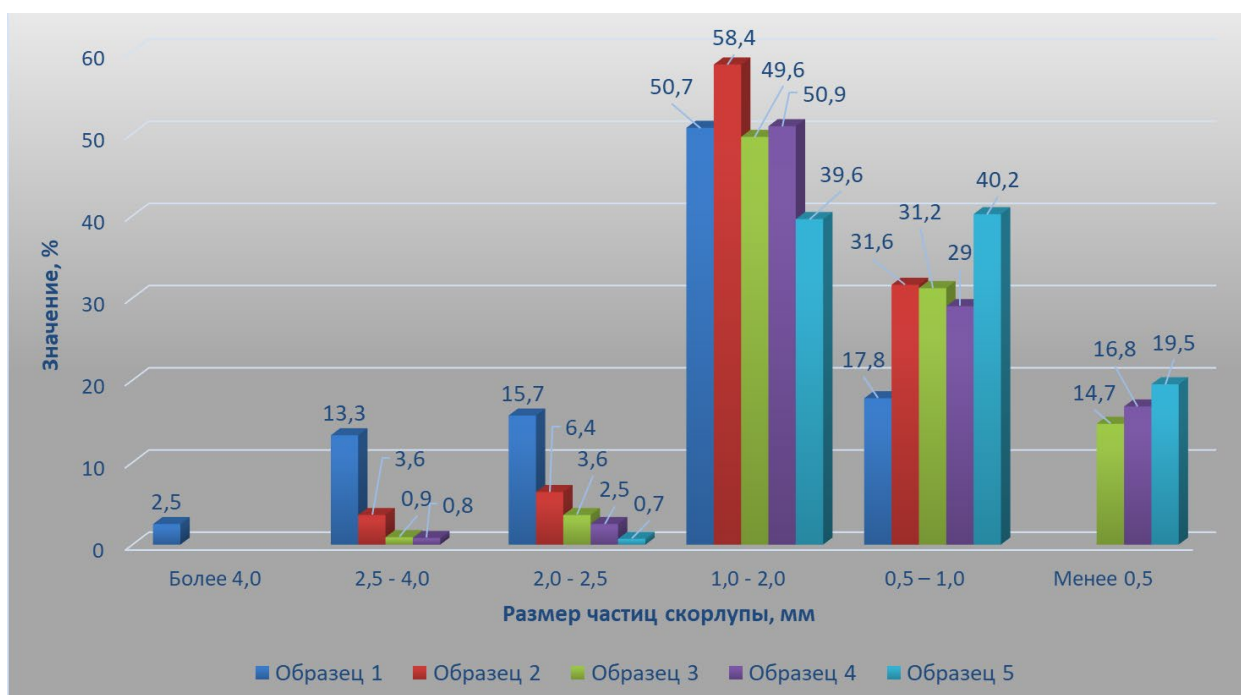
Для устранения данной проблемы был проведен обзор литературы и предложено использовать РПА для транспортировки сырья в камеру коагулирования. РПА имеют 2 диспергирующих элемента: неподвижный статор и вращающийся ротор. Возможность транспортировки измельченных яиц и дополнительного измельчения исследовались на экспериментальном стенде на базе РПА-25 (рис. 3).



**Рисунок 3.** Экспериментальный стенд на базе РПА-25

В результате была установлена эффективность применения РПА для транспортировки измельченных яиц в камеру коагулирования, т.к. в процессе измельчения обеспечивалась транспортировка меланжа со скорлупой по рабочему контуру экспериментального стенда, что препятствовало слеживанию скорлупы и забиванию трубопроводов. Были отобраны полученные образцы и установлен размер измельченных частиц. Результаты были обработаны и сведены в столбчатую диаграмму (рис. 4).





**Рисунок 4.** Зависимость размера частиц измельченной скорлупы от количества проходов через РПА

образец 1 — частицы скорлупы после 1-го пропуска через РПА; образец 2 — частицы скорлупы после 2-ух пропусков через РПА; образец 3 — частицы скорлупы после 3-ех пропусков через РПА; образец 4 — частицы скорлупы после 4-х пропусков через РПА; образец 5 — частицы скорлупы после 5-ти пропусков через РПА

Анализ результатов (рис.4) показал, что РПА обеспечивает дополнительное измельчение скорлупы куриных яиц, что позволит снизить нагрузку на измельчающее оборудование, подбор которого будет осуществлен в следующем этапе НИР.

#### 4. Выводы

В результате проведенных исследований была установлена эффективность применения РПА для обеспечения транспортировки измельченных яиц в камеру коагулирования. Данные полученные в ходе экспериментальных исследований станут основой для разработки исходных требований для оборудования для получения ККЯМ.

#### Библиографический список

1. Фисинин, В.И. (2019). Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего: монография, Москва: Хлебпродинформ. 425-446.
2. Агафонов, В.П. (2013) Переработка яиц — залог высокой эффективности производства. *Птица и птицепродукты*, 4, 26–28.
3. Михайленко, И.Г., Максимов, А.Ю. (2022, 30 ноября) *Комплексная переработка некондиционных яиц в том числе инкубационных*. Статья на VIII Международной научно-технической конференции - Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство, ВГУИТ, Воронеж, 235-239.
4. Клименкова, А.Ю., Стефанова, И.Л., Шахназарова, Л.В., Мазо В.К. (2018). Функциональные продукты на основе яичного меланжа. *Вопросы питания*, 87 (S5), 215-216. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10325>
5. Stefanova, I.L., Klimenkova, A.Yu., Shakhnazarova, L.V., Mazo, V.K. (2021) Chicken egg white - characteristics of its properties and the prospects for functional foods development. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(2), 163-173. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-2-163-173>.
6. Максимов, А.Ю., Романенко, Ю.И., Михайленко, И.Г., Дерина, Д.С. (2022) Исследование процессов переработки скорлупы куриных яиц с выделением подскорлупной оболочки. *Птица и птицепродукты*, 6, 61-64, <https://doi.org/10.30975/2073-4999-2022-24-6-61-64>.
7. ГОСТ 27560-87 «Мука и отруби. Метод определения крупности». - М.: Стандартинформ, 2007. - 3 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КРАСНЫХ ИГРИСТЫХ ВИН

**Моисеева А.А.**

*e-mail: uniwayka@mail.ru*

*Научный руководитель: докт. техн. наук, профессор, академик РАН Оганесянц Л.А.*

*Всероссийский научно – исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *красные игристые вина, качественные показатели, тиражный ликер, осадочные дрожжи, вторичное брожение*

### АННОТАЦИЯ

В современных экономических условиях предприятия винодельческой отрасли постоянно ищут способы повышения конкурентоспособности своей продукции при снижении производственных затрат. Вопросы повышения качества и эффективности производства красных игристых вин являются крайне актуальными. Цель работы – совершенствование производства красных игристых вин на основе обогащения тиражной смеси биологически активными компонентами осадочных дрожжей. Объектами исследования были: тиражный ликер, с массовой концентрацией сахаров 550,0 г/дм<sup>3</sup> и титруемой кислотностью – 6,5 г/дм<sup>3</sup>; тиражные ликеры с добавлением суспензии осадочных дрожжей в количестве 5, 10, 15 и 20 %; бродящая тиражная смесь без добавления и с добавлением активатора брожения; а также образцы красных игристых вин, полученных бутылочным способом. Предложен эффективный способ обогащения тиражной смеси легкодоступными для дрожжей азотистыми соединениями и другими биологически активными компонентами осадочных дрожжей, позволяющий существенно повысить качество красного игристого вина. Рекомендовано для интенсификации процесса вторичного брожения при приготовлении тиражного ликера вносить в него от 10 до 15 % осадочных дрожжей и проводить в процессе его выдержки обогащение азотистыми соединениями.

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках Федеральной программы «Научное обоснование проектирования технологий новых видов напитков на основе изучения характеристических особенностей традиционного и нетрадиционного сырья растительного происхождения» FGUS-2022-0012.

## IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS RED SPARKLING WINES

**Moiseeva A.A.**

*e-mail: uniwayka@mail.ru*

*Supervisor of studies: Oganesyants L. A.*

*All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *red sparkling wines, quality indicators, mass-produced liqueur, sedimentary yeast, secondary fermentation*

### ABSTRACT

In modern economic conditions, enterprises of the wine industry are constantly looking for ways to increase the competitiveness of their products while reducing production costs. The issues of improving the quality and efficiency of the production of red sparkling wines are extremely relevant. The aim of the work is to improve the production of red sparkling wines based on the enrichment of the circulation mixture with biologically active components of sedimentary yeast. The objects of the study were: a mass-produced liqueur with a mass concentration of sugars of 550.0 g/dm<sup>3</sup> and a titratable acidity of 6.5 g/dm<sup>3</sup>; mass-produced liqueurs with the addition of a suspension of sedimentary yeast in the amount of 5, 10, 15 and 20%; fermenting mass-produced mixture without addition and with the addition of a fermentation activator; as well as samples of red sparkling wines obtained by the bottle



method. An effective method of enriching the batch mixture with nitrogenous compounds easily accessible to yeast and other biologically active components of sedimentary yeast is proposed, which significantly improves the quality of red sparkling wine. It is recommended to intensify the process of secondary fermentation in the preparation of a mass-produced liquor to add 10 to 15% of sedimentary yeast to it and to carry out in order to enrich it with nitrogenous compounds.

**Funding:** The work was carried out within the framework of the Federal program "Scientific justification for the design of technologies for new types of drinks based on the study of the characteristic features of traditional and non-traditional raw materials of plant origin" FGUS-2022-0012.

## 1. Введение

Популярность красных игристых вин в нашей стране связана, прежде всего, с их уникальными органолептическими свойствами. Кроме того, благодаря повышенной концентрации веществ фенольной природы, в частности, антоцианинов, они, как установлено ранее, имеют высокую биологическую ценность [1-3]. Однако продукция, присутствующая на российском алкогольном рынке не всегда отвечает по своим качественным характеристикам, требованиям потребителей. Поэтому, в условиях растущей конкуренции между производителями вопросы повышения эффективности производства и качества красных игристых вин являются крайне актуальными. Одним из важнейших аспектов повышения эффективности процесса вторичного брожения при производстве красного игристого вина является обеспечение оптимального метаболизма дрожжей. В тоже время определенные трудности для производителей создаёт довольно высокая концентрация веществ фенольной природы в исходных красных виноматериалах, которая является препятствием для развития дрожжей.

Ранее проведенные исследования показали важность физико-химического состава исходных виноматериалов для обеспечения вторичной ферментации и получения продукта высокого качества [4-6]. Особая роль в обеспечении оптимального проведения вторичного брожения отводится азотистым веществам. Известно [7], что на этапе размножения дрожжи потребляют, в основном, неорганический азот, содержащийся в вине в виде солей аммония. В то же время было показано, что для поддержания жизнедеятельности дрожжей во время вторичного брожения необходимо присутствие органических форм азотистых соединений, наиболее доступными из которых являются свободные аминокислоты [8, 9]. Для регулирования метаболизма дрожжей было предложено использовать дрожжевые автолизаты, которые позволяют обогатить вино биологически активными веществами, в т.ч. ферментами, витаминами, аминокислотами и др. [10, 11]. В связи с тем, что их приготовление является технологически сложным процессом, большинство производителей используют готовые активаторы брожения (АБ) импортного производства. Однако, сложившаяся в последние годы геополитическая обстановка делает экономически невыгодным использование этих препаратов.

В связи с изложенным выше, цель данной работы состояла в совершенствовании производства красных игристых вин на основе обогащения тиражной смеси биологически активными компонентами осадочных дрожжей.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись:

- тиражный ликер, приготовленный на белом обработанном виноматериале, с массовой концентрацией сахаров  $550,0 \text{ г/дм}^3$  и титруемой кислотностью –  $6,5 \text{ г/дм}^3$  – контроль (К);
- тиражный ликер с добавлением 5% суспензии осадочных дрожжей (ОД) – опыт 1 (О1);
- тиражный ликер с добавлением 10% суспензии ОД – опыт 2 (О2);
- тиражный ликер с добавлением 15% суспензии ОД – опыт 3 (О3);
- тиражный ликер с добавлением 20% суспензии ОД – опыт 4 (О4);
- бродящая тиражная смесь, приготовленная с использованием образцов тиражных ликеров (образцы К, О1-О4);
- бродящая тиражная смесь с добавлением активатора брожения (АБ) БИОКЛИН (ИОС) – опыт 5 (О5);
- образцы красных игристых вин (К, О1-О5), полученные бутылочным способом.

В состав тиражной смеси входили: виноматериал красный сухой с объемной долей этилового спирта 11,8 % об. и массовой концентрацией титруемых кислот  $6,2 \text{ г/дм}^3$ ; контрольный или опытные образцы тиражных ликеров; дрожжевая разводка из расчета  $1,5 \text{ млн/см}^3$  дрожжевых клеток. В исследовании использовали активные сухие дрожжи (АСД) «Alcotec 48 Turbo».

Дрожжевую разводку готовили на белом обработанном виноматериале с целью снижения негативного влияния фенольных веществ на дрожжевую популяцию. Тиражный ликер вносили из расчета получения массовой концентрации сахаров 24,0 г/дм<sup>3</sup>. Вторичное брожение проводили при регулируемой температуре 15-17 °С.

Для определения физико-химических и органолептических показателей в объектах исследования использовали общепринятые в энохимии методы анализа, согласно действующим стандартам и методикам, утвержденным в установленном порядке [12, 13].

Динамическая устойчивость двусторонней пленки (ДУДП) – модифицированный метод с использованием прибора П.А. Ребиндера.

Все испытания проводили не менее трех раз. За результат измерений принимали среднее арифметическое полученных значений.

### 3. Результаты и обсуждение

На первом этапе исследования были приготовлены контрольный и опытные образцы тиражных ликеров. Опытные образцы, после внесения в них осадочных дрожжей, выдерживали в течение 10 дней при температуре 20-25°С, с периодическим перемешиванием 3-4 раза в сутки по 10 минут. Проведена сравнительная оценка физико-химического состава контрольного и опытных образцов, подготовленных таким образом (табл. 1).

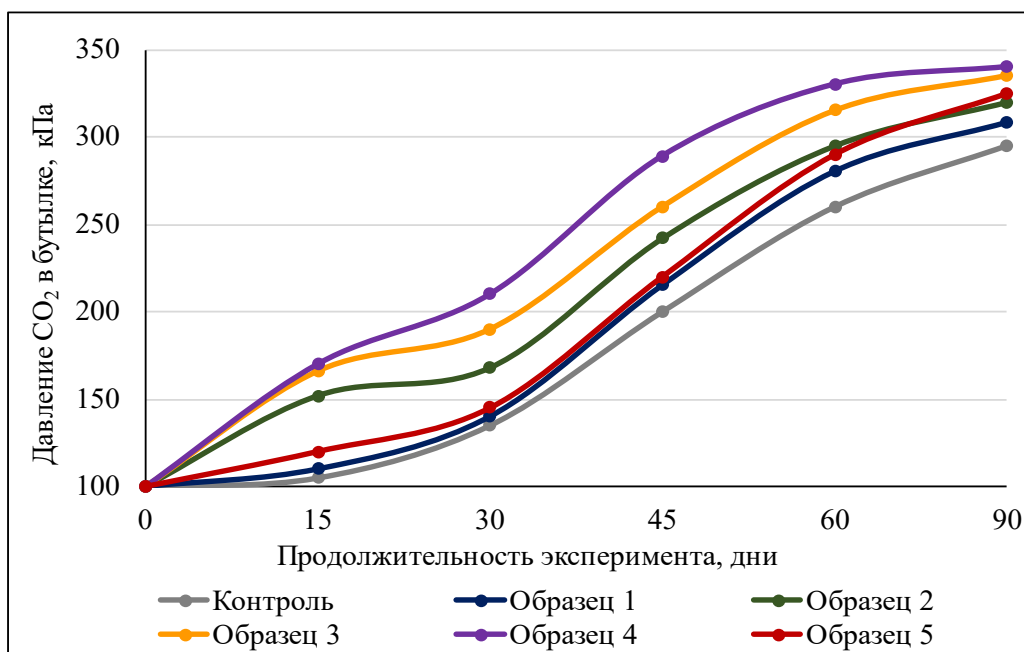
Установлено, что добавление осадочных дрожжей в тиражный ликер приводит к повышению концентрации азотистых соединений, в том числе, аминного азота на 15,7-46,4 %, аммиачного – на 43,0-147,0 %, в зависимости от количества внесенных осадочных дрожжей. В то же время зафиксировано снижение значения ОВП в опытных образцах ликера, по сравнению с контрольным, на 4,1-15,6 мВ. Эти изменения связаны с извлечением ценных внутриклеточных биологически активных компонентов дрожжей, которые обусловлены клеточным плазмолизом под действием окружающей среды. В результате внесения осадочных дрожжей в тиражный ликер происходит обогащение его азотистыми соединениями, а также снижается интенсивность окислительных процессов.

На втором этапе исследований в процессе вторичного брожения осуществляли контроль интенсивности сбраживания сахаров по изменению величины давления диоксида углерода (СО<sub>2</sub>) в бутылке (рис.1). Установлено, что внесение тиражного ликера, содержащего 20% осадочных дрожжей (О4), приводило к заметной интенсификации вторичного брожения, следствием чего явилось максимальное образование СО<sub>2</sub> и наиболее быстрое повышение давления в бутылке. Близкие значения по этому показателю были отмечены в образцах О3 и О2 (15% и 10% ОД соответственно).

Таблица 1

Наименование образца	Физико-химический состав тиражных ликеров				ОВП, мВ
	Массовая концентрация				
	Сахаров, г/дм <sup>3</sup>	Титруемых кислот, г/дм <sup>3</sup>	Аминного азота, мг/дм <sup>3</sup>	Аммиачного азота, мг/дм <sup>3</sup>	
Контроль (К)	550	6,5	157,6	8,6	193,2
Образец 1 (О1)	523	6,4	182,4	12,3	189,1
Образец 2 (О2)	515	6,4	201,5	15,2	186,5
Образец 3 (О3)	505	6,3	215,3	18,7	180,4
Образец 4 (О4)	490	6,3	230,8	21,2	177,6

При использовании активатора брожения (О5) интенсификация процесса накопления диоксида углерода, по сравнению с контрольным образцом, отмечалась после 30 суток от начала эксперимента. Это обусловлено тем, что, в отличие от тиражного ликера с добавлением осадочных дрожжей, активатор брожения содержит азотистые соединения в связанном состоянии, которые начинают высвобождаться под действием ферментов дрожжевой клетки уже в процессе вторичного брожения.



**Рисунок 1.** Влияние осадочных дрожжей в ликере на эффективность вторичного брожения

Также в бродящей тиражной смеси определяли изменение величины ОВП, содержание азотистых соединений, включая аминный, аммиачный азот и концентрацию свободных аминокислот. Установлено, что в зависимости от количества внесенных ОД в тиражный ликер, значения этих показателей существенно изменялись. В том числе, при увеличении дозы ОД величина ОВП снижалась, а концентрация азотистых соединений имела тенденцию к повышению.

В полученных образцах красного игристого вина были определены основные качественные показатели и дана их органолептическая оценка дегустационной комиссией ВНИИПБиВП. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.

**Качественные показатели образцов красных игристых вин, полученных бутылочным способом**

Наименование показателя	К	О1	О2	О3	О4	О5
Объемная доля этилового спирта, % об.	12,9	13,0	13,1	13,2	13,2	13,1
Давление CO <sub>2</sub> , кПа	295	308	320	335	340	325
Массовая концентрация сахаров, г/дм <sup>3</sup>	6,0	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм <sup>3</sup>	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Массовая концентрация летучих кислот, г/дм <sup>3</sup>	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6
ОВП, мВ	145,0	139,3	120,0	116,2	110,8	125,4
Массовая концентрация суммы фенольных веществ, мг/дм <sup>3</sup>	2028	2010	1925	1873	1708	1910
Динамическая устойчивость двусторонней пленки (ДУДП), с	19	18	17	17	12	16
Дегустационная оценка, балл	<b>84</b>	<b>86</b>	<b>90</b>	<b>88</b>	<b>82</b>	<b>87</b>

Установлено, что все образцы красного игристого вина были высокого качества. Однако, наилучшими показателями обладали опытные образцы О2 и О3, в состав тиражной смеси которых входил ликер с добавлением ОД в количестве 10 и 15 %, соответственно. В аромате и вкусе образца О4 было отмечено наличие дрожжевого тона, что привело к снижению его органолептической оценки. Также отмечено, что повышенное накопление дрожжевой массы в образце О4 привело к существенному снижению концентрации фенольных веществ – на 16 %, по сравнению с контролем. В результате вкус этого образца был менее полным и насыщенным, чем у других опытных образцов.

#### 4. Выводы

На основании полученных результатов разработан эффективный способ обогащения тиражной смеси легкодоступными для дрожжей азотистыми соединениями и другими биологически активными компонентами осадочных дрожжей, позволяющий существенно повысить качество красного игристого вина.

Рекомендовано для интенсификации процесса вторичного брожения и получения готового продукта высокого качества при приготовлении тиражного ликера вносить в него от 10 до 15 % осадочных дрожжей с целью его обогащения азотистыми соединениям.

#### Библиографический список

1. Черноусова, И.В., Зайцев, Г.П., Гришин, Ю.В. и др. (2017). Исследование фенольного состава и антиоксидантной активности игристых вин. *Виноделие и виноградарство*, 5, 11-16.
2. Аристова, Н.И. Гришин, Ю.В., Жилиякова, Т.А. (2018, 14-16 мая). «*Инновации в пищевой биотехнологии*»: сборник трудов Международного симпозиума, Исследование показателей качества и безопасности вин, полученных вторичным брожением. ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, 384-389.
3. Черноусова, И.В., Зайцев, Г.П., Гришин, Ю.В. и др. (2018). Полифенолы винограда – пищевые функциональные ингредиенты тихих столовых и игристых вин. «*Магарач*». *Виноградарство и виноделие*, 20(3), 93-95.
4. Оганесянц, Л.А., Песчанская, В.А., Дубинина, Е.В. (2018). Совершенствование оценки качества столовых виноматериалов для игристых вин. *Пиво и напитки*. 3, 72–75.
5. Оганесянц, Л.А., Панасюк, А.Л., Федоренко, Б.Н. (2020). Общая технология вина. СПб: Профессия. 352.
6. Дубинина, Е.В., Моисеева, А.А. (2022). Влияние физико-химических показателей сортовых виноматериалов на качество красных игристых вин. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 6, 27-33. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.6.12>
7. Сарисвили, Н.Г., Рейтблат, Б.Б. (2000). Микробиологические основы технологии шампанизации вина. М.: Пищепромиздат. 156-247.
8. Оганесянц, Л.А., Рейтблат, Б.Б., Дубинчук, Л.В. и др. (2012). Исследование процесса вторичного брожения с использованием флуктурирующих и иммобилизованных дрожжей. *Виноделие и виноградарство*, 5, 16-18.
9. Моисеева, А.А., Захарова, В.А., Дубинина, Е.В. (2021). Роль азотистых соединений в формировании качества красного игристого вина. *Пиво и напитки*, 4, 28-33. <https://doi.org/10.52653/PIN.2021.4.4.004>
10. Sartor, S., Burin, V.M., Caliarì V., Bordignon-Luiz M.T. (2021). Profiling of free amino acids in sparkling wines during over-lees aging and evaluation of sensory properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 140:110847. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110847>
11. Макаров, А.С. (2021). Совершенствование технологии отечественных игристых вин. «*Магарач*». *Виноградарство и виноделие*, 23(3): 270-277. <https://doi.org/10.35547/IM.2021.14.91.011>
12. ГОСТ 33336-2015 «Вина игристые. Общие технические условия». – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.
13. Гержикова, В. Г. (2009). Методы технохимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 304.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕСТА НА КАЧЕСТВО МУЛЬТИЗЕРНОВЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Моисеенко А. Г.

*e-mail: a.zueva@gosniihp.ru*

*Научный руководитель: докт. техн. наук, доцент Мартиросян В. В.*

*Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Мультизерновые хлебобулочные изделия, концентрированная молочнокислая закваска, продукты переработки зерна, цельнозерновая мука, технология*

### АННОТАЦИЯ

В работе исследовали мультизерновые хлебобулочные изделия, приготовленные с применением ускоренного способа тестоприготовления и технологии, предусматривающей внесение концентрированной молочнокислой закваски. Анализ полученных данных, показал, что внесение концентрированной молочнокислой закваски на стадии замеса теста и применение цельнозерновой муки в качестве питательной смеси для ведения закваски способствовало улучшению качества готовых изделий, за счет увеличения кислотности мякиша мультизерновых хлебобулочных изделий на 0,5-4,5 град и содержания ароматических веществ в 1,7-5,7 раза. Также положительным аспектом являлось снижение крошковатости мякиша готовых изделий на 0,5-2,8 % и замедление проявления признаков картофельной болезни при термостатировании мультизерновых хлебобулочных изделиях в провокационных условиях на 36 и 12 часов.

## THE INFLUENCE OF DOUGH PREPARATION METHODS ON THE QUALITY OF MULTIGRAIN BAKERY PRODUCTS

Moiseenko A.G.

*e-mail: a.zueva@gosniihp.ru*

*Supervisor of studies: Martirosyan. V. V.*

*Research Institute of the Bakery Industry, Russian Federation, Moscow*

**KEYWORDS:** *Multigrain bakery products, concentrated lactic acid starter culture, grain processing products, whole grain flour, technology*

### ABSTRACT

The work investigated multigrain bakery products prepared using an accelerated method of dough preparation and technology involving the introduction of concentrated lactic acid starter culture. The analysis of the data obtained showed that the introduction of concentrated lactic acid starter culture at the stage of kneading dough and the use of whole-grain flour as a nutrient mixture for starter culture contributed to improving the quality of finished products by increasing the acidity of the crumb of multigrain bakery products by 0.5-4.5 degrees and the content of aromatic substances by 1.7-5.7 times. Also, a positive aspect was a decrease in the crumbiness of the crumb of finished products by 0.5-2.8% and a slowdown in the manifestation of signs of potato disease when thermostating multigrain bakery products in provocative conditions for 36 and 12 hours.

### 1. Введение

Одной из важных задач пищевой промышленности является обеспечение населения безопасными продуктами питания с повышенной пищевой ценностью. Приоритетным направлением является использование функциональных ингредиентов и видов сырья, обладающих лечебно-профилактическими свойствами с применением технологий их производства, позволяющих сохранить исходные полезные вещества нативного сырья. В рамках этого направления широкое распространение находит разработка технологии и рецептур хлебобулочных изделий с добавлением зерна и продуктов его переработки, предназначенных для питания различных групп населения [1-4].

В производстве хлебобулочных изделий повсеместно используются продукты переработки зерновых культур: гречихи, риса, сои, кукурузы, чечевицы и др. Например в состав гречневой крупы входят важные эссенциальные макро- и микронутриенты: фосфор, калий, железо, медь,



цинк, магний и марганец, а также витамины В1 и РР. В 100 г продукта содержание белков колеблется от 9,5 до 14% [5,6].

В хлебопекарном производстве, как правило, для отделки изделий используются семена масличных культур (семена мака, кунжута, льна, тыквы) и ядра орехов. Эти ингредиенты придают изделиям не только характерный запах и вкус, но и повышают их пищевую и биологическую ценность. Так, например, наличие в рецептуре ржано-пшеничного хлеба семян подсолнечника, льна и кунжута, отличало его повышенным содержанием полиненасыщенной линолевой кислоты (2,6 г), необходимой организму человека для обеспечения нормального роста и обмена веществ [7,8].

Однако применение зерновых продуктов в производстве хлебобулочных изделий, может приводить к снижению их качества, за счет уменьшения удельного объема готовых изделий, ухудшения структурно-механических свойств мякиша, а также контаминации готовой продукции патогенными микроорганизмами вследствие применения необработанного зернового сырья [9].

Таким образом, создание технологий и расширение ассортимента зерновых хлебобулочных изделий повышенной микробиологической чистоты является актуальной задачей.

**Целью работы** являлось исследование влияния способов приготовления теста на качество мультизерновых хлебобулочных изделий.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследований являлись мультизерновые хлебобулочные изделия, рецептурный состав которых ранее разрабатывали с применением методов математического моделирования и аналитического исследования образцов, полученных путем пробных лабораторных выпечек [10]:

– мультизерновой пшеничный хлеб, в состав которого входят: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, мука нутовая цельнозерновая, мука овсяная, мука конопляная, протеин конопли, мука из зеленой гречки цельнозерновая, семена конопли, семена кунжута;

– мультизерновой ржано-пшеничный хлеб, в рецептуру которого включены: мука ржаная цельнозерновая, мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, мука из семян подсолнечника, семена подсолнечника, семена тыквы;

– мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие, ингредиентный состав которого включает: муку пшеничную хлебопекарную первого сорта, муку нуттовую цельнозерновую, муку кунжутную цельнозерновую, семена кунжута;

– мультизерновое хлебобулочное изделие для детского питания, в состав которого включены: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, мука полбяная цельнозерновая, мука ячменная, овсяные хлопья «Геркулес», сухая пшеничная клейковина, семена льна.

В работе исследовали мультизерновые хлебобулочные изделия, выработанные двумя способами:

- с применением ускоренного способа тестоприготовления;
- традиционным способом с внесением концентрированной молочнокислой закваски (далее – КМКЗ) [11].

Ранее проведенными исследованиями подтверждена целесообразность использования в составе КМКЗ цельнозерновой муки и оптимизированы режимы ее ведения. Для этой цели в качестве питательной смеси использовали различные виды цельнозерновой муки (пшеничную, полбяную и ржаную), что позволило получить модифицированную КМКЗ на цельнозерновой муке.

Процесс приготовления КМКЗ состоял из разводочного и производственного циклов. В разводочном цикле для приготовления КМКЗ использовали жидкие чистые культуры молочнокислых бактерий *L.plantarum*-30, *L.casei*-26, *L.brevis*-1, *L.fermenti*-34 [12].

Мультизерновое хлебобулочное изделие для детского питания, мультизерновой пшеничный хлеб, мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие готовили с внесением КМКЗ в количестве 5% , ржано-пшеничный мультизерновой хлеб – 10% к массе муки в тесте, соответственно.

Влажность мультизерновых хлебобулочных изделий определяли по ГОСТ 21094 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности», кислотность – по ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», удельный объем – по ГОСТ 27669 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба», ароматические вещества – путём измерения количества бисульфитсвязывающих соединений (связывание альдегидов и кетонов бисульфитом натрия). Крошковатость мякиша изделий определяли по

методике, разработанной в ФГАНУ НИИХП «Методика определения крошковатости мякиша хлебобулочного изделия СТП-1901».

### 3. Результаты и обсуждение

Качество готовых изделий в основном характеризуется органолептическими и физико-химическими показателями, контроль которых осуществляется в соответствии с действующими методиками и стандартами. Физико-химические показатели качества разработанных мультизерновых хлебобулочных изделий, приготовленных ускоренным способом и с внесением КМКЗ, представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Физико-химические показатели качества мультизерновых хлебобулочных изделий

Мультизерновые хлебобулочные изделия	Наименование показателей				
	Ускоренный способ приготовления теста				
	Удельный объем изделия, см <sup>3</sup> /г	Влажность мякиша, %	Кислотность мякиша, град	Крошко- ватость мякиша, %	Содержание альдегидов, мл 0,1 н. р-ра йода на 100 г сухого вещества
Мультизерновой пшеничный хлеб	1,99	40,9	4,0	3,5	9,46
Мультизерновой ржано- пшеничный хлеб	1,87	42,2	4,0	1,1	8,98
Мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие	2,42	35,4	2,5	4,5	8,84
Мультизерновое хлебобулочное изделие для детского питания	2,38	45,3	3,0	1,5	6,94
<b>Приготовление теста с внесением стандартной КМКЗ</b>					
Мультизерновой пшеничный хлеб	1,81	44,7	4,0	1,2	29,4
Мультизерновой ржано- пшеничный хлеб	2,16	46,8	6,5	1,2	27,42
Мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие	2,74	39,7	3,5	1,8	17,25
Мультизерновое хлебобулочное изделие для детского питания	2,57	47,0	3,5	1,6	17,85
<b>Приготовление теста с внесением модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке</b>					
Мультизерновой пшеничный хлеб	1,45	45,0	4,0	0,6	30,43
Мультизерновой ржано- пшеничный хлеб	1,81	45,4	8,5	0,6	37,88
Мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие	2,63	40,5	3,5	1,7	14,8
Мультизерновое хлебобулочное изделие для детского питания	2,99	47,4	4,0	0,8	39,5

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что низким показателем влажности мякиша отличалось мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие при ускоренном способе тестоприготовления, что, вероятно, обусловлено внесением большого количества сахара и жира при замесе теста, способствующим уменьшению количества воды необходимого для ограниченного набухания белков муки. Так, внесение сахара и сахаросодержащих продуктов оказывает дегидратирующее действие на белковые вещества теста, приводящее к уменьшению осмотически связанной белками воды и переходе ее в жидкую фазу, разжижающую тесто.

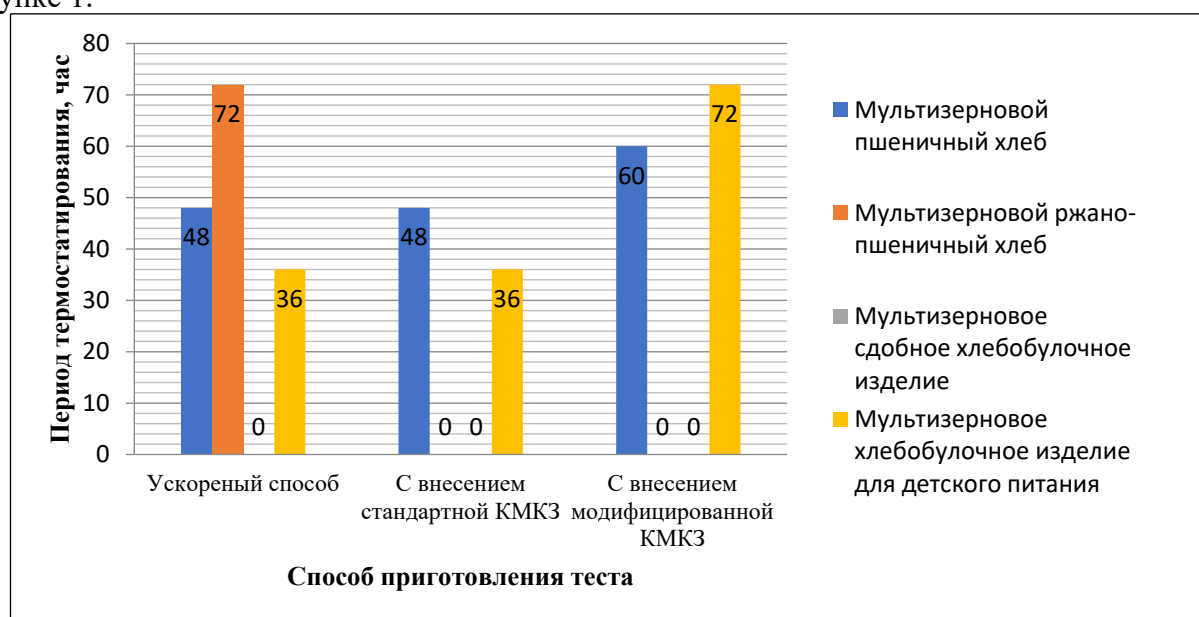
Технологически важным фактором увеличения выхода мультизерновых хлебобулочных изделий, являлось внесение КМКЗ, так как влажность мякиша при этом составляла 40,5 %, что на 5,1% больше, чем при ускоренном способе тестоприготовления. Возможно, это связано со сдвигом pH, обеспечивающим неустойчивость агрегационного равновесия макромолекулы белка, что приводит к повышению гидратационной способности клейковины.

Наибольшим показателем кислотности мякиша характеризовались мультизерновой пшеничный и ржано-пшеничный хлеб. Кислотность хлебобулочных изделий, в основном, обуславливается продуктами, получаемыми в результате спиртового и молочнокислого брожения в тесте. Возможно, при внесении в рецептуру мультизернового пшеничного хлеба дополнительных растительных ингредиентов увеличивается количество питательных веществ, участвующих в процессе брожения и способствующих интенсивному протеканию кислотонакопления в тесте.

При приготовлении теста с внесением стандартной и модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке по сравнению с ускоренным способом кислотность мякиша мультизернового хлебобулочного изделий для детского питания увеличивалась на 0,5 и 1,0 град, ржано-пшеничного хлеба – на 2,5 и 4,5 град, сдобного хлебобулочного изделия – на 1 град, соответственно. Вероятно, это связано с видовым составом КМКЗ, в который входят гомоферментативные и гетероферментативные молочнокислые бактерии, продуцирующие молочную кислоту и летучие органические кислоты (в основном уксусную), что способствует повышению кислотности полуфабрикатов.

Мультизерновой пшеничный хлеб и мультизерновое сдобное хлебобулочное изделие, приготовленные ускоренным способом, обладали повышенной крошковатостью мякиша, значение которой в 5,8-2,6 раз, больше, чем мультизернового пшеничного хлеба и сдобного хлебобулочного изделия, приготовленных с использованием модифицированной КМКЗ, соответственно. Возможно, это связано с более длительным брожением теста, обеспечивающим полное протекание физико-химических и коллоидных процессов при созревании теста.

Исследовано влияние способов приготовления теста на устойчивость мультизерновых хлебобулочных изделий к картофельной болезни. Результаты исследований представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Устойчивость мультизерновых хлебобулочных изделий к картофельной болезни

Согласно данным, представленным на рисунке 1, установлено, что при ускоренном способе приготовления теста, признаки картофельной болезни, в первую очередь очаги свечения в

люминоскопе в мультизерновых хлебобулочных изделиях для детского питания наблюдались через 36 часов, пшеничном хлебе – через 48 часов, ржано-пшеничном хлебе – через 72 часа. Не выявлены признаки картофельной болезни мультизернового сдобного хлебобулочного изделия в течение 120 часов термостатирования. Вероятно, это связано с повышением концентрации сахара в тесте, способствующей увеличению осмотического давления, которое вызывает плазмолиз спорных клеток.

В результате анализа мультизерновых хлебобулочных изделий, приготовленных с внесением стандартной КМКЗ, наличие органолептических признаков картофельной болезни (слабый специфический запах, незначительная липкость мякиша) и светящихся в люминоскопе колоний отмечены в мультизерновом хлебобулочном изделии для детского питания через 36 часов, пшеничном хлебе через 48 часов. Картофельная болезнь мультизернового ржано-пшеничного хлеба и сдобного хлебобулочного изделия через 120 часов термостатирования образцов не обнаружена.

При исследовании мультизерновых хлебобулочных изделий, приготовленных с внесением модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке признаки картофельной болезни были обнаружены в мультизерновом хлебобулочном изделии для детского питания через 72 часа, пшеничном хлебе через 60 часов. Не обнаружены признаки картофельной болезни в результате анализа мультизернового ржано-пшеничного хлеба и сдобного хлебобулочного изделия через 120 часов.

Таким образом, внесение модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке, препятствует развитию спорообразующих бактерий рода *Bacillus*, что позволяет обеспечить повышенную микробиологическую безопасность изделий. Так, по сравнению с изделиями, приготовленными ускоренным способом, картофельная болезнь мультизернового хлебобулочного изделия для детского питания и мультизернового пшеничного хлеба задерживалась на 36 и 12 часов, соответственно. Приготовление теста с внесением КМКЗ предотвратило проявление картофельной болезни мультизернового ржано-пшеничного хлеба в течение 120 часов. Более высокая устойчивость к картофельной болезни мультизерновых хлебобулочных изделий с применением КМКЗ, вероятно, вызвана увеличением количества молочнокислых бактерий, ингибирующих развитие спорной микрофлоры во время брожения теста, а также более высоким значением показателя кислотности мякиша готовых изделий.

#### **4. Выводы**

Проведенные исследования показали, что внесение КМКЗ способствовало повышению кислотности мякиша мультизернового хлебобулочного изделия для детского питания на 0,5-1,0 град, сдобного хлебобулочного изделия на 1,0 град. Показатель кислотности мультизернового ржано-пшеничного хлеба на КМКЗ увеличился по сравнению со значением кислотности хлеба, приготовленного ускоренным способом, на 2,5 и 4,5 град.

Крошковатость мякиша хлебобулочных изделий, наблюдаемая при нарезании изделий, является важным показателем качества, особенно для мультизерновых хлебобулочных изделий, содержащих в своем составе зерно и продукты его переработки. Значение крошковатости мякиша мультизерновых хлебобулочных изделий приготовленных с внесением КМКЗ снижалась на 0,5-2,8 %.

Применение модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке обуславливало увеличение количества ароматических веществ в мультизерновом пшеничном хлебе в 3 раза, ржано-пшеничном хлебе в 4 раза, сдобном хлебобулочном изделии в 1,7 раз, хлебобулочном изделии для детского питания в 5,7 раз. Применение закваски приводило к дополнительному образованию молочной и летучих кислот, а также ароматических органических соединений, образующихся в результате метаболизма молочнокислых бактерий.

Внесение модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке, препятствовало развитию картофельной болезни хлеба. Так, картофельная болезнь мультизернового хлебобулочного изделия для детского питания и мультизернового пшеничного хлеба задерживалась на 36 и 12 часов, соответственно, по сравнению с ускоренным способом. Приготовление теста с внесением КМКЗ предотвратило появление признаков картофельной болезни мультизернового ржано-пшеничного хлеба.

Таким образом, для повышения физико-химических показателей качества разработанных мультизерновых хлебобулочных изделий, их микробиологической безопасности, продления сроков годности целесообразно применение модифицированной КМКЗ на цельнозерновой муке.

### Библиографический список

1. Костюченко, М.Н., Косован, А.П. (2019). Обеспечение качества хлебобулочных изделий – стратегическая задача государства. *Контроль качества продукции*, 9, 8-13.
2. Тутельян, В.А., Никитюк, Д.Б. (2020). Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. *Москва: ГЭОТАР-Медиа*.
3. Кузнецова, Л.И., Дубровская, Н.О., Парахина, О.И. (2015). Повышение качества и пищевой ценности безглютенового хлеба. *Хлебопечение России*, (3), 19-22.
4. Тюрина, И.А., Тюрина, О.Е., Борисова, А.Е., Пешкина, И.П., Жиркова, Е.В., Леонова, И.Б. (2020). Разработка мучных композитных смесей с улучшенным нутриентным составом для здорового питания. *Хлебопечение России*, (1), 29-34. <https://doi.org/10.37443/2073-3569-2020-1-1-29-34>.
5. Захарова, А.С., Козубаева, Л.А., Семенченко, И.С. (2016). Механоактивация в технологии хлеба со смесью круп. *Хлебопродукты*, (2), 50-51.
6. Захарова, А., Козубаева, Л. (2009). Ржано-пшеничный хлеб со смесью круп. *Хлебопродукты*, (12), 44-45.
7. Косован А.П., Дремучева Г.Ф., Поландова Р.Д., Невский А.А, Бабаева Г.П., Карчевская О.Е., Чубенко Т.Н. (2008). Сырье хлебопекарного производства : справочник *Москва : ГНУ ГОСНИИ хлебопекарной пром-сти*.
8. Иванова, Н.Н., Иванов, Д.И., Данилин, С.И., Ильинский, А.С. (2022). Применение семян масличных культур в технологии приготовления пшеничного хлеба. *Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания*, (4), 92-99. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2022-4-92-99>.
9. Моисеенко, А.Г., Мартиросян, В.В., Тюрина, О.Е., Костюченко, М.Н. (2023). Повышение микробиологической безопасности мультизерновых хлебобулочных изделий. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, (2-3), 18-24. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2023.2-3.3>.
10. Моисеенко, А.Г., Мартиросян, В.В., Жиркова, Е.В., Леонова, И.Б., Пьяникова, Э.А. (2022). Биотестирование мультизерновых хлебобулочных изделий. *Достижения науки и техники АПК*, (8), 52-57. [https://doi.org/10.53859/02352451\\_2022\\_36\\_8\\_87](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_8_87).
11. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий. (1989). *Москва : Прейскурантиздат*.
12. Зуева, А.Г., Мартиросян, В.В., Невская, Е.В., Дорофеева, И.А. (2021). Влияние цельнозерновой муки на биотехнологические свойства заквасок в технологии хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*, (4), 43-50. <https://doi.org/10.37443/2073-3569-2021-1-4-43-50>.



## СРАВНЕНИЕ ТРЕХ ЛИНИЙ КРЫС С МОДЕЛЬЮ ИНТРАЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ГЕМАТОМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ

Молдованов Г.Г. \*, Кибиткина А.А.

\*e-mail: moldovanov.gena@mail.ru

Научный руководитель: д.т.н., профессор РАН Федулова Л.В.

Федеральное государственное бюджетное научно учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: неврологический дефицит, открытое поле, гистология, Wistar, Sprague Dawley, ISIAH

### АННОТАЦИЯ

Острые нарушения мозгового кровообращения являются второй причиной смертности и инвалидности во всем мире. Геморрагический инсульт является разновидностью ОНМК, наряду с ишемическим инсультом. Встречаемость данного типа инсульта менее распространена, однако смертность от него в разы превышает смертность от ишемического инсульта. В данной статье проведено исследование оценки степени тяжести неврологического дефицита и микроструктурных изменений ткани головного мозга после моделирования интрацеребральной гематомы крыс Wistar, Sprague Dawley и ISIAH для определения выбора валидной модели с целью изучения диетотерапевтических продуктов, направленных на нейрореабилитацию после перенесенного мозгового кровоизлияния. Выявлены внутривидовые, межвидовые изменения двигательной активности животных на различные сутки, а также патологические и морфофункциональные изменения в тканях головного мозга.

**Финансирование:** Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по Государственному заданию № FNEN-2019-0008 ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

## COMPARISON OF THREE RAT LINES WITH THE MODEL OF INTRACEREBRAL HEMATOMA FOR THE STUDY OF NEUROREHABILITATION

Moldovanov G.G. \*, Kibitkina A.A.

\*e-mail: moldovanov.gena@mail.ru

Supervisor of studies: Fedulova L.V.

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

KEY WORDS: neurological deficit, open field, histology, Wistar, Sprague Dawley, ISIAH

### ABSTRACT

Acute cerebrovascular accidents are the second cause of death and disability worldwide. Hemorrhagic stroke is a type of stroke, along with ischemic stroke. The incidence of this type of stroke is less common, but the mortality from it is several times higher than the mortality from ischemic stroke. In this article, a study was conducted to assess the severity of neurological deficit and microstructural changes in the brain tissue after modeling intracerebral hematoma in Wistar, Sprague Dawley and ISIAH rats to determine the choice of a valid model in order to study dietary therapeutic products aimed at neurorehabilitation after a cerebral hemorrhage. Intraspecific, interspecific changes in the motor activity of animals on different days, as well as pathological and morphofunctional changes in brain tissues were revealed.

**Funding:** The article was prepared as part of research under State Assignment № FNEN-2019-0008 Federal State Budgetary Scientific Institution "V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems" RAS.

## 1. Введение

Острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) является одной из основных причин смертности во всем мире и причиной потери лет жизни с поправкой на инвалидность. Ежегодно от геморрагического инсульта страдает более 2 миллионов пациентов, при этом смертность и инвалидизация по сравнению с ишемическим инсультом выше на 50% и 75% [1].

В настоящее время внимание ученых уделяется разработке специализированных продуктов питания, направленных на коррекцию патологических состояний, в частности, нейрореабилитацию после перенесенного инсульта. При разработке терапевтических стратегий использования специализированных продуктов питания необходимо подтверждение их эффективности, на первых этапах – доклинических исследований на лабораторных животных с моделями патологических состояний [2].

Наиболее часто используемыми в подобных экспериментах лабораторными животными являются крысы, преимущественно стока Wistar – широко распространенных в научных учреждениях России. В работе изучение дието-терапевтических эффектов мясного продукта проведено на крысах стока Wistar с моделью интрацеребральной гематомы. При этом все больше публикаций показывает, что различные виды крыс более восприимчивы к сердечно-сосудистым патологиям и лучше воспроизводят патологические процессы характерные для развития болезни у человека [3,4].

Известно, что крысы ISIAH являющиеся спонтанно гипертензивными и склонными к сердечно-сосудистым патологиям, а крысы Sprague Dawley широко используются для изучения различных пищевых макронутриентов и продуктов [5].

Таким образом, целью являлось определение приемлемого вида лабораторных крыс для изучения нейропротекторных свойств нутрицевтиков и специализированных продуктов питания.

## 2. Материалы и методы

В работе использовались крысы стока Wistar (14 голов), Sprague Dawley (10 голов), линии ISIAH (10 голов). Крыс содержали в клетках из поликарбоната Т-4\2 (Лабораторкорм, Россия) по 4-5 особей. Каждый вид крыс распределяли на интактных животных и опытных.

Опытных животных наркотизировали (в/м, 10 мг/кг Xila (Interchemie werken, De Adelaar, BV, Нидерланды) и 20 мг/кг Zoletil 100 (Virbac, Франция)) и проводили моделирование интрацеребральной гематомы (ИГ) с использованием стереотаксической установки RWD 68025 (Life Science Co., Китай).

Методика проведения операционного вмешательства состояла в следующем: наркотизированное животное располагали спиной кверху на хирургическом столике и фиксировали, для предотвращения высыхания роговицы на глаза накладывали марлевую салфетку смоченную физиологическим раствором (МосФарм, Россия); удаляли шерсть в области сагитального гребня и обрабатывали операционное поле средством «Моноклавит» (Оргполимерсинтез, Россия), сагитально рассекали тканей лобной, теменной и затылочной областей, удаляли надкостницу; в проекции внутренней капсулы просверливали отверстия микробуром RWD 78001 (Life Science Co., Китай) и с помощью иглы канюли (d=0,8 мм) производили деструкцию мозговой ткани мандрен-ножом в области внутренней капсулы правого полушария (координаты Н = 4,0 мм, L = 3,0 мм, AP = 1,5 мм) вращательными движениями по часовой стрелке (5–6 раз) [6,7].

На 1-е, 2-е, 3-и, 4-е и 7-е сутки после операции изучали неврологический статус крыс используя шкалу оценки тяжести инсульта Stroke-index McGrow с модификацией И. В. Ганнушкиной и А.Е. Кульчикова [8]. При значениях от 1 до 5 баллов диагностировали легкую степень поражения головного мозга, от 6 до 9 - среднюю, от 10 до 20 – тяжелую.

Двигательную активность, исследовательское поведение и эмоциональность оценивали в тесте «Открытое поле» типа ринг (OpenScience, Россия) до операции (0-е), 1-е, 3-и и 7-е сутки после операции. Животное помещали в центр арены и в течение трех минут регистрировали количество пройденных квадратов (горизонтальную двигательную активность); количество вертикальных стоек (вертикальную двигательную активность); количество актов заглядывания в отверстия поля («норковый рефлекс»); количество актов замирания (от 3 сек). После тестирования каждого животного арену очищали дезинфицирующим средством.

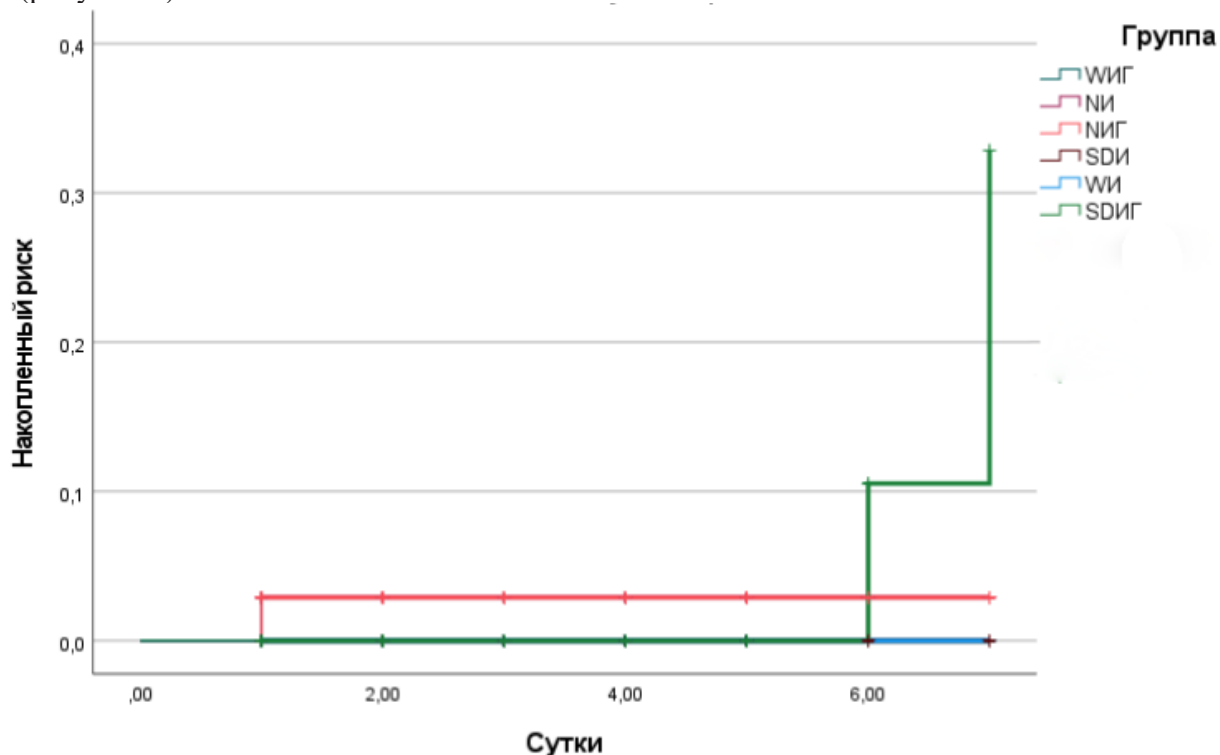
Для гистологического исследования отбирали кусочки головного мозга размером 5\*5 мм, фиксировали в 10% забуференном формалине (БиоВитрум, Россия) и пропитывали парафином

Histomix (БиоВитрум, Россия) с использованием процессора Tissue-Tek (Sakura Seiki Co., Ltd., Япония) по стандартному протоколу. Далее готовили парафиновые блоки, срезы толщиной 8 мкм получали с помощью микротомы HM 315 (Micom GmbH, Германия). Окрашивание срезов производилось по методике Ниссля толуидиновым синим. Анализ гистологических препаратов проводили на микроскопе Axio imager a1 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия) с использованием ПО AxioVision.

Результаты наблюдения обрабатывали в пакете программ Excel 2013 и Statistica 10.1 данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения. Двусторонний тест ANOVA (для признаков с нормальным распределением) проводили для выявления взаимосвязи факторов «сток/линия» и «модель ИГ». Для признаков, не удовлетворяющих условиям нормального распределения: критерий Манна-Уитни рассчитывали для 2 независимых выборок, для расчета зависимых групп использовали критерий Вилкоксона. Анализ выживаемости осуществлялся определением функции риска по Каплану-Майеру.

### 3. Результаты и обсуждения

В течение эксперимента отмечена гибель крыс, у которых воспроизводили ИГ: одно животное ISIAH погибло на 7-е сутки, в группе Sprague Dawley гибель крыс выявлена на 6-е и 7-е сутки (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Риск гибели крыс при моделировании интрацеребральной гематомы по Каплану-Майеру. Условные обозначения: WIG –Wistar с моделью ИГ; WI – Wistar интакт; NIG – ISIAH с ИГ; NI – ISIAH интакт; SDIG – Sprague Dawley с моделью ИГ; SDI – Sprague Dawley интакт.

При анализе результатов оценки неврологического дефицита двусторонним ANOVA-тестом установлено наличие взаимосвязи стока/линии животных и ИГ на показатель суммарного балла неврологического дефицита на 7-е сутки ( $F=4,32$ ;  $p=0,02$ ).

У опытных крыс Wistar отмечено снижение суммарного балла выраженности неврологического дефицита (таблица 1): на 3-и сутки на 36%  $p=0,04$ , на 4-е сутки на 41% ( $p=0,07$ ), (у 3-х животных наблюдались высокие показатели суммарного балла). В группе опытных крыс Sprague Dawley выявлена тенденция к снижению тяжести неврологического дефицита: на 7-е сутки на 48% ( $p=0,08$ ) относительно 1-х суток. У крыс ISIAH опыт суммарный балл выраженности неврологического дефицита граничил между средней тяжелой степенью. ( $p=0,1$ ).

**Выраженность неврологического дефицита у крыс с моделью ИГ**

Сутки	Wistar	Sprague Dawley	ISIAH
1	8,2±0,5 <sup>#</sup>	7,4±0,5 <sup>#</sup>	7,8±0,6 <sup>#</sup>
2	7,1±0,7 <sup>#</sup>	7,8±0,7 <sup>#</sup>	10,3±1,0 <sup>#</sup>
3	5,3±0,5 <sup>*#</sup>	6,0±0,7 <sup>#</sup>	7,3±0,7 <sup>#</sup>
4	4,8±0,5 <sup>#</sup>	6,8±0,5 <sup>#</sup>	8,0±0,8 <sup>#</sup>
7	5,3±0,6 <sup>#</sup>	4,0±0,5	10,0±0,9 <sup>#</sup>

Примечание: \* - отличие от 1-х суток при  $p \leq 0,05$ ; # - отличие от интактных при  $p \leq 0,05$

У опытных крыс Wistar, Sprague Dawley и ISIAH относительно интактных крыс неврологический дефицит проявлялся на 1-е сутки на 82% ( $p < 0,01$ ), 84% ( $p = 0,01$ ), 94% ( $p = 0,04$ ); 2-е сутки 98% ( $p < 0,01$ ), 79% ( $p = 0,01$ ), 100% ( $p = 0,04$ ); 3-и сутки 92% ( $p < 0,01$ ), 73% ( $p = 0,01$ ), 100% ( $p = 0,02$ ); 4-е сутки 94% ( $p < 0,01$ ), 82% ( $p = 0,01$ ), 93% ( $p = 0,04$ ) соответственно. На 7-е сутки статистические изменения отмечены у крыс Wistar (94%,  $p < 0,01$ ) и ISIAH (94%,  $p = 0,04$ ).

После воспроизведения интрацеребральной гематомы у всех оперированных крыс снижалась горизонтальная активность, вертикальная и эмоциональная активность (Табл. 1).

Оценка результатов теста Открытое поле также показала воздействие факторов «линия/сток» и «модель ИГ» на показатели вертикальной активности на 1-е сутки ( $F = 5,10$ ;  $p = 0,01$ ) и горизонтальной активности 7-е сутки ( $F = 3,71$ ;  $p = 0,04$ ).

Результаты теста «Открытое поле» на 0 сутки выявили, что у крыс стока Wistar с ИГ были увеличены показатели норкового рефлекса на 48% ( $p = 0,03$ ) и замирения на 62 % ( $p = 0,05$ ) относительно показателей крыс Sprague Dawley с ИГ; также показатели вертикальной активности были выше на 50 % ( $p = 0,03$ ), чем у животных ISIAH с ИГ. При этом у крыс Sprague Dawley горизонтальная активность и количество актов норкового рефлекса была выше на 32% ( $p = 0,04$ ) и на 37 % ( $p = 0,007$ ) относительно крыс ISIAH.

Относительно 0 суток у крыс Wistar на 1-е сутки после операции отмечено снижение двигательной (горизонтальной на 37% и вертикальной на 66% при  $p = 0,03$ ) и исследовательской активностей (количество замираний снижалось на 48% ( $p = 0,04$ ), актов норкового рефлекса – на 53% ( $p = 0,02$ )). На 3-и и 7-е сутки у крыс выявлено снижение вертикальной активности на 85% и на 67% ( $p = 0,03$ ), на 7-е сутки также отмечалось снижение количества заглядываний на 68% ( $p = 0,03$ ). Относительно интактных крыс Wistar у крыс с моделью выявлено: на 1-е сутки – снижение горизонтальной (на 39%,  $p = 0,04$ ), вертикальной (на 56%,  $p = 0,02$ ) активностей и актов норкового рефлекса (на 28%,  $p = 0,02$ ). На 3-и и 7-е сутки статистически значимых различий выявлено не было.

У крыс Sprague Dawley на 1-е, 3-и и 7-е сутки выявлено снижение горизонтальной активности на 94% ( $p = 0,07$ ), 64% ( $p = 0,04$ ), 82% ( $p = 0,04$ ) относительно 0-х суток; на 3-и сутки – снижение вертикальной активности на 93% ( $p = 0,04$ ); на 7-е сутки снижение стоек на 91% ( $p < 0,01$ ) и норкового рефлекса на 44% ( $p = 0,05$ ). Относительно интактных крыс Sprague Dawley у крыс с моделью отмечено достоверное снижение горизонтальной на 79% ( $p = 0,02$ ) и вертикальной на 94% ( $p < 0,01$ ) активностей на 7-е сутки эксперимента.

При сравнении результатов теста Открытое поле для крыс ISIAH отмечено снижение вертикальной активности на 1-е и 3-и сутки на 64% ( $p = 0,03$ ) и на 7-е сутки на 68% ( $p = 0,04$ ) относительно 0-х суток. Относительно интактных крыс значимых изменений не выявлено.

Крысы Wistar с моделью демонстрировали большую двигательную активность по сравнению с крысами Sprague Dawley: на 3-и сутки после операции увеличивались показатели горизонтальной (на 37%,  $p = 0,05$ ) и вертикальной (на 81 %,  $p = 0,04$ ) активности и количество замираний на 52% ( $p < 0,01$ ), на 7-е сутки увеличивалось количество стоек на 91% ( $p = 0,01$ ), количество актов замирения - на 81 % ( $p < 0,01$ ). Относительно показателей ISIAH у крыс Wistar было увеличено количество замираний на 65% ( $p < 0,01$ ) на 3-и сутки (таблица 2).

Интересно отметить, что у интактных крыс трех анализируемых видов наблюдалось снижение показателей двигательной активности на 1-е и 3-и сутки, что связано со снижением интереса к установке.

## Ориентировочно-исследовательское поведение крыс в тесте «Открытое поле»

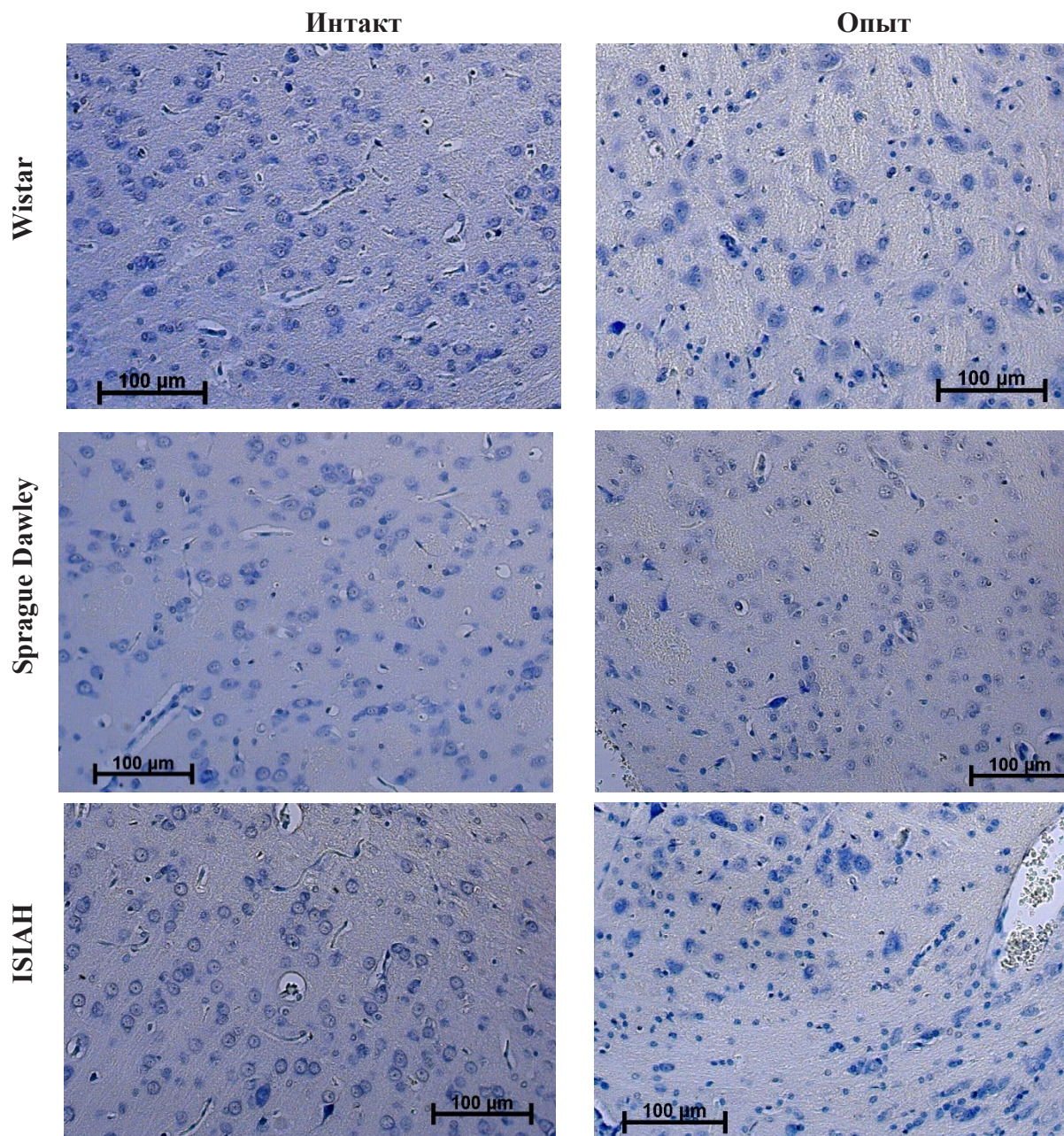
пп	Показатели активности	Wistar		Sprague Dawley		ISIAN	
		И	ИГ	И	ИГ	И	ИГ
0 сутки	Горизонтальная активность	41,0±3,1	41,0±14,8	46,8±10,3	51,6±16,2	31,9±2,5	29,0±12,1
	Вертикальная активность	18,7±6,2	14,3±3,2	13,2±3,8	16,9±8,5	9,4±3,6	6,2±3,7
	Норковый рефлекс	4,6±3,6	5,0±3,6	2,4±1,1	3,6±1,2	2,4±2,1	2,4±0,9
	Замирание	4,71±1,9	4,3±1,8	2,2±1,6	1,3±0,9	4,0±0,7	3,6±3,1
1 сутки	Горизонтальная активность	41,7±7,1	<b>25,6±17,1*#</b>	54,2±16,9	34,2±12,7	17,5±4,8	22,7±14,0
	Вертикальная активность	11,3±1,3	<b>5,0±3,1*#</b>	6,2±4,1	5,2±2,0	1,7±0,8	<b>2,7±1,3*</b>
	Норковый рефлекс	3,6±3,7	<b>2,6±1,3*#</b>	4,0±1,8	4,6±2,6	2,2±1,5	3,7±2,2
	Замирание	4,0±2,9	<b>2,0±1,6*</b>	0,8±0,4	1,2±0,5	5,2±2,0	5,5±2,5
3 сутки	Горизонтальная активность	24,6±18,0	29,0±18,1	29,0±5,0	<b>18,4±4,1*</b>	32,0±9,6	33,2±18,3
	Вертикальная активность	5,4±2,8	<b>6,3±4,6*</b>	3,2±1,3	<b>1,2±0,4*</b>	2,7±2,7	<b>2,8±1,0*</b>
	Норковый рефлекс	2,0±1,8	2,9±1,4	6,4±1,8	4,0±1,3	7,7±3,3	3,7±1,1
	Замирание	4,1±2,4	4,6±0,8	3,0±2,1	2,2±0,8	3,7±0,9	2,0±0,8
7 сутки	Горизонтальная активность	24,7±17,0	23,6±11,6	47,0±23,0	<b>16,7±3,7*#</b>	39,0±6,0	29,0±8,9
	Вертикальная активность	4,7±3,4	<b>4,7±3,9*</b>	6,2±2,3	<b>1,5±0,5*#</b>	7,0±3,8	<b>2,5±1,4*</b>
	Норковый рефлекс	1,71±1,70	<b>1,6±0,9*</b>	9,2±6,5	<b>2,0±0,4*</b>	9,2±2,06	6,0±2,9
	Замирание	4,1±2,1	6,4±2,6	2,2±1,1	2,0±0,5	5,7±0,9	4,5±2,6

Примечание: И – интактные животные; ИГ – крысы с моделью интрацеребральной гематомы; \* - отличие от 0-х суток при  $p \leq 0,05$ ; # - отличие от интактных крыс при  $p \leq 0,05$

Гистологическое исследование тканей головного мозга крыс с моделью ИГ выявило набухание нейронов с явлениями кариолизиса, нейроцитоллизиса, большое количество «тающих нейроцитов» и клеток-теней, увеличение периваскулярного пространства у крыс всех видов через 7 суток после моделирования ИГ (рисунки 2).

У крыс стока Wistar описанные изменения были наиболее выраженными. Ткани крыс Sprague Dawley и ISIAN характеризовались наличием пустот различной формы и величины, в некоторых случаях, заполненных эритроцитами. У интактных крыс ISIAN наблюдается небольшое набухание нейроцитов, которое может быть следствием повышенной гипертензии, характерной для данной линии крыс.





#### 4. Выводы

По результатам анализа риска по Каплану-Майеру полная выживаемость после ИГ отмечена у крыс Wistar, единичная гибель наблюдалась у крыс ISIAH и у 2 животных Sprague Dawley. При оценке неврологического дефицита наибольшая выраженность наблюдалась у крыс ISIAH и имела синусоидообразную тенденцию к концу исследования, однако двигательная активность и эмоциональность были малорепрезентативными. У крыс Sprague Dawley неврологический дефицит имел тенденцию к спаду, в то время как достоверные изменения активности в «Открытом поле» проявлялись ближе к 7-м суткам эксперимента. Показатели неврологического дефицита, двигательной активности и эмоциональности были самыми выраженными и достоверными у крыс Wistar. Оценка ткани головного мозга показала, что патологические изменения сильнее проявлялись у крыс Wistar и ISIAH, однако отмечено, что у интактных крыс ISIAH наблюдалось небольшое набухание нейронов, в отличие от крыс Wistar. Из вышеперечисленного следует, что крысы Wistar являются наиболее показательной и стабильной моделью при исследовании функций мозга.

#### Библиографический список

1. Щукри А.А., Ноговицина Е.М. (2022). Развитие нейрохирургии геморрагического инсульта на современном этапе. *Саратовский научно-медицинский журнал*, 2, 206–214.
2. Федулова Л.В. (2019, 30-31 октября). Методы оценки эффективности функциональных и специализированных продуктов в биологических опытах на животных. *Функциональные*

продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления. Сборник докладов III Международной научно-практической конференции, Москва, Россия, 59–62.

3. Василевская Е.Р., Молдованов Г.Г. Купаева Н.В., Пчелкина В.А., Федулова Л.В. (2022, 29 мая–8 июня). Модель аутогеморрагического инсульта in vivo: изучения эффективности продукта для энтерального питания на мясной основе. *Новые технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии*. Статья в сборнике трудов конференции, Гурзуф, Россия, 46–52.

4. Singh A. et al. (2019). Host genetics and diet composition interact to modulate gut microbiota and predisposition to metabolic syndrome in spontaneously hypertensive stroke-prone rats. *FASEB J*, 33(6), 6748–6766.

5. Цырлин В.А., Кузьменко Н.В., Плисс М.Г. (2018). Артериальная гипертензия и когнитивные нарушения: причины и механизмы возникновения. *Артериальная гипертензия*. 24(5), 496–507.

6. Макаренко А.Н., Косицин Н.С., Пасикова Н.В., Свинов М.М. (2002) Метод моделирования локального кровоизлияния в различных структурах головного мозга у экспериментальных животных. *Журнал высшей нервной деятельности*, 52(6), 765–768.

7. Vasilevskaya E. Makarenko A. et al. (2021). Local Experimental Intracerebral Hemorrhage in Rats. *Biomedicines*, 9(6), 585.

8. Федулова Л.В. Теоретическая обоснованность и практическая эффективность комплексного подхода к исследованиям специализированных пищевых продуктов: 05.18.04 Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств: *Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук*/ Федулова Лилия Вячеславовна; Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова. - Москва, 2021. 361 с. Библиогр.: с 158-165. - Место защиты: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова. - Текст: непосредственный



## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ НА ОБЩУЮ АНТИОКСИДАНТНУЮ ЕМКОСТЬ ШЕЛУХИ ЛУКА РЕПЧАТОГО

Нестерова М.Д.\*<sup>1,2</sup>, Купаева Н.В.<sup>1</sup>

*e-mail: m.nesterova@fncps.ru*

*Научный руководитель: Купаева Н.В.*

<sup>1</sup>*Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Московский политехнический университет, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *растительные антиоксиданты, механизмы НАТ и SET, ORAC, FRAP, DPPH, концентрация этанола*

### АННОТАЦИЯ

Антиоксиданты – соединения, необходимые как для поддержания нормального функционирования отдельных клеток и организма в целом, так и для продления сроков хранения продуктов питания. В настоящее время поиск новых источников растительных АО, их изучение и разработка новых технологий с их использованием является актуальной задачей, так как синтетические АО могут негативно влиять на здоровье человека. Объектом исследования являлась шелуха желтого репчатого лука, обладающего высокой общей антиоксидантной емкостью (ОАЕ) и содержащего кверцетин в большом количестве. Целью работы является изучение влияния предварительной промывки с последующей сушкой и различной концентрации этилового спирта (40, 70 и 96%) на ОАЕ экстрактов шелухи лука для подбора наиболее оптимальных и эффективных условий извлечения антиоксидантов, которую определяли методами Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC), радикала DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Наибольшее значение ОАЕ наблюдалось у этанольного экстракта шелухи лука приготовленного с использованием нативного сырья и 70% этанола, что составило  $26,67 \pm 1,18$ ;  $10,03 \pm 0,12$ ;  $2,21 \pm 0,02$  ммоль-экв. кверцетина / л по методам ORAC, FRAP, DPPH, соответственно. Также было выявлено, что условия экстрагирования по-разному влияют на выход АО, в зависимости от их механизма действия, что делает необходимым измерение ОАЕ всеми методами при подборе параметров приготовления экстрактов в случае новых образцов.

**Финансирование:** статья опубликована в рамках темы исследования № FNEN 2019-0008 государственного задания Федерального исследовательского центра пищевых систем им. В.М. Горбатова.

## THE EFFECT OF ALCOHOL CONCENTRATION AND HEAT TREATMENT ON THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF ONION HUSK EXTRACT

Nesterova M.D.\*<sup>1,2</sup>, Kupaeva N.V.<sup>1</sup>

*e-mail: m.nesterova@fncps.ru*

*Supervisor of studies: Kupaeva N.V.*

<sup>1</sup>*V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *plant antioxidants, antioxidant capacity, onion husk*

### ABSTRACT

Antioxidants are compounds necessary both for maintaining the normal functioning of individual cells and the body as a whole, and for extending the shelf life of food. Currently, the search for new sources of plant AO, their study and the development of new technologies using them is an urgent task, since synthetic AO can negatively affect human health. The object of the study was the husk of yellow onions, which has a high total antioxidant capacity (OAE) and contains quercetin in large quantities. The aim of the work is to study the effect of pre-washing with subsequent drying and different concentrations of ethanol (40, 70 and 96%) on the OAE of onion husk extracts to select the most optimal and effective conditions for the extraction of antioxidants, which was determined by the

methods of Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC), radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). The highest value of OAE was observed in the ethanol extract of onion husk prepared using native raw materials and 70% ethanol, which amounted to  $26.67 \pm 1.18$ ;  $10.03 \pm 0.12$ ;  $2.21 \pm 0.02$  mmol-eq. quercetin / l according to the methods of ORAC, FRAP, DPPH, respectively. It was also revealed that the extraction conditions affect the yield of AO in different ways, depending on their mechanism of action, which makes it necessary to measure the OAE by all methods when selecting the parameters for the preparation of extracts in the case of new samples.

**Funding:** This article is published as part of the research topic No. FNEN-2019–0008 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems.

## 1. Введение

Антиоксидантами (АО) называют соединения, способные препятствовать реакциям окисления путем переноса электрона (механизм SET- single electron transfer) или водорода (механизм НАТ-hydrogen atom transfer) к свободным радикалам (СР), обладающие повышенной реакционной способностью [1]. Несмотря на широкое разнообразие СР, наибольший интерес представляют активные формы кислорода (АФК), которые являются обязательной составляющей нормального функционирования клеток и организма [2]. Значительное увеличение концентрации АФК приводит к окислительному повреждению белков, липидов и ДНК, что в последствии повышает риск развития различных социально значимых заболеваний [3]. Однако, в организме существует антиоксидантная система, блокирующая образование высокоактивных свободных радикалов. Так, для нормального функционирования антиоксидантной системы организма человеку необходимо ежедневно получать экзогенные антиоксиданты, источником которых являются продукты питания [4].

Окислительные процессы происходят не только в организме, но и в продуктах питания. Под действием кислорода воздуха, тепла и света во многих продовольственных товарах протекают окислительные процессы, которые ведут к порче продуктов питания. Наибольшему окислительному воздействию при хранении подвергаются мясные продукты, так как они характеризуются высоким содержанием белков и жиров, которые наиболее подвержены окислительным модификациям. В ходе протекания таких реакций-модификаций образуются соединения, оказывающие негативное влияние на качество, пищевую ценность и органолептические показатели продуктов питания [5]. Таким образом, антиоксиданты являются значимой многофункциональной составляющей продовольственных товаров.

Для ингибирования окислительных процессов, протекающих в продуктах питания при переработке сырья и производстве товаров, используют антиокислители синтетического и природного происхождения. В настоящее время использование синтетических антиокислителей приоритетно, так как они обладают более высокой стабильностью и производительностью, низкой стоимостью и широкой доступностью, чем натуральные. Несмотря на то, что синтетические АО широко используются в пищевой промышленности, существует большое количество исследований, указывающих на негативное влияние антиокислителей на здоровье человека [6]. В связи с чем поиск новых источников растительных АО, их изучение и разработка новых технологий с их использованием является актуальной задачей как ученых, так и производителей.

Представители рода *Allium* относятся к пищевым растениям, обладающим уникальным комплексом БАВ с широким спектром физиологического действия. По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), репчатый лук и чеснок являются одними из самых культивируемых овощей в мире [7]. Известно, что ежегодно при переработке лука образуется от 5,0-9,0 до 21,6-29,9 % от веса сырья отходов, основная составляющая которых – шелуха [8]. Количество образующихся отходов зависит от размера луковиц и способа очистки и составляет примерно 3,66–21,9 млн т в год. Известно, что шелуха репчатого лука содержит большое количество АО, в частности фенольных соединений, а именно кверцетина и его гликозидов [10]. Так, шелуха лука является перспективным объектом для изучения и подбора оптимальных условий экстрагирования АО.

Известно, что подбор параметров экстракции является важной составляющей технологического процесса по извлечению БАВ и влияет на экономическую составляющую в промышленном производстве. Для извлечения антиоксидантов из растительного сырья,

традиционно применяют разнообразные способы экстракции. Наиболее подходящим является использование органических растворителей, таких как метанол, этанол, эфиры и др., так как данные экстрагенты обеспечивают более надежную антибактериальную и антирадикальную активность [11]. Зачастую загрязненное растительное сырье нуждается в предварительной промывке для очистки объекта исследования перед экстракцией. Однако, данная манипуляция может влиять на выход экстрагируемых веществ.

Таким образом, целью данной работы являлось определение влияния предварительной промывки с последующей сушкой и различной концентрации этилового спирта (40, 70 и 96%) на общую антиоксидантную емкость (ОАЕ) конечных экстрактов шелухи репчатого лука для подбора наиболее оптимальных и эффективных условий извлечения антиоксидантов. Оценку выхода АО из сырья осуществляли измерением ОАЕ полученных экстрактов современными аналитическими методами Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) и метода свободного радикала DPPH, позволяющих учесть различные механизмы действия АО.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Приготовление растительных экстрактов

Экспериментальные образцы шелухи желтого репчатого лука (*Allium cepa*) были приобретены в сетевом магазине «ВкусВилл» (Россия) весной 2023 года. Для изучения влияния промывки с последующей сушкой и концентрации спирта сырьё делили пополам. Одну часть шелухи дважды промывали дистиллированной водой, лишнюю влагу убирали с помощью нетканого полотенца, затем сушили в кухонном духовом шкафу при температуре  $40 \pm 5$  °С, измельчали (размером менее 5 мм), а вторую часть образца сразу измельчали (размером менее 5 мм). Для изучения влияния условий экстрагирования на ОАЕ, обработанную и нативную шелуху смешивали с 40%, 70% и 96% этанолом, настаивали в течение 24 ч при температуре  $22 \pm 2$  °С при периодическом встряхивании. Затем экстракты фильтровали через бумажный складчатый фильтр ГОСТ 12026-76 и хранили в герметичных темных бутылках в холодильнике при температуре 4°С до использования. Название полученных экстрактов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наличие предварительной обработки сырья	Концентрация спирта, %		
	40	70	96
Есть	40А	70А	96А
Нет	40В	70В	96В

### 2.2. Определение ОАЕ методом ORAC

Определение ОАЕ экстрактов проводили методом ORAC для изучения выхода АО, действующих по механизму НАТ, на Fluoroskan Ascent FL (Thermo labsystems, Финляндия) с использованием черных 96-луночных планшетов в соответствии с методикой [10]. В лунки вносили 30 мкл экстракта или фосфатного буфера для учета контрольной пробы и 200 мкл 0,5 мкМ флуоресцеина натрия (Sigma-aldrich, USA). Затем планшет закрывали пленкой и помещали в прибор на 30 мин для инкубации при 37°С. По истечении времени, в каждую лунку добавляли 30 мкл 153 мкМ ААРН (Aldrich Chemistry, USA) и проводили измерения при 37°С в течение 60 мин с интервалом считывания величины флуоресценции 5 мин. Использовали две длины волны: 485 нм для возбуждения и 535 нм для измерения эмиссии флуоресценции. ОАЕ образцов считали по градуировочному графику ( $R^2 \geq 0,9956$ ), для построения которого использовали кверцетин (Sigma-aldrich, India) в диапазоне концентраций 1 – 14 мкМ. В зависимости от активности исследуемых образцов экстракты разбавляли фосфатным буфером (образцы 40А, 40В, 70А, 70В – в 1500 раз, 96А и 96В – в 800 раз). ОАЕ образцов выражали в ммоль-экв. кверцетин / л экстракта.

### 2.3. Определение ОАЕ методом FRAP

ОАЕ экстрактов методом FRAP определяли на спектрофотометре СФ-2000 (Спектр, Россия) в соответствии с методикой [12] для учета АО, обладающих хелатирующими свойствами. Данный фотометрический метод основан на реакции восстановления окисной



формы железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) в составе трипиридилтриазинового комплекса  $\text{Fe(III)(TPTZ)}_2$  [13]. В день эксперимента готовили реактив FRAP путем смешивания 0,3 М ацетатного буфера (pH 3,6), 10 мМ раствора фотометрического реагента – TPTZ (Acros Organics, China), растворенного в 40 мМ соляной кислоты, и 20 мМ водного раствора хлорида железа (III) (PanReac AppliChem, Spain) в соотношении 10:1:1, соответственно. Для проведения анализа в пробирку вносили 1,45 мл реактива FRAP и 50 мкл образца или дистиллированной воды для измерения контрольной пробы. Реакционную смесь инкубировали в течение 30 мин при 37 °С в темноте. По истечении времени регистрировали оптическую плотность при длине волны 594 нм. ОАЕ образцов считали по градуировочному графику ( $R^2 \geq 0,9977$ ), для построения которого использовали 5 точек кверцетин (Sigma-aldrich, India) в диапазоне концентраций 140 мкМ – 300 мкМ, и выражали в ммоль-экв. кверцетина / л экстракта. Исследуемые образцы разводили дистиллированной водой в 100 раз.

#### 2.4. Определение ОАЕ методом свободного радикала DPPH

ОАЕ образцов определяли в этанольных экстрактах методом DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) для измерения ОАЕ в отношении азотосодержащих СР. Исследования проводили на спектрофотометре СФ-2000 в соответствии с методикой [14]. Перед проведением эксперимента из 1 мМ стокового раствора готовили рабочий раствор радикала DPPH (ChemCruz, Santa Cruz Biotechnology, USA), оптическая плотность которого при 517 нм составила 0,9992. Для определения ОАЕ к 1,45 мл 100 мкМ этанольному раствору DPPH добавляли 50 мкл экстракта или этанола в качестве контрольной пробы. Реакционную смесь инкубировали в темноте в течение 30 мин при температуре  $22 \pm 2$  °С. Затем регистрировали оптическую плотность при длине волны 517 нм, используя в качестве холостой пробы 96% этанол. Исследуемые образцы разводили 96% этиловым спиртом в 16 раз. ОАЕ образцов считали по градуировочному графику ( $R^2 \geq 0,9966$ ), для построения которого использовали 5 точек кверцетин (Sigma-aldrich, India) в диапазоне концентраций 100-250 мкМ и выражали в ммоль-экв. кверцетина / л экстракта.

#### 2.5. Математическая обработка

Все измерения проводили в четырех повторах и выражали в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $m \pm SD$ ). Расчеты проводили с использованием программы Microsoft Excel. Оценку влияния факторов (фактор А – наличие или отсутствие предварительной промывки сырья с сушкой, фактор В – концентрация спирта) на значение ОАЕ экстрактов производили с помощью двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями с использованием функции "Анализ данных" в программе Microsoft Excel. Уровень значимости  $\alpha = 0,05$ .

### 3. Результаты и обсуждение

В ходе работы были измерены ОАЕ всех экстрактов шелухи лука репчатого тремя разными методами. Для оценки потерь ОАЕ за счет предварительной промывки сырья были рассчитаны разницы значений емкостей между обработанным и нативным сырьем ( $\Delta\text{BA}$ ). Полученные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Название образца	Значения ОАЕ экстрактов шелухи лука					
	ОАЕ, ммоль-экв. кверцетина / л экстракта					
	ORAC	$\Delta\text{BA}_{\text{ORAC}}$	FRAP	$\Delta\text{BA}_{\text{FRAP}}$	DPPH	$\Delta\text{BA}_{\text{DPPH}}$
40А	20,12 ± 0,9	7,97	5,61 ± 0,09	2,44	2,34 ± 0,03	-0,38
40В	28,09 ± 1,94		8,05 ± 0,09		1,96 ± 0,03	
70А	23,01 ± 1,78	3,66	7,32 ± 0,13	2,71	2,21 ± 0,02	-0,31
70В	26,67 ± 1,18		10,03 ± 0,12		1,90 ± 0,03	
96А	8,73 ± 0,21	3,2	2,78 ± 0,04	0,94	1,21 ± 0,02	-0,02
96В	11,93 ± 0,25		3,72 ± 0,07		1,19 ± 0,01	

Было установлено, что наибольшей  $\text{OAE}_{\text{ORAC}}$  обладал экстракт, не подвергающийся предварительной очистке и приготовленный с использованием 40% и 70% этанола, превышая аналогичное значение экстракта с обработкой на 28,4% и 13,7%, соответственно. В случае определения ОАЕ методом FRAP – наименьшим значением обладали экстракты 96А и 96В, а наибольшим 70В. Полученное значение  $\text{OAE}_{\text{FRAP}}$  экстракта 70В превышает аналогичные значения экстракта с предварительной обработкой (70А) на 27%. При определении ОАЕ

методом DPPH разница при использовании 40 и 70% этанола была незначительна, а экстракты, приготовленные на 96% этаноле, уступали экстрактам 40А, 40Б, 70А и 70Б примерно на 53%.

По полученным данным было установлено, что при использовании 40% и 70% этанола в качестве экстрагента, выход антиоксидантов из необработанного сырья выше, чем из сырья, предварительно подвергнутого промывке и сушке. Было показано, что использование 40% и 70% спирта позволяет извлечь значительно большее количество биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, чем применение высококонцентрированного спирта. На основании экспериментальных данных было отмечено, что выбранные условия экстрагирования (наличие предварительной обработки и концентрация спирта) по-разному влияют на ОАЕ экстрактов в зависимости от механизма действия извлекаемых АО. Так, в случае метода ORAC увеличивается значение ОАЕ с уменьшением концентрации спирта, при этом разница между ОАЕ экстрактов из нативного и обработанного сырья возрастает. При определении ОАЕ методом FRAP, то есть веществ, обладающих свойством хелатирования ионов металлов, и действующих по механизму SET, было установлено, что наибольший выход АО наблюдается при использовании нативного сырья и 70% этанола. Кроме того, величина  $\Delta V_{FRAP}$  практически не отличается при использовании 40% и 70% этанола и значительно выше, чем в случае 96% спирта. При изучении экстрактов шелухи лука репчатого, было выявлено, что предварительная промывка не способствует уменьшению ОАЕ, определенной методом DPPH, а снижение концентрации спирта до 70% и 40% увеличивает значения  $OAE_{DPPH}$  в сравнение с 96% этанолом примерно в 1,83 и 1,93 раза, соответственно. Таким образом, был сделан вывод, что при подборе условий экстрагирования АО из растительного сырья важно учитывать область и цель дальнейшего использования извлекаемых веществ, так как при варьировании параметров экстрагирования можно изменить количество антиоксидантов, действующих по разным механизмам нейтрализации СР.

При проведении двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями были определены экспериментальные и табличные значения критерия Фишера ( $F_{набл}$  и  $F_{кр}$ ) для каждого условия (наличие предварительной обработки – фактор А и концентрация спирта – фактор В) и их взаимодействия. Полученные значения отражены в таблице 3.

Таблица 3

Значения критерия Фишера для факторов А, В и их взаимодействия						
Фактор	ORAC		FRAP		DPPH	
	$F_{набл}$	$F_{кр}$	$F_{набл}$	$F_{кр}$	$F_{набл}$	$F_{кр}$
А	29,78	4,41	2242,10	4,41	194,80	4,41
В	342,50	3,55	6101,61	3,55	1522,44	3,55
АВ	38,99	3,55	421,40	3,55	45,31	3,55

*фактор А – наличие или отсутствие предварительной промывки сырья с сушкой, фактор В – концентрация спирта*

По результатам математической обработки экспериментальных данных было установлено, что все экспериментальные критерии Фишера больше табличных, что свидетельствует о статистически значимом влиянии как предварительной промывки сырья с сушкой, так и концентрации спирта на выход различных АО, а именно на ОАЕ, причем в независимости от метода определения.

#### 4. Выводы

В ходе работы тремя современными методами были измерены ОАЕ экстрактов шелухи лука, которые были приготовлены с варьированием концентраций спирта и предварительной очистки сырья. Наибольшие значения общих антиоксидантных емкостей, определенных методами ORAC, FRAP, DPPH, были установлены для 70% этанольного экстракта шелухи желтого репчатого лука и составили  $26,67 \pm 1,18$ ;  $10,03 \pm 0,12$ ;  $2,21 \pm 0,02$  ммоль-экв. кверцетина / л, соответственно. Было выявлено, что при использовании нативного сырья шелухи лука репчатого выход АО, нейтрализующих кислородосодержащие СР (метод ORAC) и хелатирующих ионы металлов (метод FRAP), выше, чем из сырья, предварительно подвергнутого промывке и сушке. В случае определения ОАЕ, которую обеспечивают АО, нейтрализующие азотосодержащие СР (метод DPPH), очистка шелухи не способствовала снижению значения ОАЕ. Было показано, что применение 40% и 70% спирта позволяет извлечь значительно большее количество биологически активных веществ, обладающих

антиоксидантными свойствами, из шелухи репчатого лука нежели использование 96% спирта в случае всех групп антиоксидантов.

Полученные данные продемонстрировали, что оба фактора существенно влияют на значения ОАЕ экстрактов, определенных методами ORAC, FRAP и DPPH. В ходе работы было установлено, что при подборе условий экстрагирования необходимо измерять ОАЕ всеми методами и учитывать цель и отрасль дальнейшего использования АО.

### Библиографический список

1. Soeur, J. (2015). Skin resistance to oxidative stress induced by resveratrol: From activation to GSH biosynthesis. *Free Radic. Biol. Med.* Elsevier, 78, 213–223.
2. Lourenco, S.C., Moldão-Martins, M., Alves, V.D. (2019). Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. *Molecules*, 24, 4132.
3. Wojtunik-Kulesza, K.A. (2016). The influence of common free radicals and antioxidants on development of Alzheimer's Disease. *Biomed. Pharmacother*, 78, 39–49.
4. Zunino, S.J., Storms, D.H., Stephensen, C.B. (2007). Rich in polyphenols and vitamin a inhibit the development of type I autoimmune diabetes in nonobese diabetic mice. *J. Nutr*, 137, 1216.
5. Лисицын, А.Б., Туниева, Е.К., Горбунова. Н.А. (2015). Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование. *Все о мясе*, 1, 10–15.
6. Engin, A.B., Bukan, N., Kurukahvecioglu, O., Memis, L., Engin, A. (2011). Effect of butylated hydroxytoluene (E321) pretreatment versus l-arginine on liver injury after sub-lethal dose of endotoxin administration. *Environ. Toxicol. Pharmacol*, 32, 457–464.
7. Kotenkova, E.A., Kupaeva N.V. (2019). Comparative antioxidant study of onion and garlic waste and bulbs. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci* 333, 012031.
8. РГАУ-МСХА. Очистка плодоовощного сырья перед сушкой [Электронный ресурс] / Зооинженер. фак. РГАУ-МСХА. – Режим доступа: <https://www.activestudy.info/ochistka-plodoovoshhnogo-syrya-pered-sushkoj>. – Дата доступа: 17.06.2023.
9. Жматова, Г.В. (2005). Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья. *Вестник ТГТУ*, 3(11), 701 – 707.
10. Chernukha, I., Kupaeva, N., Kotenkova, E., Khvostov, D. (2022). Differences in Antioxidant Potential of Allium cepa Husk of Red, Yellow, and White Varieties. *Antioxidants* 2022, 11, 1243. <https://doi.org/10.3390/antiox11071243>
11. Mejhenic, L., Skerget, M., Knez, Z. (2007). Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*, 104, 1258–1268.
12. Chernukha, I., Fedulova, L., Vasilevskaya, E., Kulikovskii, A., Kupaeva, N., Kotenkova, E. (2021). Antioxidant effect of ethanolic onion (Allium cepa) husk extract in ageing rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(5), 2877–2885. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.020>
13. Макарова, Н.В., Зюзина, А.В. (2011). Исследование антиоксидантной активности яблок различных сортов по методам FRAP и FIC. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, №5-6, 24-25.
14. Kennas, A., Amellal-Chibane, H., Kessal, F., Halladj, F. (2020). Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.07.001>
15. Ly, T.N., Hazama, C., Shimoyamada, M. et al. (2005). Antioxidative compounds from the outer scales of onion. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 8183-8189.
16. Горленко, О.А., Борбаць, Н. М., Можяева, Т. П. (2023). Дисперсионный анализ экспериментальных данных: учебное пособие для вузов, 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 132.
17. Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M., Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Interact*, 160, 1–40.
18. Никифорова, А.Н., Самойлов, А.В. (2021). Изучение антиоксидантных свойств растительных экстрактов методом DPPH. *Агропромышленные технологии Центральной России*, 4 (№22).
19. Gimadieva, A. R., Khazimullina, Yu. Z., Belaya, E. A., Zimin, Yu. S., Abdrakhmanov, I. B., Mustafin, A. G. (2015). Express evaluation of antioxidant activity of uracil derivatives. *Biomed. Chem.*, 6(61), 765-769.

## ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Непомнящий А.П.\*, Моисеев Р.Е., Путилов В.Э., Свердлова О.П.

\*nepomnyashiy.95@mail.ru

*Научный руководитель: докт. техн. наук, проф. Шарова Н.Ю.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *молочная кислота, Enterococcus, культивирование, биосинтез, спектрофотометрия*

### АННОТАЦИЯ

В данной работе проведено сравнительное исследование продуктивности биосинтеза молочной кислоты четырьмя изолятами рода *Enterococcus*, полученными из пшеничных отрубей. Целью работы было изучение биосинтетической способности данных штаммов и оценка их эффективности по массовой концентрации молочной кислоты в культуральной жидкости при культивировании в анаэробных и аэробных условиях. В качестве основного критерия эффективности использовалась концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости. Исследования проводились с использованием шейкерного инкубатора и различных питательных сред. Идентификация изолятов была осуществлена путем секвенирования фрагмента гена 16S рРНК. Определение массовой концентрации молочной кислоты в культуральной жидкости проводилось с использованием реакции с хлоридом железа (III). Результаты показали различия в биосинтетической способности и росте бактерий при разных условиях культивирования, что имеет значение для оптимизации процесса производства молочной кислоты.

**Финансирование:** Исследования проведены по теме FGUS-2022-0003 в рамках государственного задания № 075-01190-22-00 ВНИИ пищевых добавок - филиал ФГБНУ "ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН.

**Благодарности:** Авторы выражают благодарность д-р. техн. наук, профессору РАН Шаровой Н.Ю. за помощь в подготовке статьи.

## SEARCH FOR ALTERNATIVE LACTIC ACID PRODUCERS

A.P. Nepomnyashiy\*, R.E. Moiseev, V.E. Putilov, O.P. Sverdlova

\*vniipakk55@mail.ru

*Supervisor of studies: Sharova N.Y.*

*All-Russia Research Institute for Food Additives – Branch Gorbatov Federal Research Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

**KEYWORDS:** *lactic acid, Enterococcus, fermentation, biosynthesis, spectrophotometry*

### ABSTRACT

This paper presents a comparative study on the productivity of lactic acid biosynthesis by four *Enterococcus* isolates derived from wheat bran. The aim of this study was to investigate the biosynthetic capacity of these strains and evaluate their efficiency based on the mass concentration of lactic acid in the culture medium under anaerobic and aerobic cultivation conditions. The main criterion of efficiency was the concentration of lactic acid in the culture medium. The experiments were conducted using a shaking incubator and different nutrient media. The isolates were identified through the sequencing of the 16S rRNA gene fragment. The mass concentration of lactic acid in the culture medium was determined using a reaction with ferric chloride (III). The results revealed differences in the biosynthetic capacity and growth of bacteria under different cultivation conditions, which are crucial for optimizing lactic acid production processes.

**Funding:** The research was carried out on the topic FGUS-2022-0003 within the framework of the state task No. 075-01190-22-00 of the All-Russia Research Institute for Food Additives – Branch Gorbatov Federal Research Center for Food Systems Russian Academy of Sciences



**Acknowledgements:** The authors are grateful to Professor Sharova N.Yu. for help in preparing the article.

## 1. Введение

Молочная кислота широко востребована в отраслях производственной сферы. Получают ее биотехнологическим путем с использованием в основном штаммов *Lactobacillus*. Известно, что бактерии рода *Enterococcus* также являются продуцентами молочной кислоты [1]. В данной работе проведено сравнение продуктивности по молочной кислоте четырех бактериальных изолятов рода *Enterococcus* из пшеничных отрубей. В качестве основного критерия эффективности биосинтеза была выбрана массовая концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости [2].

Бактерии рода *Enterococcus* являются факультативными анаэробами и гомоферментативными продуцентами молочной кислоты [3]. Помимо этого, данный род бактерий способен производить L(+)-молочную кислоту, которая используется в пищевых производствах в качестве консерванта или регулятора кислотности [4].

Цель данной работы – исследование биосинтеза молочной кислоты штаммами *Enterococcus* и оценка их биосинтетической способности по показателю «концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости» при культивировании в анаэробных и, для сравнения, в аэробных условиях.

## 2. Материалы и методы

В данной работе была исследована способность к биосинтезу молочной кислоты изолятов рода *Enterococcus*. Использованные штаммы из коллекции ВНИИПД: *Enterococcus faecium*, *Enterococcus* sp., *Enterococcus mundtii*, *Enterococcus hirae*. Культивирование проводилось в шейкере инкубаторе InforceMultitron HT (Швейцария) в качалочных колбах вместимостью 750 см<sup>3</sup> с рабочим объемом культуральной жидкости 50 см<sup>3</sup>. Культивирование длилось 24 часа.

Изоляты *E. hirae*, *E. mundtii*, *E. sp.* и *E. faecium* выделены из ферментированных пшеничных диетических отрубей от АО «Петербургский мельничный комбинат», г. Санкт-Петербург по описанной методике. Идентификация изолятов проводилась путем секвенирования фрагмента гена 16S рРНК в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии». Геномную ДНК выделяли коммерческим набором «СОРБ-ГМО-Б» от НПК Синтол [5].

Для проведения скрининга культивирование осуществляли на двух средах: MRS и *Enterococcus*broth. Состав среды MRS, г/дм<sup>3</sup>: глюкоза – 20; дрожжевой экстракт – 10; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 2; MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – 0,1; MnSO<sub>4</sub> – 0,05. Состав среды *Enterococcus* broth, г/дм<sup>3</sup>: пептон – 35; глюкоза – 10; дрожжевой экстракт – 5; NaCl – 6; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 6.

Культивирование бактерий каждого вида проводили при использовании четырех режимов: для каждой питательной среды были предусмотрены два типа аэрации (с перемешиванием и без перемешивания).

Для определения массовой концентрации молочной кислоты в культуральной жидкости использовался метод, основанный на реакции с хлоридом железа (III) с образованием лактата железа (III) [6].

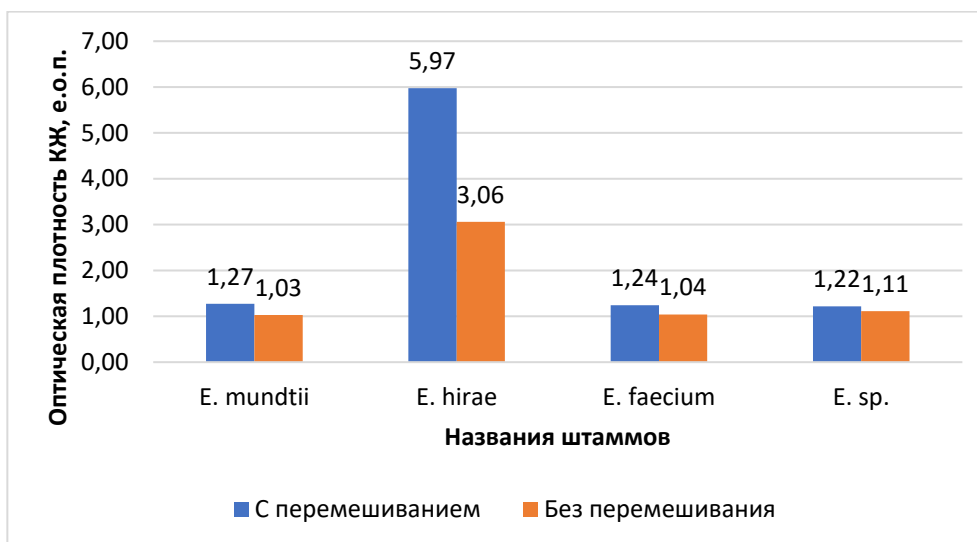
Рост бактериальных клеток при культивировании сопровождается увеличением мутности культуральной жидкости (критерий оценки – оптическая плотность при длине волны 600 нм), что позволяет проследить сравнительную характеристику роста бактерий [7].

Спектрофотометрический анализ проводился на Eppendorf Biospectrometer basic (Германия).

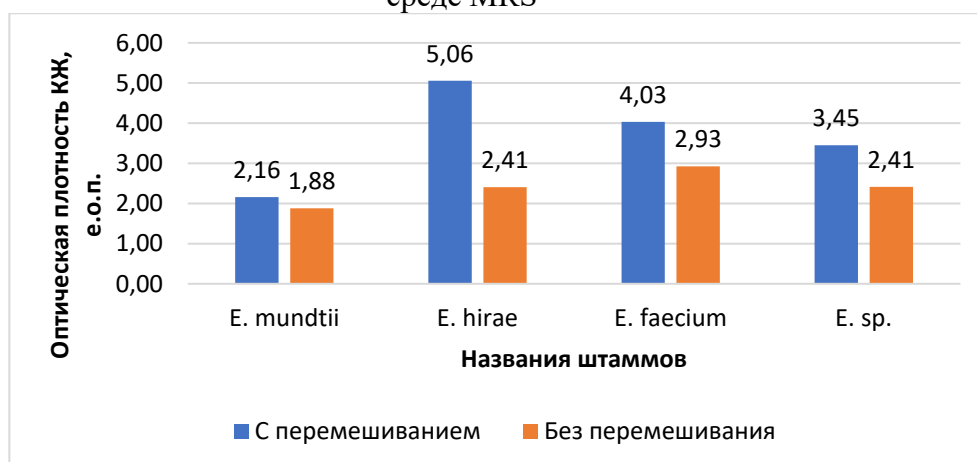
## 3. Результаты и обсуждение

После 24 часов культивирования были отобраны пробы культуральной жидкости для определения в ней оптической плотности и массовой концентрации молочной кислоты. Полученные результаты представлены на рисунках 1-4.

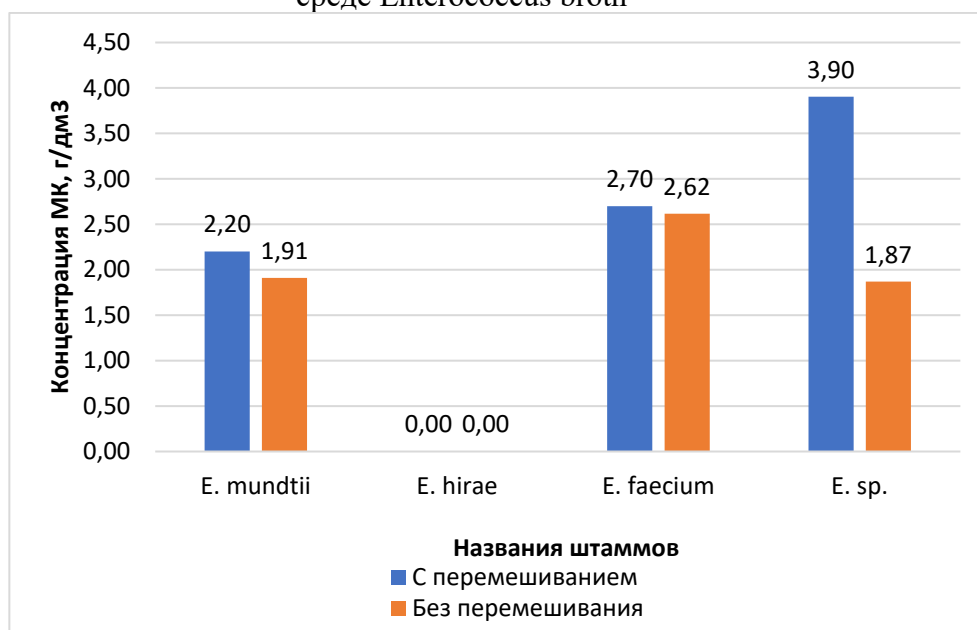




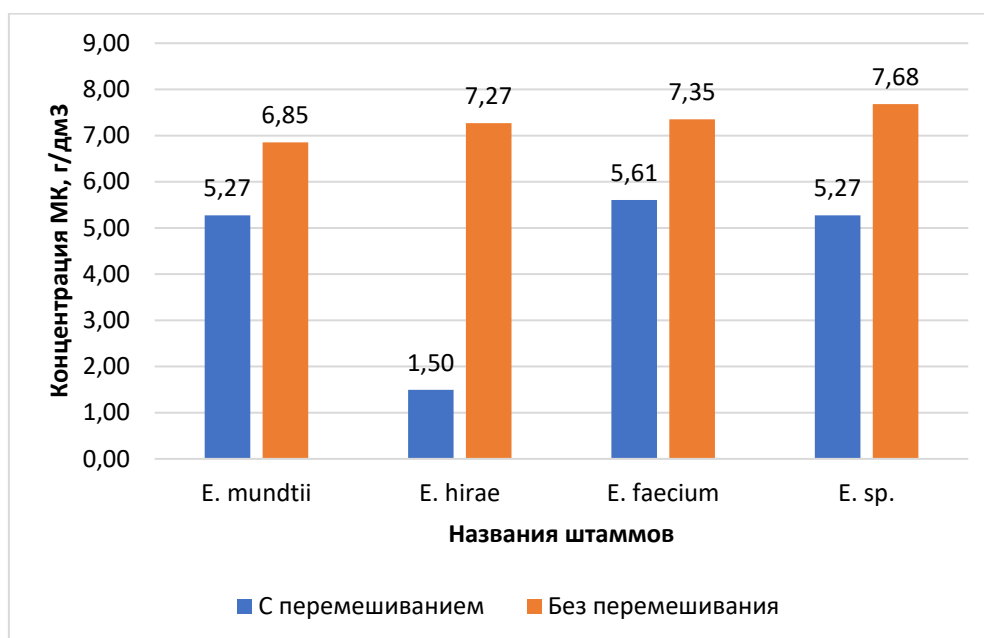
**Рисунок 1.** Сравнительная диаграмма оптической плотности (длина волны 600 нм) культуральной жидкости (КЖ) при аэробном и анаэробном культивировании на питательной среде MRS



**Рисунок 2.** Сравнительная диаграмма оптической плотности (длина волны 600 нм) культуральной жидкости (КЖ) при аэробном и анаэробном культивировании на питательной среде Enterococcus broth



**Рисунок 3.** Сравнительная диаграмма уровней массовой концентрации молочной кислоты (МК) в культуральной жидкости при аэробном и анаэробном культивировании на питательной среде MRS



**Рисунок 4.** Сравнительная диаграмма уровня массовой концентрации молочной кислоты (МК) в культуральной жидкости при аэробном и анаэробном культивировании на питательной среде Enterococcus broth

В результате скрининга штаммов рода *Enterococcus* выявлено максимальное значение массовой концентрации молочной кислоты, 7,68 г/дм<sup>3</sup>. Такой уровень показателя получен при культивировании штамма *E. sp.* на среде Enterococcus broth без перемешивания. Степень биоконверсии составила 76,8 %. Самыми продуктивными оказались изоляты *E. sp.* и *E. faecium*.

При культивировании известных штаммов *Enterococcus* выявлено влияние кислорода как на рост биомассы, так и на продукцию молочной кислоты. Так как молочная кислота образуется в процессе гликолиза, то условия без насыщения культуральной среды кислородом являются наиболее предпочтительными. Как известно, при перемешивании культуральной жидкости наблюдается более интенсивный рост биомассы, что выявлено и в проведенных опытах (рис. 1, 2). Среда MRS менее благоприятна для развития бактерий *Enterococcus*. Использование среды Enterococcus broth позволило получить лучший результат по количеству биомассы и концентрации молочной кислоты, что, вероятно связано с присутствием ионов натрия и хлора.

#### 4. Выводы

Выявлено, что наиболее благоприятной питательной средой для роста бактерий *Enterococcus* является Enterococcus broth, которая содержит хлорид натрия. Среда MRS больше подходит для культивирования лактобацилл, что подтверждается множеством исследований [8-9]. Культивирование с перемешиванием менее эффективно для биосинтеза молочной кислоты, но более эффективно для роста биомассы. Также среди исследованных штаммов более продуктивны *E. sp.* и *E. faecium*.

#### Библиографический список

1. Abdel-Rahman, M.A. et al. (2011). Efficient homofermentative L-(+)-lactic acid production from xylose by a novel lactic acid bacterium, *Enterococcus mundtii* QU 25. *Applied and environmental microbiology*, 77(5), 1892-1895. <https://doi.org/10.1128/AEM.02076-10>
2. Самуйленко, А.Я. и др. (2017). Тенденции развития производства молочной кислоты. *Казанского технологического университета*, 20(1), 162-166.
3. Subramanian, M.R., Talluri, S., Christopher, L.P. (2015). Production of lactic acid using a new homofermentative *Enterococcus faecalis* isolate. *Microbial Biotechnology*, 8(2), 221-229. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12133>
4. Murakami, N. et al. (2016). L-Lactic acid production from glycerol coupled with acetic acid metabolism by *Enterococcus faecalis* without carbon loss. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 121(1), 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.05.009>

5. Свердлова, О.П., Шарова, Н.Ю., Причеп, А.О., Лоскутов, С.И., Принцева, А.А. (2022). Идентификация аборигенной микрофлоры пшеничных отрубей. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1(3), 78-92. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.294>
6. Храмов, В.А., Савин, Г.А. (1995). Простой метод определения лактата в биологических жидкостях. *Гигиена и санитария*, 4(1), 54-56.
7. Yun, J.S., Wee, Y.J., Ryu, H.W. (2003). Production of optically pure L (+)-lactic acid from various carbohydrates by batch fermentation of *Enterococcus faecalis* RKY1. *Enzyme and microbial technology*, 33(4), 416-423. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(03\)00139-X](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(03)00139-X)
8. Zalán, Z. et al. (2010). Production of organic acids by *Lactobacillus* strains in three different media. *European Food Research and Technology*, 230(1), 395-404. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1179-9>
9. Curk, M.C., Hubert, J.C., Bringel, F. (1996). *Lactobacillus paraplantarum* sp. nov., a new species related to *Lactobacillus plantarum*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 46(2), 595-598. <https://doi.org/10.1099/00207713-46-2-595>

## АКТУАЛИЗАЦИЯ АРБИТРАЖНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ ЖИРА В ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Нутчина М.А.

\*e-mail: m.nutchina@gosniihp.ru

Научный руководитель: канд. техн. наук Кукин М.Ю.

Санкт-Петербургский филиал федерального государственного автономного научного учреждения "Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности", Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *хлебобулочные изделия, пищевая ценность, жир, методы анализа, гидролиз, экстракция*

### АННОТАЦИЯ

В целях предупреждения введения потребителя в заблуждение, производители обязаны выносить на этикетку сведения о содержании в пищевых продуктах жиров, белков и углеводов. До недавнего времени содержание жира в хлебобулочных изделиях определяли в соответствии с ГОСТ 5668-68 четырьмя различными методами. В случае возникновения разногласий использовали арбитражный «экстракционный метод с предварительным гидролизом навески». В СПбФ ФГАНУ НИИХП проведена актуализация ГОСТ 5668. Лабораторная проверка показала, что представленный арбитражный метод может давать заниженное содержание жира из-за недостаточно глубокого гидролиза анализируемой пробы, поэтому возникла необходимость в доработке этого метода. Были выпечены хлебобулочные изделия с известным содержанием жира и на основании проведённых с ними экспериментов обоснованы оптимальные режимы гидролиза и экстракции. Показано, что гидролиз следует проводить серной кислотой массовой долей 5 % в течение 60 мин. Актуализированный арбитражный метод позволяет получить более точные и воспроизводимые значения массовой доли жира в хлебобулочных изделиях.

**Финансирование:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, госзадание № 0593-2019-0005.

## ACTUALISATION OF ARBITRAGE METHOD FOR MASS FRACTION OF FAT DETERMINING IN BAKERY PRODUCTS

Nutchina M.A.

\*e-mail: m.nutchina@gosniihp.ru

Supervisor of studies: Kukin M.Yu.

St.Petersburger branch of the Federal State Autonomous Scientific Institution "Scientific Research Institute for the Baking Industry", Pushkin, St.Petersburg, Russia

**KEYWORDS:** *Bakery products, nutritional value, fat, analysis methods, hydrolysis, extraction*

### ABSTRACT

In order to prevent misleading consumers, manufacturers are required to put information on the content of fats, proteins and carbohydrates in foodstuffs on the label. Until recently, the fat content in bakery products was determined in accordance with GOST 5668-68 by four different methods. In case of disagreement, the arbitration "extraction method with preliminary sample hydrolysis" was used. GOST 5668 was actualisiren at the Institute for the Baking Industry. Bakery products with a known fat content were baked, and based on the experiments carried out with them, the optimal modes of hydrolysis and extraction were substantiated. It is shown that hydrolysis should be carried out with sulfuric acid, mass fractions of 5% for 60 min. The updated arbitration method allows you to get more accurate and reproducible values of the mass fraction of fat in bakery products.

**Funding:** The work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, state task No. 0593-2019-0005.

## 1. Введение

Одним из важнейших способов предоставления потребителю сведений об ингредиентах и пищевой ценности изделий является их маркировка. Сведения о количестве белков, жиров и углеводов должны указываться в том случае, если их содержание составляет не менее 2 % от рекомендуемого суточного потребления. В настоящее время, наличие этикетки с информацией о пищевой ценности, является обязательным условием для всей хлебопекарной продукции [1].

Жиры (липиды, триглицериды) представляют собой большую группу соединений. Химические и физико-химические свойства жиров в значительной степени определяются соотношением входящих в их состав жирных кислот. Общим для жиров является то, что они хорошо растворяются в органических растворителях и практически нерастворимы в воде [2].

На данный момент достаточно выносить на этикетку только общее содержание жира, без указания конкретного количества насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Термин «сырой» жир подразумевает суммарное содержание всех экстрагируемых жироподобных компонентов, но поскольку в ТР ТС [3] данное понятие для пищевых продуктов отсутствует, то в актуализируемом ГОСТе [4] термин «сырой» жир не используется, хотя экстракционным методом с предварительным гидролизом навески определяют именно суммарное содержание всех жироподобных компонентов в анализируемом изделии (сырой жир).

При контроле содержания жира в хлебопекарной продукции следует руководствоваться ГОСТ 5668-68 [4] и изложенными в нём методами. Использование других методов недопустимо. В ГОСТ 5668 представлено четыре различных метода. Наиболее распространённым и достоверным из них является экстракционный (экстракционно-весовой) метод с предварительным гидролизом навески. Этот метод является арбитражным и применяется при возникновении разногласий в оценке содержания жира.

Расхождение между результатами при определении массовой доли жира различными методами может превышать 20 %. Это зависит от нескольких переменных, таких, как химические и физико-химические свойства исходного образца, предварительная обработка, экстракция растворителем [5].

Для мраморной говядины экстракция жира эфиром, а также смесью хлороформа с метанолом 2:1 (метод Фолча) позволяет извлечь приблизительно равное количество жира, однако, оба этих метода показывают большее содержание жира, чем метод ЯМР-спектроскопии. Методом Фолча извлекается наибольшее количество жира, но это может быть связано с переходом в экстракт веществ из окружающего клетку фосфолипидного слоя. Экстракция жира эфиром была признана самым точным методом, однако, в целом, для определения общего процентного содержания сырого жира в говядине можно использовать любой из этих трёх методов [6].

Известно, что для большинства образцов пшеничного, сливочного и шоколадного печенья, общее содержание жира, измеренное ГХ-методом после кислотного гидролиза и экстрагирования, было ниже, чем содержание сырого жира, экстрагированного автоматическим методом Сокслета и методом Фолча (гравиметрические методы). Кроме того, содержание насыщенных, моновенасыщенных и полиненасыщенных жиров, определённое после кислотного гидролиза, было ниже, чем полученное гравиметрическими методами. Методы Фолча и Сокслета почти не показали разницы по содержанию сырого жира [7].

Из представленных данных [6, 7] следует, что различные экстракционно-весовые методы дают сопоставимые результаты. Содержание сырого жира несколько выше, чем сумма отдельных триглицеридов.

## 2. Материалы и методы

Проведённые в рамках актуализации ГОСТ 5668 [4] эксперименты показали, что представленный в нём экстракционно-весовой метод с предварительным гидролизом навески даёт заниженные результаты и нуждается в доработке. При лабораторных выпечках хлеба с точно известным составом было установлено, что в некоторых случаях результаты анализа арбитражным методом получаются до двух раз ниже истинного содержания жира в образце. Изначально предполагалось, что причинами заниженных результатов являются (в порядке возрастания значимости) разрушение жира в процессе гидролиза, неоптимальные условия экстракции, недостаточная деструкция структурных элементов хлеба в процессе кислотного гидролиза. Исходя из этого предположения, описанное в ГОСТе [4] «проведение измерений»



менялось таким образом, чтобы максимально проявить влияние «предполагаемой причины» заниженных результатов.

### 3. Результаты и обсуждение

С целью проверки предположения о разрушении липидов был проведён гидролиз модельных образцов (рафинированное подсолнечное масло наносили на обезжиренную фильтровальную бумагу) в заведомо более жёстких условиях. При использовании серной кислоты массовой долей 20 % или соляной кислотой массовой долей 15 % количество экстрагированного жира в пределах погрешности опыта соответствовало изначальному количеству подсолнечного масла. При реальном анализе будут использоваться равные или меньшие концентрации кислот, следовательно, даже если предположить, что в процессе гидролиза хлебопекарной продукции произойдёт разрушение триглицеридов, то это не повлияет на конечный результат.

Согласно ГОСТ 5668 [4] навеску анализируемого изделия следует кипятить с раствором серной кислоты массовой долей 5 % или с 1,5 %-ной соляной кислотой в течение 30 мин. После охлаждения суспензии жир экстрагируют хлороформом. Эксперименты показали, что при таких режимах гидролиза жир экстрагируется не полностью. Увеличение глубины гидролиза навески хлеба позволяет увеличить полноту извлечения жира, но при этом хлороформом также экстрагируется постороннее тёмно-коричневое соединение. Чем глубже гидролиз, тем больше образуется этого тёмно-коричневого соединения.

Основным компонентом хлеба является крахмал. На модельных опытах (путём кипячения с кислотой крахмала, а также сахарозы) было подтверждено, что данное соединение имеет нелипидную природу, следовательно, искажает результаты анализа. В отличие от жиров, это постороннее нелипидное соединение (ПНС) растворяется в хлороформе, но не растворяется в гексане. Замена хлороформа гексаном позволяет избежать влияния этого соединения, но при экстракции с гексаном, даже при увеличении продолжительности и интенсивности перемешивания, не удалось извлечь более 86 % от общего содержания жира в гидролизованной пробе. Интенсивное перемешивание приводило к образованию устойчивой эмульсии, которая плохо разделялась даже при центрифугировании или длительном отстаивании в делительной воронке. Установлено, что для полного извлечения жира хлороформом достаточно продолжительности экстракции 15 мин. Отбирать для анализа хлороформенно-жировой слой заметно проще, чем при экстракции с гексаном. Использовать гексан нецелесообразно.

Была проведена оптимизация процесса гидролиза растворами серной и соляной кислот с учётом последующей экстракцией хлороформом (полученный экстракт высушивали и взвешивали). Эксперименты показали, что чем больше концентрация используемой для гидролиза кислоты, тем (при равной степени извлечения жира) больше образуется ПНС. Наилучшие результаты достигаются при уменьшении концентрации кислоты, но при этом потребуется увеличить продолжительность кипячения для достижения требуемой глубины гидролиза. Установлено, что уменьшение температуры гидролиза приводит к отрицательным результатам. Вероятно, увеличение температуры сверх обычной температуры кипения реакционной массы даст положительный эффект, но это возможно только при избыточном давлении, что является нецелесообразным для данного анализа. Гидролиз следует вести путём кипячения при атмосферном давлении и использовать минимальную концентрацию кислоты, обеспечивающую необходимую глубину гидролиза при желаемой длительности процесса (не более 80 мин). Исходя из этого, для раствора серной кислоты была выбрана концентрация 5 %. Результаты экспериментов по выбору оптимальной продолжительности гидролиза батона нарезного (расчётное содержание жира 3,03 г на 100 г целого изделия) раствором серной кислоты массовой долей 5 % сведены в таблицу 1.

**Зависимость количества жира в экстракте от продолжительности гидролиза батона нарезного раствором серной кислоты массовой долей 5 %**

№ п/п	Продолжи- тельность гидролиза, мин	Массовая доля жира		Внешний вид экстракта после высушивания
		% на СВ	г/100 г изделия	
1	15	3,05	2,09	светлый, прозрачный, отсутствие чёрных частиц
2	30	3,66	2,51	светлый, прозрачный, отсутствие чёрных частиц
3	60	4,44	3,04	темнее 2-го, немного мутный, следовые кол-ва ПНС
4	90	4,97	3,41	темнее 3-го, мелкодисперсные частицы (больше чем в № 3)
5	150	5,20	3,56	тёмный, содержит чёрные частицы

Из представленных в таблице 1 данных следует, что расчётному содержанию жира 3,03 % соответствует продолжительность гидролиза 60 мин. При такой продолжительности кипячения количество ПНС является минимальным и им можно пренебречь. Дальнейшее увеличение продолжительности приводит к заметному увеличению количества ПНС, следовательно, для серной кислоты массовой долей 5 % оптимальная продолжительность гидролиза составляет 60 мин (с момента закипания). При проведении анализа в соответствии с ГОСТ 5668-68 [4] (кипячение 30 мин) деструкция анализируемой навески будет недостаточной и извлечение жира при экстракции будет неполным, особенно для изделий с мукой грубого помола и цельнозерновыми включениями.

Также был изучен гидролиз батона нарезного 1,5 %-ным раствором соляной кислоты. Экстракцию проводили хлороформом. Результаты экспериментов сведены в таблицу 2.

Из представленных в таблице 2 данных следует, что при равной глубине гидролиза, использование соляной кислоты, в сравнении с серной кислотой, приводит к увеличению массы высушенного экстракта сверх возможного содержания жира в батоне нарезном, следовательно, в большей степени способствует образованию ПНС.

**Влияние продолжительности гидролиза батона нарезного 1,5 %-ной соляной кислотой на содержание жира и образование ПНС**

№ п/п	Продолжительность гидролиза, мин	Массовая доля жира		Внешний вид экстракта после высушивания
		% на СВ	г/100 г изделия	
1	15	3,13	2,07	темнее, чем с серной кислотой, отсутствие тёмных частиц
2	30	3,66	2,43	темнее, чем с серной кислотой, отсутствие тёмных частиц
3	60	4,90	3,25	темнее, чем с серной кислотой, умеренное количество ПНС
4	90	5,19	3,44	очень тёмный

Серная кислота обеспечивает стабильный результат для изделий из муки как тонкого, так и грубого помола, поскольку ПНС не оказывает заметного влияния на итоговый результат. Кроме

того, при гидролизе соляной кислотой разделение фаз происходило медленнее и не полностью; толщина чистого хлороформенного слоя была меньше, чем при гидролизе серной кислотой, следовательно, использование серной кислоты предпочтительнее.

Также было установлено, что при прочих равных условиях, в изделиях с маргарином негативные эффекты от гидролиза проявляются в меньшей степени, чем в изделиях с растительным маслом. Вероятно, это связано с большей степенью насыщения входящих в его состав жирных кислот, в сравнении с жидким растительным маслом [8].

#### 4. Выводы

На основании проведённых экспериментов обоснованы оптимальные режимы для арбитражного экстракционно-весового метода с предварительным гидролизом навески, обеспечивающие минимальную погрешность измерений. Гидролиз следует проводить путём кипячения при атмосферном давлении с раствором серной кислоты массовой долей 5 % в течение 60 мин. Использовать соляную кислоту нецелесообразно. Подтверждено, что хлороформ является оптимальным экстрагентом. Продолжительность процесса экстракции составляет от 15 до 20 мин. Полученные экспериментальные данные использовались при внесении изменений в ГОСТ 5668-68. Актуализированная редакция ГОСТ 5668-2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения массовой доли жира» введена в действие в 2023 г.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителей. Общие требования». – М.: Стандартинформ, 2006. – 25 с.
2. Hewavitharana, G. G., Perera, D. N., Navaratne, S. B., & Wickramasinghe, I. (2020). Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6865-6875. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.039>
3. ТР ТС 022 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011 Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (с изменениями на 14 сентября 2018 года), принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 881.
4. ГОСТ 5668-68 «Хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира». – М.: Стандартинформ, 2006. – 10 с.
5. Aued-Pimentel, S., Kus, M.M.M., Kumagai, E.E., Ruvieri, V., Zenebon, O. (2010). Comparison of gas chromatographic and gravimetric methods for quantization of total fat and fatty acids in foodstuffs. *Química Nova*, 33, 76-84. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100015>
6. Dow, D.L., Wiegand, B.R., Ellersieck, M.R., Lorenzen, C.L. (2011). Prediction of fat percentage within marbling score on beef longissimus muscle using 3 different fat determination methods. *Journal of animal science*, 89(4), 1173-1179. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3382>
7. Shin, J.M., Hwang, Y.O., Tu, O.J., Jo, H.B., Kim, J.H., Chae, Y.Z., Park, S.K. (2013). Comparison of different methods to quantify fat classes in bakery products. *Food chemistry*, 136(2), 703-709. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.033>
8. Padley, F. (Ed.). (2018). *Lipid technologies and applications*.

## ЭКСТРАКТ ИЗ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ БЕЛОЙ В СОСТАВЕ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ

Паноян А. А.<sup>1</sup>

*e-mail: arinapanoan@gmail.com*

*Научный руководитель: докт. тех. наук, профессор, Восканян О.С.*

<sup>1</sup>*Московский государственный университет технологии и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** кожа пожилых людей, проблемы возрастной кожи, экстракт из листьев белой березы, химический состав, биологически активные вещества.

### АННОТАЦИЯ

Работа посвящена изучению эффективности экстракта листьев белой березы в составе косметических средств по уходу за кожей пожилых людей. Представлены основные проблемы кожи пожилых людей, пути решения этих проблем, обзор рынка косметических средств 60+, содержащее в своем составе экстракт из листьев белой березы (импортные и отечественные), химический состав экстракта, биологически активные вещества и сведения об их эффективности в составе косметики. Экстракт березы имеет множество полезных свойств для кожи, включая антиоксидантные, кератолитические, а также увлажнение, осветление, смягчение и поддержание гидролипидной мантии. Кроме того, его использование в косметических средствах для пожилой кожи может помочь уменьшить мелкие морщины, защитить кожу от ультрафиолета и свободных радикалов, укрепить капилляры и запустить регенерацию клеток кожи, что позволит поддерживать работу гидролипидной мантии и поддерживать барьерные функции кожи.

## EXTRACT FROM THE LEAVES OF WHITE BIRCH AS PART OF COSMETICS FOR THE ELDERLY

Panoyan A.A.<sup>1</sup>

*e-mail: arinapanoan@gmail.com*

*Scientific supervisor: Doctor of Technical Sciences, Professor Voskanyan O.S.*

<sup>1</sup>*Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (PKU), Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** elderly skin, age-related skin problems, extract from white birch leaves, chemical composition, biologically active substances.

### ABSTRACT:

The work is devoted to the study of the effectiveness of the extract of White Birch leaves in the composition of cosmetic care for the skin of elderly people. The main problems of the skin of elderly people, ways to solve these problems, the review of the cosmetic products market of 60+, containing in its composition extract from White Birch leaves (imported and domestic), chemical composition of the extract, biologically active substances and information about their effectiveness in cosmetics. Birch extract has many useful properties for skin, including antioxidant, keratolytic, and moisturizing, lighting, softening and maintaining hydrolipid mantle. In addition, its use in cosmetic means for older skin can help reduce small wrinkles, protect skin from ultraviolet and free radicals, strengthen capillaries and run skin regeneration, which will allow to maintain the work of hydrolipid mantle and maintain barrier skin functions.

## 1. Введение

С возрастом кожа человека претерпевает естественные изменения, которые связаны с биологическим процессом старения. Кожа является наиболее крупным органом тела человека и выполняет множество функций, таких как защита от вредных воздействий окружающей среды, регуляции температуры тела, выведение токсинов и т.д.

Кожа пожилых людей (возраст от 60 до 75 лет) отличается от кожи молодых людей (возраст от 18 до 25 лет) по многим признакам. Ниже перечислены некоторые изменения, которые происходят со временем на коже человека [1]:

- уменьшение количества коллагена и эластина в коже, связанные с изменениями в соединительной ткани кожи, приводит к образованию морщин и потере упругости кожи;
- снижение скорости обмена веществ приводит к снижению скорости образования новых клеток кожи, в связи с чем кожа восстанавливается гораздо медленнее;
- уменьшение количества меланина в коже, может приводить к изменению цвета кожи и появлению пятен;
- увеличение количества свободных радикалов в коже приводит к повреждению клеток и ускорению процесса старения;
- уменьшение количества влаги в коже делает ее более сухой и склонной к зуду и раздражению;
- появление подкожных кровоизлияний (сосудистых сеточек) связано с ухудшением состояния кровеносных сосудов и уменьшением их эластичности, что может привести к их повреждению.

Хотя кожа пожилых людей может иметь свои особенности, она все еще нуждается в правильном уходе и внимании. Чтобы решить проблемы кожи пожилых людей, следует предпринимать ряд мер:

- увлажнение кожи - с возрастом кожа становится более сухой, поэтому необходимо увлажнять ее с помощью специальных увлажняющих средств, содержащих натуральные ингредиенты, такие как алоэ вера, растительные масла, гиалуроновую кислоту и другие;
- использование солнцезащитных средств - кожа пожилых людей более чувствительна к вредному воздействию ультрафиолетовых лучей, поэтому необходимо использовать солнцезащитные средства с высоким уровнем защиты от УФ-лучей;
- регулярный уход за кожей - необходимо следить за чистотой кожи и регулярно очищать ее от загрязнений и мертвых клеток с помощью мягких средств для умывания и пилингов.

## 2. Материалы и методы

Существует множество активных компонентов, которые могут быть полезны для улучшения состояния кожи пожилых людей. Некоторые из них включают [1]:

- ретинол - форма витамина А, которая может помочь уменьшить появление морщин, улучшить текстуру кожи и стимулировать производство коллагена;
- альфа-гидроксикислоты (АНА) - такие кислоты, как гликолевая, молочная и яблочная, могут отшелушивать омертвевшие клетки кожи и улучшать ее текстуру;
- пептиды - эти маленькие белки могут стимулировать производство коллагена и уменьшить появление морщин;
- антиоксиданты - вещества - витамины С и Е, зеленый чай - могут защитить кожу от повреждающего действия свободных радикалов и предотвратить появление морщин и пигментных пятен;
- гиалуроновая кислота - естественный компонент кожи, который помогает удерживать влагу;
- ниацинамид - форма витамина В3, которая может уменьшить появление морщин, улучшить текстуру кожи и уменьшить пигментные пятна;
- различные растения и их экстракты, например зеленый чай, экстракт розмарина, экстракт из листьев азиатской центеллы, содержащие антиоксиданты, могут уменьшить признаки старения, увлажнить и сделать кожу более сияющей.

И это лишь несколько примеров биологически активных компонентов, которые могут быть полезны для кожи пожилых людей. На сегодняшний день на рынке представлено достаточно малое количество косметических средств по уходу за кожей за возрастной кожей, а именно от 60 до 75 лет. Среди отечественных производителей стоит отметить «Чистая линия», а точнее их косметическое средство - дневной крем для лица «Активное омоложение 60+». Среди активных компонентов этого крема стоит отметить вытяжку таволги, которая увлажняет и питает кожу,



способствуя ее омоложению и уменьшению морщин. Крем подходит для всех типов кожи, имеет легкую текстуру.

Из импортных средств на рынке представлен дневной крем «Возраст эксперт 65+ против морщин, питательный, SPF 20, L'Oréal Paris». Среди активных компонентов крема можно отметить про-ретинол А, который стимулирует производство коллагена и помогает уменьшить видимость морщин. Крем подходит для всех типов кожи, в том числе и для чувствительной, имеет легкую текстуру.

Тем не менее, одна из главных проблем, с которыми приходится сталкиваться пожилым людям после 60 - ухудшение качества защиты гидролипидной мантии и ухудшение барьерной функции кожи. Защитная гидролипидная мантия кожи является слоем, который образуют барьер на поверхности кожи, защищает кожу от внешних воздействий и сохраняет ее влажность. Однако с возрастом этот слой начинает утоньшаться и терять свои функции, что может привести к сухости, шелушению и раздражению кожи. Поэтому для здоровой кожи важно поддерживать и укреплять этот слой. Это можно сделать, используя косметические средства, которые содержат ингредиенты (гиалуроновая кислота, экстракты различных растений, антиоксиданты), поддерживающие и укрепляющие защитную гидролипидную мантию.

### 3. Результаты и обсуждение

Возможность использования белой березы в качестве альтернативной сырьевой базы для косметической продукции для ухода за кожей пожилых основана на его химическом составе и высокой распространенности березы в Российской Федерации [2]. Она богата биологически активными веществами, такими как флавоноиды, танины и другие.

Для того чтобы более детально понять, как экстракт из листьев белой березы воздействует на кожу пожилых людей, рассмотрим его химический состав [2]. Экстракт из листьев белой березы содержит множество полезных веществ для кожи, включая бетулиновую кислоту. Бетулиновая кислота - природный терпеноид, который является одним из основных компонентов экстракта листьев березы [3]. В среднем береза белая содержит бетулиновой кислоты около 0,38 мг/г свежей массы листьев. Бетулиновая кислота обладает рядом косметических свойств, которые могут быть полезны для возрастной кожи: антиоксидантные свойства - защита кожи от повреждений свободными радикалами; увлажняющие свойства - защита ее от потери влаги, тем самым поддерживая гидролипидную мантию кожи.

Флавоноиды - это группа биоактивных соединений, которые содержатся в экстракте листьев березы белой. Количественное содержание флавоноидов в березовых листьях может варьироваться в зависимости от многих факторов, таких как географическое расположение, климатические условия, сезонность, методы сбора и обработки и в среднем может составлять от 1,5%. Некоторые флавоноиды, такие как кверцетин и эпигаллокатехин галлат могут улучшить цвет кожи и сделать ее более сияющей, защитить от ультрафиолетовых лучей и предотвратить повреждения кожи от солнца.

Аскорбиновая кислота, также известная как витамин С, в составе экстракта листьев белой березы, является мощным антиоксидантом, который полезен для кожи. Береза не является богатым источником витамина С. Содержание витамина С может составлять от 20 до 50 мг на 100 г сырого веса. Тем не менее в составе данного экстракта присутствует предшественник витамина С - аскорбиген, который при попадании в кожу, превращается в витамин С.

Экстракт листьев белой березы содержит множество минеральных веществ, таких как калий, кальций, магний, железо, цинк, медь и марганец и т. д. Особенности распределения минеральных веществ в березовом экстракте могут определять не только природными (геохимическими особенностями мест обитания деревьев), но и техногенными факторами [4,5]. Минеральные вещества имеют важное значение для здоровья кожи пожилых и могут иметь следующие полезные свойства:

- увлажнение и крепление кожи - калий и магний увлажняют кожу и предотвращают ее сухость;
- регенерация кожи - марганец и цинк ускоряют процесс регенерации и заживления кожи;
- защита от свободных радикалов - микроэлементы, такие как цинк, защищают кожу от воздействия свободных радикалов и предотвращают преждевременное старение.

Смолы - еще одни из компонентов экстракта листьев белой березы, обладающие положительным воздействием на кожу, содержащие более 100 активных веществ, таких как карбонильные соединения, фенольные соединения, кислоты и др. Вот несколько свойств, согласно чему смолы могут быть полезны для кожи [6]:

- антибактериальные свойства - госсиполовая смола обладает антибактериальными свойствами, что может быть полезно для людей, у которых наряду с возрастными проблемами имеются и такие проблемы как акне или розацеа, в связи с тем, что госсиполовая смола уменьшает количество бактерий на коже и предотвращает возникновение воспалительных процессов;

- антиоксидантные свойства - бетулинол защищает кожу от свободных радикалов;

- улучшение текстуры кожи - бетулинол помогает улучшить текстуру кожи и сделать ее более гладкой и упругой, сделать морщины менее видимыми, улучшить тонус и эластичность кожи, уменьшить пигментацию.

Одним из самых полезных компонентов в составе экстракта белой березы являются фенолкарбоновые кислоты. Это группа биологически активных веществ, также известные как салициловые кислоты. Они обладают рядом полезных свойств [7], таких как: кератолитические свойства - фенолкарбоновые кислоты являются кератолитическими агентами, которые способствуют удалению мертвых клеток кожи и улучшить ее текстуру; антибактериальные свойства - уменьшают количество бактерий на коже и предотвращают возникновение воспалительных процессов.

Танины - полифенольные соединения - являются одним из основных биологически активных компонентов в экстракте из листьев белой березы. Они могут оказывать антиоксидантное действие, защищают кожу от вредного воздействия ультрафиолета, а также способны поддерживать гидролипидный слой кожи, что замедляет старение [8]. Количество танинов в экстракте из березы может варьироваться в зависимости от методов получения экстракта, концентрации и качества сырья. Обычно содержание танинов в экстракте из листьев березы составляет от 5% до 15%.

#### 4. Выводы

Косметические средства, где в качестве экстракта растительного происхождения будет выступать экстракт из листьев белой березы, обеспечат уход за кожей пожилых людей с достижением высокой степени действия на структурно-ухудшенное состояние кожи, позволят поддерживать гидролипидную мантию кожи пожилых и поддерживать барьерные функции кожи. Использование экстракта из листьев белой березы в качестве альтернативной сырьевой базы для производства косметической продукции обеспечит косметическую отрасль натуральным растительным сырьем и перспективным ингредиентом и даст возможность наиболее эффективно использовать ресурсы России.

#### Библиографический список

1. Эрнандес, Э.Н. (2022). Новая косметология. Возрастная и гендерная косметология. М: Косметика и Медицина. 424 с.
2. Пучкова, Т.В. (2015). Энциклопедия ингредиентов для косметики и парфюмерии. М: Школа косметических химиков. 409 с.
3. Третьяков, С.И. (2015). Бетулин: получение, применение, контроль качества. М: ИД САФУ. 181 с.
4. Пучкова, Т.В. (2017). Основы косметической химии. Том 1. М: Школа косметических химиков. 306с.
5. Пучкова, Т.В. (2017). Основы косметической химии. Том 2. М: Школа косметических химиков. 340с.
6. Флоренс, Барретт-Хилл. (2017). Косметическая химия. М: ООО ИД “Косметика и медицина”. 232с.
7. Пучкова, Т.В. (2016). Химия и технология в парфюмерно-косметической индустрии. М: ИД “Профессия”. 659с.
8. Шевцова, А.А. (2022). Энциклопедия современной косметологии. М: ООО ИД “Косметика и медицина”. 367с.

## ПОВЫШЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ КОНДИТЕРСКИХ ГЛАЗУРЕЙ

Перфильев Д.С.\*, Мазукабзова Э.В.

\*e-mail: 47diman@gmail.com

*Научный руководитель: докт. техн. наук, проф. Зайцева Л.В.*

*Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности - филиал  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный  
центр пищевых систем имени В.М. Горбатова" РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** кондитерская глазурь, заменитель масла какао лауринового типа, ресвератрол, обогащённый пищевой продукт.

### АННОТАЦИЯ

В настоящее время около 60% всех неинфекционных заболеваний в мире связано с неправильным питанием. Одной из теорий старения организма является теория оксидативного стресса, заключающаяся в том, что с возрастом в клетках увеличивается уровень активных форм кислорода и снижается антиоксидантная защита организма. Актуальным является разработка продуктов, обеспечивающих сохранение здоровья и продления активного долголетия населения Российской Федерации. Цель исследования - разработка кондитерской глазури на основе заменителя масла какао лауринового типа с повышенной антиоксидантной активностью. В работе использованы общепринятые и специальные методы исследований. Разработана кондитерская глазурь с высоким содержанием ресвератрола, позволяющая производить глазированные изделия, обогащенные ресвератролом, оказывающим укрепляющее влияние на сердечно-сосудистую систему, обладающим иммуномодулирующим, антиканцерогенным, гепатопротекторным и антибактериальным эффектами.

### INCREASING THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF CONFECTIONERY GLAZES

Perfilev D.S.\*, Mazucabzova E.V.

\*e-mail: 47diman@gmail.com

*Supervisor of studies: Doctor of Engineering Sciences Zaitseva L.V.*

*All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry – a branch of the V. M. Gorbatov Federal  
Research Center for Food Systems of the RAS., Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** confectionery glaze, cocoa butter substitute lauric type, resveratrol, fortified food product.

### ABSTRACT

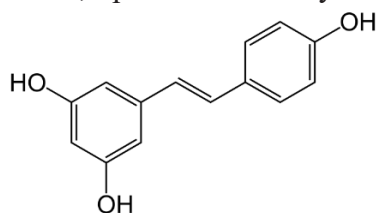
Currently, about 60% of all non-communicable diseases in the world are associated with poor nutrition. One of the theories of aging of the body is the Theory of oxidative stress, which consists in the fact that with age the level of reactive oxygen species in cells increases and the antioxidant defense of the body decreases. The development of products that ensure the preservation of health and prolongation of active longevity of the population of the Russian Federation is relevant. The aim of the study is to develop a confectionery glaze based on a lauric-type cocoa butter substitute with increased antioxidant activity. The work uses generally accepted and special research methods. A confectionery glaze with a high content of resveratrol has been developed, which makes it possible to produce glazed products enriched with resveratrol, which has a strengthening effect on the cardiovascular system, has immunomodulatory, anti-carcinogenic, hepatoprotective and antibacterial effects.

### 1. Введение

В настоящее время около 60% всех неинфекционных заболеваний в мире носит алиментарный характер. Большая роль в выполнении задач по увеличению продолжительности жизни населения Российской Федерации отводится обеспечению всех категорий граждан качественной пищевой продукцией, способствующей соблюдению принципов правильного питания и профилактике различных заболеваний. Поэтому актуальным является разработка продуктов, обеспечивающих сохранение здоровья и продления активного долголетия населения РФ.

Одной из теорий старения является теория оксидативного стресса или теория свободных радикалов, заключающаяся в том, заключающаяся в том, что с возрастом в клетках увеличивается уровень активных форм кислорода и снижается антиоксидантная защита организма, что требует увеличения потребления антиоксидантов [1].

Один из эффективных антиоксидантов – ресвератрол, обладающий следующими свойствами (рис. 1): снижает риск развития злокачественных новообразований; оказывает позитивное влияние на сердечно-сосудистую систему; оказывает мощный гепатопротекторный эффект; блокирует воспалительные реакции, обладает антибактериальными свойствами; оказывает противоаллергическое действие; производит иммуномодулирующий эффект [2-5].



**Рисунок 1.** Химическая формула ресвератрола

Целью исследования являлось разработка кондитерской глазури на основе заменителя масла какао лауринового типа с повышенной антиоксидантной активностью.

Кондитерская глазурь выбрана в качестве объекта исследования в связи с тем, что наибольшую часть рынка кондитерских изделий после мучных кондитерских изделий занимают шоколадные и какао-содержащие продукты, куда относятся и глазированные изделия. При этом для продуктов массового потребления используется кондитерская глазурь [6].

## 2. Материалы и методы

Для производства модельных образцов кондитерской глазури использовали: заменитель масла какао нетемпераемый лауринового типа (по сертификату фирмы производителя DV Trading); ресвератрол (по сертификату фирмы производителя DSM); какао порошок алкализированный по ГОСТ 108-2014 «Какао-порошок. Технические условия»; сахарная пудра по ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия»; лецитин соевый по ГОСТ 32052-2013 «Добавки пищевые. Лецитины E322. Общие технические условия»; эмульгатор PGPR по спецификации фирмы производителя Palsgaard, Дания; ванилин по ГОСТ 16599-71 «Ванилин. Технические условия».

В работы были применены следующие методы исследований кондитерских глазурей: органолептический анализ в соответствии с ГОСТ Р 53897 «Глазурь. Общие технические условия»; количество ресвератрола методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Жирнокислотный состав заменителя масла какао исследовали методом газовой хроматографии по ГОСТ Р 54686-2011 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли насыщенных жирных кислот» на газовом хроматографе 4890D с пламенно-индукционным детектором (Hewlett-Packard, США)

## 3. Результаты и обсуждение

Исследован жирнокислотный состав заменителя масла какао лауринового типа, представленный в таблице 1. Установлено, что в соответствии с действующим законодательством заменитель масла какао относится к лауриновому типу – содержание лауриновой кислоты не менее 50%.

Таблица 1

### Жирнокислотный состав заменителя масла какао лауринового типа

Показатель	Значение
Жирнокислотный состав:	
С8:0-С10:0	3,1
С12:0 (лауриновая)	51,0
С14:0 (миристиновая)	22,2
С16:0 (пальмитиновая)	10,6
С18:0 (стеариновая)	11,1
Ненасыщенные жирные кислоты	1,0

Исследована растворимость ресвератрола в пищевых растворителях (табл. 2). Проведенные исследования показали, что ресвератрол хорошо растворим в этиловом спирте, значительно менее растворим в воде и нерастворим в растительных маслах. В качестве дисперсной среды кондитерская глазурь содержит расплавленную жировую фазу, в которой ресвератрол нерастворим. Поэтому решено было вносить препарат ресвератрол в сахарную пудру, так как он

имеет кремовый цвет и можно отслеживать степень его распределения в сахарной пудре, обладающей белым цветом.

Таблица 2

## Растворимость ресвератрола в различных растворителях

Ресвератрол, максимальная концентрация, мг/100 мл	Растворитель				
	Вода		Растительное масло		Этиловый спирт
	холодная	горячая	холодное	горячее	холодный
	3	4,83	н/р	н/р	5000

Выработка модельных образцов кондитерской глазури производилась в лабораторных условиях ВНИИКП, с использованием шариковой мельницы. Ресвератрол вносился из расчета получения обогащенного глазированного печенья на уровне не менее 15% на 100 ккал готового продукта от его рекомендуемого суточного потребления (РСП=30 мг/сут). Рассмотрено 3 дозировки внесения ресвератрола: 20% (1), 30% (2) и 40% (3) от РСП.

Проведенная органолептическая оценка модельных образцов глазури показала, что все образцы с ресвератролом не отличались друг от друга и от контрольного образца (глазурь без ресвератрола), и получили максимальное количество баллов.

В выработанных образцах кондитерской глазури определено содержание ресвератрола, составившее в образце 1 – 87 мг/100 г; в образце 2 – 133 мг/100 г; в образце 3 -172 мг/100 г. Полученные результаты свидетельствуют о высоком содержании ресвератрола в модельных образцах кондитерской глазури. Использование произведенной глазури для глазирования кондитерских изделий позволит получать пищевую продукцию с повышенными антиоксидантными свойствами.

### 4. Выводы

Разработана кондитерская глазурь с высоким содержанием ресвератрола, позволяющая производить глазированные изделия, обогащенные ресвератролом, оказывающим укрепляющее влияние на сердечно-сосудистую систему, обладающим иммуномодулирующим, антиканцерогенным, гепатопротекторным и антибактериальным эффектами.

### Библиографический список

1. Kryston, T. B., Georgiev, A. B., Pissis, P., Georgakilas, A. G. (2011). Role of oxidative stress and DNA damage in human carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 711(1-2), 193-201. <https://doi.org/10.1016/j.mrfm.2010.12.016>
2. Реулец, Л.М., Кахановская, С.В. (2013). Ресвератрол как антиоксидант. *Вестник Приднестровского университета. Серия: Медико-биологические и химические науки*, 2(44), 121-123.
3. Asensi, M., Medina, I., Ortega, A., Carretero, J., Baño, M. C., Obrador, E., Estrela, J. M. (2002). Inhibition of cancer growth by resveratrol is related to its low bioavailability. *Free Radical Biology and Medicine*, 33(3), 387-398. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(02\)00911-5](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(02)00911-5)
4. Harper, C. E., Cook, L. M., Patel, B. B., Wang, J., Eltoum, I. A., Arabshahi, A., Lamartiniere, C. A. (2009). Genistein and resveratrol, alone and in combination, suppress prostate cancer in SV-40 tag rats. *The Prostate*, 69(15), 1668-1682. <https://doi.org/10.1002/pros.21017>
5. Baur, J. A., Sinclair, D. A. (2006). Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. *Nature reviews Drug discovery*, 5(6), 493-506.
6. Драничкина, А.С. (2023) Тенденции потребления кондитерских изделий в условиях экономической нестабильности. *Хлебопродукты*, 4, 56-59.



## ВЛИЯНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Полищук Е. К.

*e-mail: e.politchuk@fneps.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук Котенкова Е. А.*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *биоактивная упаковка, биополимеры, хитозан, переработка отходов, антимикробные вещества*

### АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассмотрена возможность применения антимикробных веществ животного происхождения в качестве армирующих компонентов для пленочных материалов на основе хитозана, что может являться основой для дальнейшего создания активной упаковочной системы для пищевой продукции. Объектами исследования, содержащими вещества антимикробной направленности, были слизистые оболочки языка и гортани, подчелюстные лимфатические узлы и слизистая оболочка прямой кишки крупного рогатого скота. В качестве матрицы для создания биоактивного упаковочного материала был выбран хитозан пищевой кислоторастворимый с молекулярной массой 500 кДа и степенью деацетилирования 85 %. Экстракцию антимикробных веществ из животного сырья осуществляли 10 % раствором уксусной кислоты с последующим гидролизом эластазой или коллагеназой. Антимикробную активность гидролизатов по отношению к *P. aeruginosa* оценивали методом проточной цитометрии. Наиболее перспективными образцами для включения в хитозановую матрицу были коллагеназный и эластазный гидролизаты прямой кишки. Из нескольких пленкообразующих растворов хитозана выбирали наиболее подходящий путем визуальной оценки и оценки структурно-механических свойств полученных хитозановых пленок. Результаты оценки структурно-механических свойств пленок с добавлением гидролизатов показали значительное улучшение прочности при растяжении получаемых пленочных материалов – в 2,8 раза при добавлении коллагеназного гидролизата слизистой прямой кишки и в 3,4 раза – при добавлении эластазного.

**Финансирование:** Определение антимикробной активности гидролизатов животных тканей выполнено в рамках проекта РФФ № 17–76–10033. Исследование пленочных материалов на основе хитозана проводилось в рамках темы НИР FNEN-2019–0008 государственного задания ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

## INFLUENCE OF ANTIMICROBIAL COMPOUNDS OF ANIMAL ORIGIN ON STRENGTH CHARACTERISTICS OF BIOPOLYMER MATERIALS

Polishchuk E.K.

*e-mail: e.politchuk@fneps.ru*

*Supervisor of studies: Kotenkova E. A.*

*V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *bioactive packaging, biopolymers, chitosan, waste processing, antimicrobials*

### ABSTRACT

This paper considers the possibility of using antimicrobial substances of animal origin as reinforcing components for chitosan-based film materials, which can be the basis for further development of an active packaging system for food products. The objects of the study, containing antimicrobial substances, were mucous membranes of the tongue and larynx, submissive lymph nodes and mucous membrane of the rectum of cattle. Food-grade chitosan acid-soluble with a molecular mass of 500 kDa and a degree of deacetylation of 85% was selected as a matrix for producing bioactive packaging material. Antimicrobial substances were extracted from animal raw materials by 10% solution of acetic acid followed by hydrolysis by elastase or collagenase. The antimicrobial activity of hydrolysates in relation to *P. aeruginosa* was evaluated by flow cytometry. The most promising specimens for inclusion in the chitosan matrix were collagenase and elastase rectal hydrolysates. From several film-forming solutions chitosan was chosen the most suitable way by visual evaluation and evaluation of structural-mechanical properties of the obtained chitosan films. The results of the

evaluation of the structural-mechanical properties of the hydrolysate-added films showed a significant improvement in the tensile strength of the resulting film materials – 2,8 times when the collagenase hydrolysate of the rectal mucosa was added and 3,4 times - when adding elastase hydrolysate.

**Funding:** Determination of antimicrobial activity of animal tissue hydrolysates was funded by the Russian Science Foundation (project No. 17-76-10033). Investigation of film materials based on chitosan was funded by state assignment of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, No. FNEN-2019-0008.

## 1. Введение

Пищевая упаковка имеет важное значение для транспортировки и хранения продуктов, а также обеспечения их безопасности и качества за счет защиты содержимого от загрязнений и порчи. Традиционная упаковка в основном изготавливается из пластмасс на нефтяной основе [1], производство которых за последние десятилетия значительно выросло во всем мире [2]. Поскольку пластики обладают низкой способностью к биологическому разложению, а их повторное использование и переработка ограничены, их повсеместное применение может привести к неблагоприятным последствиям для окружающей среды [1], по этой причине растет интерес к использованию натуральных упаковочных материалов.

Упаковочные материалы на основе природных биополимеров становятся все более популярными благодаря их свойствам: они являются экологически чистыми, нетоксичными и биоразлагаемыми [3]. Наиболее часто используемыми для получения упаковочных материалов биополимерами являются полисахариды, белки и липиды [4], которые обладают хорошей способностью образовывать пленки/покрытия и способны создавать тонкий защитный слой на поверхности пищевых продуктов. Кроме того, биополимерные материалы могут быть основой активной упаковочной системы и служить носителями антимикробных веществ, антиоксидантов, и других активных агентов, что позволит защитить пищевые продукты от порчи и снизить риск роста патогенных микроорганизмов за счет создания барьера и действия активных компонентов на границе продукта с упаковкой [5].

Достаточно перспективен для применения в данных целях биополимер хитозан – линейный полисахарид, состоящий из случайно связанных звеньев  $\beta$ -(1,4)-D-глюкозамина и N-ацетил-D-глюкозамина, и представляющий собой деацетилированное посредством щелочей производное хитина, который является вторым наиболее распространенным структурным полисахаридом, встречающимся в природе после целлюлозы. Хитозан обладает хорошими пленкообразующими свойствами, и в дополнение к этому – антимикробными свойствами [6]. Однако пленки, разработанные только лишь из хитозана, не соответствуют критериям упаковочной продукции, являются жесткими и ломкими, вот почему важно при их приготовлении использовать такие пластификаторы, как полиэтиленгликоль (ПЭГ) или глицерин, для улучшения механических свойств. Добавление ПЭГ и глицерина способствует получению относительно мягких и стабильных хитозановых пленок, так как эти вещества предотвращают образование двойных связей между соседними полимерными цепями, что препятствует рекристаллизации. Ограничения в использовании хитозана также связаны с недостаточными прочностными характеристиками получаемых из него пленочных материалов – прочностью при растяжении и относительным удлинением при разрыве, – показателями, являющимися ключевыми при оценке структурно-механических свойств упаковочного материала.

В качестве биоактивных компонентов, в том числе улучшающих функциональные свойства хитозановых пленок, обычно используют различные антиоксиданты, наночастицы, эфирные масла, растительные экстракты и прочие вспомогательные вещества [7-9]. Такими добавками также могут стать и антимикробные вещества животного происхождения, в частности антимикробные пептиды (АМП), которые могут использоваться как эффективные природные консерванты для пищевой продукции. Данные вещества являются объектом исследований многих ученых, так как заключают в себе эволюционный древний механизм защиты против большого спектра грамотрицательных и грамположительных бактерий, грибов, вирусов и эукариотических паразитов [10]. Первоначально АМП синтезируются в организме животных в виде предшественников (препобелков) с консервативными сигнальными и пропептидными последовательностями, то есть зрелый антимикробный пептид «запакован» в молекуле [11-13] до тех пор, пока иммунный ответ не спровоцирует его высвобождение. Для активации АМП вне живого организма необходима «распаковка» молекулы-предшественника, которую можно осуществить с помощью ферментативной обработки. Ключевой задачей в данном случае

является подбор фермента таким образом, чтобы максимально высвободить АМП, не потеряв при этом их антимикробной активности.

Большинство изученных АМП млекопитающих были идентифицированы в нейтрофильных гранулоцитах [14], однако они также были обнаружены в эпителии тонкого кишечника, языке, миелоидных и эпителиальных клетках, хоть и в меньшем количестве. Пограничные ткани животных являются богатым источником как антимикробных конститутивных последовательностей, так и вариабельных соединений, накапливаемых и индуцируемых в ответ на контакт с патогеном [15]. Это позволяет рассматривать не только гранулярный аппарат как основной источник антимикробных веществ, но и слизистые оболочки сельскохозяйственных животных, учитывая их интенсивный контакт с широким спектром разнообразных биологических агентов (патогенные и оппортунистические микроорганизмы, вирусы, грибы) [16]. Получение антимикробных веществ из слизистых оболочек животных, в частности крупного рогатого скота, довольно перспективно и выгодно с точки зрения рационального использования непищевых отходов переработки скота. При выборе такого сырья в качестве источника АМП, применение таких ферментов, как коллагеназа и эластаза, целесообразно не только для активации антимикробной активности, но и для размягчения тканей, богатых коллагеном и эластином.

В связи с вышеперечисленными недостатками и проблемами упаковочных материалов, в том числе биополимерных, целью настоящей работы было изучение влияния антимикробных соединений из непищевых отходов переработки скота на прочностные характеристики хитозановых пленочных материалов для дальнейшего создания активной упаковочной системы.

## 2. Материалы и методы

В качестве объектов исследования, содержащих вещества антимикробной направленности, были отобраны слизистые оболочки языка и гортани, подчелюстные лимфатические узлы и слизистая оболочка прямой кишки крупного рогатого скота. Ткани отбирали на ООО «Пушкинский мясной двор», Московская область, г. Пушкино. Животное сырье очищали от сопутствующих тканей ножами MICROM, замораживали при минус 40°C (не позднее 2-х часов после отбора), затем в замороженном виде измельчали, проводили данную процедуру трехкратно до достижения размера измельченных частиц диаметром  $3\pm 1$  мм.

Для приготовления эластазных и коллагеназных гидролизатов тканей к навеске измельченного образца приливали 10%-й раствор уксусной кислоты (гидромодуль 1:5) и оставляли при температуре 4°C на 4 часа. По окончании процесса полученные экстракты доводили до оптимума pH ферментов раствором 4M гидроксида натрия. Далее в 1 мл фосфатно-солевого буфера (1x) растворяли 10 мг эластазы (8 U/mg, Sigma-Aldrich). К 6 мл полученного экстракта приливали по 70 мкл раствора эластазы или по 2,8 мкл коллагеназы (12 U/mg, U. S. Pharmascoria), количество которой рассчитывали, исходя из процентного содержания белка в слизистых оболочках КРС (~18%) и содержания чистой коллагеназы в коммерческом реактиве (52 мг/мл). Оставляли экстракты с эластазой или коллагеназой на 2 часа при температуре 37°C. По окончании процесса образцы центрифугировали (Centrifuge 5427 R, Eppendorf, Германия) со скоростью 6000 об/мин, отбирали супернатант, в котором доводили значение pH до 6,5-7,0 раствором 4M гидроксида натрия. Полученные образцы центрифугировали в центрифужных ультрафильтрах Amicon Ultra-4 (50 кДа для коллагеназных гидролизатов и 10кДа для эластазных гидролизатов, Millipore, США) в течение 7 минут со скоростью 5000 об/мин, чтобы отделить раствор пептидов от фермента.

Антимикробную активность веществ, содержащихся в гидролизатах, проверяли методом проточной цитометрии по отношению к культуре клеток *P. aeruginosa* ATCC 27853. Штамм был получен из Государственного научно-исследовательского центра прикладной биотехнологии и микробиологии (г. Оболensk, Московская обл., Россия).

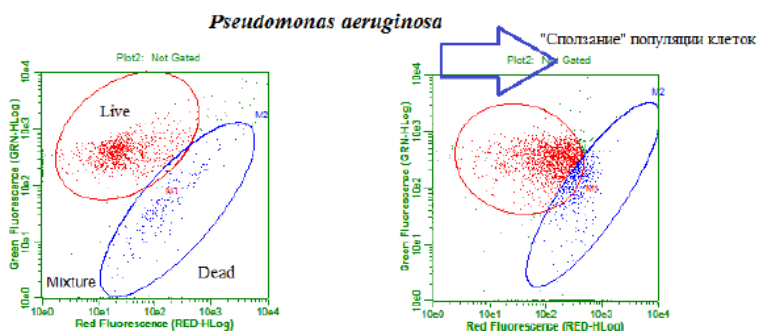
В качестве положительного контроля (К+) использовали суспензию клеток с начальной концентрацией  $1,1\div 1,7\times 10^7$  кл/мл. Для получения отрицательного контроля полученную суспензию прогревали при 100 °C в течение 10 мин.

Окрашивание *P. aeruginosa* проводили с использованием набора реагентов "LIVE/DEAD™ BacLight™ Bacterial Viability and Counting Kit (Thermo, США), состоящего из 2 готовых к употреблению растворов красителей SYTO 9 и пропидия йодида (PI). Для этого 987 мкл 0,9% раствора натрия хлорида смешивали с 1,5 мкл SYTO 9 и 1,5 мкл PI, добавляли 10 мкл культуры,

тщательно перемешивали, инкубировали в темных светозащитных эппендорфах (Axigen, США) в течение 15 минут, измеряли популяции живых и мертвых клеток на проточном цитометре Guava EasyCyte (MerkMillipore, Германия). При невоспроизведении паттернов основного алгоритма анализа, представленного на рисунке 1, проводили дополнительное окрашивание живых и мертвых клеток *P. aeruginosa* красителями cFDA и PI, соответственно.

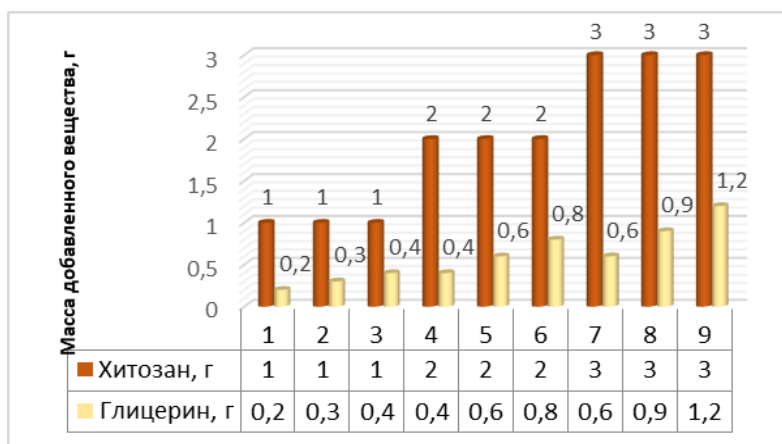
Для оценки антимикробной активности к 10 мкл гидролизата добавляли 90 мкл бактериальной культуры. Образцы инкубировали при температуре 37 °С, измеряли популяции живых и мертвых клеток на проточном цитометре Guava EasyCyte через 3,5 часа инкубации. Положительный контроль готовили смешиванием 10 мкл триптиказо-соевого бульона (TSB, Liofilchem) и 90 мкл культуры.

В качестве матрицы для создания биогибридного упаковочного материала был выбран хитозан пищевой кислоторастворимый с молекулярной массой 500 кДа и степенью деацетилирования 85 % (ООО «Биопрогресс», Московская область, г. Щелково, пос. Биокомбината).



**Рисунок 2.** Примеры невоспроизведения паттернов

Для приготовления хитозановых пленочных материалов готовили 9 пленкообразующих растворов, варьируя в них содержание хитозана и глицерина (рис. 2). Для этого в 1%-м (об./об.) растворе ледяной уксусной кислоты растворяли навеску хитозана при постоянном перемешивании с использованием магнитной мешалки (ММ-5, СССР) в течение 2-х часов при комнатной температуре, добавляли глицерин в качестве пластификатора и перемешивали систему еще в течение часа на магнитной мешалке. Готовые пленкообразующие растворы отливали по 36 мл и 60 мл в пластиковые формы (15,5 × 7,8 см) для достижения разной высоты залитого раствора – 3 мм и 5 мм (образцы с индексом X.1) и сушили в течение 72 ч при комнатной температуре.



**Рисунок 3.** Состав пленкообразующих растворов (на 100 мл 1%-й  $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

Перед определением структурно-механических свойств проводились визуальный осмотр и сенсорная оценка (внешний вид, целостность, однородность, гибкость) полученных пленочных материалов. Толщину пленок измеряли цифровым микрометром (Asimeto, Тайвань). Прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве пленочных материалов определяли на универсальной испытательной машине AGS-1kNX (Shimadzu, Япония) в соответствии с ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение» [17].

Для создания активных пленочных материалов по итогам оценки антимикробной активности отбирали наиболее подходящие гидролизаты животных тканей и измеряли в них содержание веществ белково-пептидной природы с помощью биуретовой реакции на



полуавтоматическом биохимическом анализаторе Biochem SA (HTI, США). Условно принимали, что количество белково-пептидных компонентов в гидролизатах соответствует количеству содержащихся в гидролизатах антимикробных веществ. Расчёт количества вносимых в пленочный материал гидролизатов вели по нормам внесения консерванта низина (E234) в пищевые продукты. На основании визуальной и сенсорной оценки хитозановых пленочных материалов, а также исходя из результатов определения структурно-механических свойств полученных пленочных материалов, выбирали наиболее подходящие образцы для создания активной упаковки. Пленкообразующие растворы для создания пленок с антимикробным агентом готовили по аналогии с предыдущими, однако антимикробный агент в необходимой дозировке вносили после перемешивания системы с пластификатором и оставляли в течение ещё 15 минут на магнитной мешалке, затем растворы отливали в пластиковые формы (15,5 × 7,8 см) и сушили в течение 120 часов при комнатной температуре. Определение структурно-механических свойств пленок проводили на универсальной испытательной машине AGS-1kNX (Shimadzu, Япония), как было описано ранее. Статистический анализ результатов исследования структурно-механических свойств пленок с добавлением гидролизатов проводили с помощью встроенной функции Microsoft Excel «Анализ данных» Однофакторный дисперсионный анализ. Результаты представлялись в виде «Median ± SD».

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты определения антимикробной активности гидролизатов по отношению к *Pseudomonas aeruginosa* представлены в таблице 1.

По истечении 3,5 часов инкубации с бактериальной культурой все коллагеназные гидролизаты проявляли антимикробную активность, причем наиболее высокой она была у коллагеназного гидролизата слизистой прямой кишки – количество живых клеток по отношению к положительному контролю в этом образце составляло 31,84 %. Наименее эффективным оказался коллагеназный гидролизат слизистой языка, после инкубации с которым число живых клеток составляло 41,72 %. Число мертвых клеток во всех пробах с коллагеназными гидролизатами было относительно небольшим – от 5,52 до 10,09 %.

Таблица 1

**Результаты определения антимикробной активности эластазных и коллагеназных гидролизатов по отношению к *P. Aeruginosa***

Образец	3,5 часа инкубации					
	Коллагеназа			Эластаза		
	Всего клеток, % к К+ (всего)	Живые клетки, % к К+ (жив)	Мертвые клетки, % от всего клеток	Всего клеток, % к К+ (всего)	Живые клетки, % к К+ (жив)	Мертвые клетки, % от всего клеток
Слизистая языка	48,44	46,24	7,11	47,05	40,93	15,70
Слизистая гортани	42,79	41,72	5,52	28,67	27,06	8,56
Подчелюстные лимфатические узлы	38,14	36,11	8,25	52,92	51,68	5,37
Слизистая прямой кишки	34,31	31,84	10,09	28,39	27,10	7,51

Все эластазные гидролизаты также проявляли довольно высокую антимикробную активность, однако наиболее эффективными оказались гидролизаты слизистой гортани и прямой кишки – количество живых клеток *Pseudomonas aeruginosa* в пробах с данными гидролизатами было примерно одинаковым и составляло не более 27,10 %.



В соответствии с полученными результатами, для включения в хитозановую матрицу были отобраны эластазный и коллагеназный гидролизаты прямой кишки. Следует отметить, что получение антимикробных веществ из такого сырья также более выгодно с точки зрения его доступности, в отличие от других тканей, представленных в данном исследовании.

По результатам визуальной и сенсорной оценки высушенных хитозановых пленочных материалов наиболее приемлемыми для упаковки пищевой продукции оказались образцы под номерами 1, 3.1 и 9 (рис. 3). Тем не менее, исследование структурно-механических свойств было проведено на всех полученных пленочных материалах из хитозана. Результаты испытаний механической прочности представлены в таблице 2.

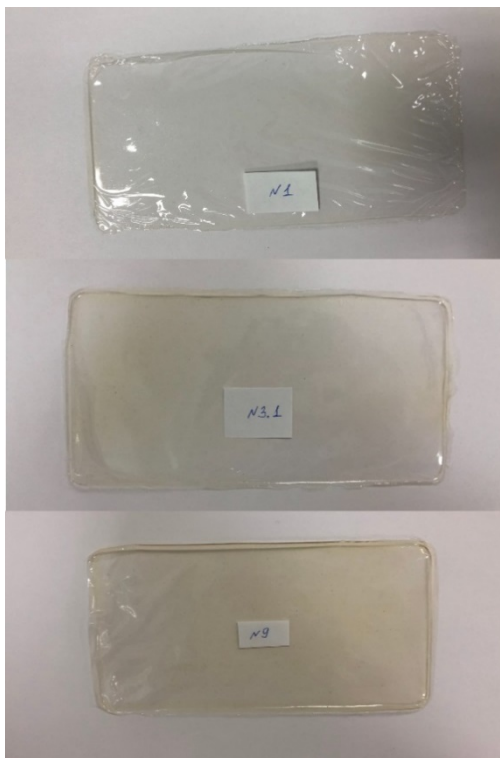


Рисунок 4. Хитозановые пленочные материалы

Таблица 2

**Результаты исследований структурно-механических свойств пленочных материалов из хитозана**

№ Образца	Толщина, мм	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	№ Образца	Толщина, мм	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
1	0,044	9,79±1,41	22,18±2,15	5.1	0,129	9,33±2,74	32,35±4,55
1.1	0,082	13,23±1,14	37,15±5,29	6	0,124	4,67±0,85	18,09±2,29
2	0,063	5,44±0,92	23,11±2,38	6.1	0,162	11,07±1,03	33,68±4,15
2.1	0,061	20,59±3,29	29,57±3,92	7	0,084	15,67±0,95	35,41±3,81
3	0,030	5,02±0,54	9,17±1,89	7.1	0,173	22,83±2,32	36,73±3,60
3.1	0,052	8,12±1,28	20,48±2,08	8	0,093	6,56±0,74	24,24±2,66
4	0,154	3,80±0,75	12,68±1,94	8.1	0,190	7,21±0,81	32,77±5,91
4.1	0,159	16,45±2,05	37,32±3,96	9	0,108	3,36±0,52	9,63±1,90
5	0,119	9,86±1,51	25,23±4,02	9.1	0,222	6,43±0,60	28,48±3,02

Согласно требованиям ГОСТ Р 57432-2017 «Упаковка. Пленки из биоразлагаемого материала. Общие технические условия» [18], пленки из хитозана относятся к первому типу, толщина их не должна превышать 0,5 мм, прочность при растяжении в продольном направлении должна быть не менее 25 МПа, а относительное удлинение при разрыве должно составлять не менее 5 %. Как видно из полученных результатов, показатели толщины и относительного удлинения при разрыве всех пленок соответствуют критериям настоящего стандарта. Достигнуть же соответствующего нормам показателя прочности при растяжении не удалось ни в одном из

исследуемых образцов, наиболее прочными были пленки под номерами 7.1 и 4.1 (прочность при растяжении составляла  $22,83 \pm 2,32$  МПа и  $16,45 \pm 2,05$  МПа соответственно), однако по итогам визуальной и сенсорной оценки данных образцов были выявлены недостаточная эластичность и большая толщина данных образцов, что не позволяет использовать их в качестве упаковочного материала для пищевой продукции.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости добавления в хитозановую матрицу дополнительных армирующих компонентов, что позволило бы увеличить показатели прочности при растяжении, не ухудшая при этом их эластичности.

Толщина образцов, выбранных по итогам визуальной и сенсорной оценки (№1, 3.1, 9) составляла 0,044 мм, 0,052 мм и 0,108 мм соответственно, наилучшие показатели прочности при растяжении были у образцов 1 и 3.1 ( $9,79 \pm 1,41$  МПа и  $8,12 \pm 1,28$  МПа соответственно), у образца номер 9 данный показатель был на уровне  $3,36 \pm 0,52$  МПа. Сравнивая показатели относительного удлинения при разрыве образцов 1 и 3.1, можно сделать вывод о большей эластичности образца под номером 1 ( $22,18 \pm 2,15$  %), однако и у образца под номером 3.1 эта цифра составляла  $20,48 \pm 2,08$  %, то есть это расхождение не было существенным.

Несмотря на небольшие различия в структурно-механических свойствах образцов 1 и 3.1, для дальнейшего внесения в пленочный материал антимикробных агентов был выбран образец 3.1 ввиду более подходящей толщины для упаковки пищевой продукции.

С помощью биуретовой реакции было выявлено, что содержание белково-пептидных веществ в коллагеназных и эластазных гидролизатах слизистых прямой кишки КРС было примерно одинаковым и колебалось в диапазоне 1,2 – 1,7 г/л, исходя из чего был сделан перерасчет по нормам содержания низина в пищевых продуктах и рассчитаны дозировки внесения гидролизатов в каждую пленку.

Для дальнейших исследований пленочных материалов с антимикробными агентами был приготовлен пленкообразующий раствор с составом, соответствующим раствору под номером 3 (рис. 2). Затем раствор делили на 3 части по 60 мл и вносили в каждую гидролизаты в количестве, показанном в таблице 3.

Таблица 3

**Количество вносимых антимикробных агентов**

Антимикробный агент	Внесенное количество, мкл
Коллагеназный гидролизат слизистой прямой кишки КРС (К)	561
Эластазный гидролизат слизистой прямой кишки КРС (Э)	150
(Контрольный образец)	0

Результаты исследований структурно-механических свойств хитозановых пленочных материалов с добавлением антимикробных агентов представлены в таблице 4. Стоит отметить, что при добавлении гидролизатов в хитозановую матрицу, время сушки пленок увеличивалось с 72 часов до 120 часов.

Таблица 4

**Результаты исследований структурно-механических свойств пленочных материалов из хитозана с добавлением антимикробных агентов**

№ Образца	Толщина, мм	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
3.1 (контроль)	0,052	$8,12 \pm 1,28$	$20,48 \pm 2,08$
3.1 + К	0,054	$22,84 \pm 2,73^*$	$23,90 \pm 1,34$
3.1 + Э	0,053	$27,78 \pm 6,60^*$	$22,81 \pm 4,80$

\* - статистически значимое отличие от контроля

Согласно результатам исследований добавление антимикробных агентов белково-пептидной природы приводило к значительному улучшению прочностных характеристик получаемых пленочных материалов – прочность при растяжении в пленочных материалах возрастала в 2,8 раза при добавлении коллагеназного гидролизата слизистой прямой кишки и в 3,4 раза – при добавлении эластазного, по сравнению с контрольным образцом пленки. Это может быть связано с тем, что гидролизаты слизистых оболочек, взаимодействуя с функциональными

группами хитозановой матрицы, образуют дополнительные связи, а также заполняют микропустоты пленочного материала, вследствие чего могут быть улучшены эластичность и прочность пленок [19, 20]. Также стоит учесть, что длительность сушки была увеличена до 120 часов, соответственно, более медленное испарение влаги также могло оказывать влияние на прочностные характеристики пленок и приводить к их улучшению. Следует отметить, что при добавлении эластазного гидролизата к пленкообразующему раствору хитозана показатель прочности при растяжении полученного пленочного материала был на 21,63% больше, чем при добавлении к пленкообразующему раствору коллагеназного гидролизата. Данный эффект может объясняться тем, что даже несмотря на ультрацентрифугирование гидролизатов после процесса гидролиза, остаточные количества ферментов могли оставаться в пробах, и их взаимодействие с хитозановой матрицей было различным, учитывая особенности строения коллагеназы и эластазы. Показатель относительного удлинения при разрыве пленочных материалов также увеличивался с добавлением гидролизатов, по сравнению с контролем, однако это не было статистически значимым результатом.

#### 4. Выводы

В ходе работы были исследованы эластазные и коллагеназные гидролизаты слизистых оболочек языка, гортани, прямой кишки и подчелюстных лимфатических узлов крупного рогатого скота, содержащие в себе вещества с антимикробной направленностью действия. Антимикробная активность гидролизатов оценивалась по отношению к *Pseudomonas aeruginosa* спустя 3,5 часа инкубации с бактериальной культурой. Для включения в хитозановую матрицу по итогам оценки антимикробной активности гидролизатов были выбраны эластазный и коллагеназный гидролизаты прямой кишки. По результатам исследования структурно-механических свойств хитозановых пленочных материалов с различным составом и толщиной был утвержден наиболее подходящий состав пленкообразующего раствора для использования в качестве упаковочного материала пищевой продукции, в который в дальнейшем были добавлены отобранные гидролизаты. Добавление антимикробных агентов белково-пептидной природы приводило к значительному улучшению прочности при растяжении получаемых пленочных материалов – в 2,8 раза при добавлении коллагеназного гидролизата слизистой прямой кишки и в 3,4 раза – при добавлении эластазного. Таким образом, можно рассматривать данные антимикробные соединения в качестве армирующих компонентов пленочных материалов на основе хитозана для дальнейшего создания активной упаковочной системы для пищевой продукции.

#### Библиографический список

1. Shaikh, S., Yaqoob, M., Aggarwal, P. (2021). An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current Research in Food Science*, 4, 503–520. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.005>
2. Ștefănescu, B.E., Socaciu, C., Vodnar, D.C. (2022). Recent Progress in Functional Edible Food Packaging Based on Gelatin and Chitosan. *Coatings*, 12(12), 1815. <https://doi.org/10.3390/coatings12121815>
3. Ali, A., Ahmed, S. (2018). Recent Advances in Edible Polymer Based Hydrogels as a Sustainable Alternative to Conventional Polymers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(27), 6940–6967. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01052>
4. Kraśniewska, K., Galus, S., Gniewosz, M. (2020). Biopolymers-Based Materials Containing Silver Nanoparticles as Active Packaging for Food Applications—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 698. <https://doi.org/10.3390/ijms21030698>
5. Moreira, D., Gullón, B., Gullón, P., Gomes, A., Tavaría, F. (2016). Bioactive packaging using antioxidant extracts for the prevention of microbial food-spoilage. *Food & Function*, 7(7), 3273–3282. <https://doi.org/10.1039/C6FO00553E>
6. Jayakumar, R., Nwe, N., Tokura, S., Tamura, H. (2007). Sulfated chitin and chitosan as novel biomaterials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 40(3), 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2006.06.021>
7. Pranoto, Y., Rakshit, S.K., Salokhe, V.M. (2005). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT - Food Science and Technology*, 38(8), 859–865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.09.014>
8. Siripatrawan, U., Harte, B.R. (2010). Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 770–775. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.003>

9. Souza, V.G.L., Fernando, A.L., Pires, J.R.A., Rodrigues, P.F., Lopes, A.A.S., Fernandes, F.M.B. (2017). Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 107, 565–572. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.056>
10. Keymanesh, K., Soltani, S., Sardari, S. (2009). Application of antimicrobial peptides in agriculture and food industry. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(6), 933–944. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-9984-7>
11. Tossi, A., Sandri, L., Giangaspero, A. (2000). Amphipathic,  $\alpha$ -helical antimicrobial peptides. *Peptide Science*, 55(1), 4–30. [https://doi.org/10.1002/1097-0282\(2000\)55:1<4::AID-BIP30>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1097-0282(2000)55:1<4::AID-BIP30>3.0.CO;2-M)
12. Xiao, B., Sanders, M.J., Underwood, E., Heath, R., Mayer, F.V., Carmena, D., Jing, C., Walker, P.A., Eccleston, J.F., Haire, L.F., Saiu, P., Howell, S.A., Aasland, R., Martin, S.R., Carling, D., Gamblin, S.J. (2011). Structure of mammalian AMPK and its regulation by ADP. *Nature*, 472(7342), 230–233. <https://doi.org/10.1038/nature09932>
13. Boparai, J.K., Sharma, P.K. (2019). Mini Review on Antimicrobial Peptides, Sources, Mechanism and Recent Applications. *Protein & Peptide Letters*, 27(1), 4–16. <https://doi.org/10.2174/0929866526666190822165812>
14. Ryu, M., Park, J., Yeom, J.-H., Joo, M., Lee, K. (2021). Rediscovery of antimicrobial peptides as therapeutic agents. *Journal of Microbiology*, 59(2), 113–123. <https://doi.org/10.1007/s12275-021-0649-z>
15. Kotenkova, E., Lukinova, E., Kovalyov, L. (2018). Bovine mucous membranes as a source of antimicrobial compounds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1), 667–672. <https://doi.org/10.5219/976>
16. Лукинова, Е. А., Котенкова, Е. А., Макаренко, А. Н. (2017). Антимикробные вещества: альтернативный подход к продлению сроков хранения. *Теория и Практика Переработки Мяса*, 2(3), 4–17. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-3-4-20>
17. ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение». – М.: Издательство стандартов. – 1989. – 10 с.
18. ГОСТ Р 57432-2017 «Упаковка. Пленки из биоразлагаемого материала. Общие технические условия». – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
19. Evranos, B., Aycan, D., Alemdar, N. (2019). Production of ciprofloxacin loaded chitosan/gelatin/bone ash wound dressing with improved mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, 222, 115007. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115007>
20. Zhang, X., Lian, H., Shi, J., Meng, W., Peng, Y. (2020). Plant extracts such as pine nut shell, peanut shell and jujube leaf improved the antioxidant ability and gas permeability of chitosan films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 1242–1250. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.108>

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ЙОДОМ ЛАМИНАРИИ БЕЛОМОРСКОЙ

Савкина К.Н.

*e-mail: savkinakn2@mstu.edu.ru*

*Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Шокина Ю.В.*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Мурманский арктический университет», Мурманск, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ламинария, йод, обогащенный продукт, хлебцы

### АННОТАЦИЯ

Результаты, описанные в данной статье посвящены исследованиям в области разработки рецептур и технологий новых мучных изделий, обогащённых йодом ламинарии беломорской. Было проведено маркетинговое исследование, которое подтверждает актуальность разработки такой продукции, исследован химический состав и отдельные функционально-технологические свойства сушеной ламинарии беломорской в виде порошка. В частности, доказано достаточно высокое содержание йода в водоросли, что делает ее отличным ингредиентом для обогащения продуктов питания. Были разработаны и оптимизированы с помощью программы MatLab окончательные рецептуры четырех мучных изделий в категории хлебцы, такие как «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом», «Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом», «Хлебцы мультизлаковые, обогащенные йодом» и «Хлебцы пряные, обогащенные йодом».

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF FLOUR PRODUCTS ENRICHED WITH IODINE OF KELP OF THE WHITE SEA

Savkina K.N.

*e-mail: savkinakn2@mstu.edu.ru*

*Supervisor of studies: Shokina Y.V.*

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Murmansk Arctic  
University", Murmansk, Russia*

**KEYWORDS:** kelp, iodine, enriched product, crispbread

### ABSTRACT

The results described in this article are devoted to research in the development of formulations and technologies of new flour products enriched with iodine of kelp of the White Sea. A marketing study was conducted, which confirms the relevance of the development of such products, the chemical composition and individual functional and technological properties of dried kelp of the White Sea in the form of powder were investigated. In particular, a sufficiently high iodine content in algae has been proven, which makes it an excellent ingredient for enriching food. The final recipes of four flour products in the bread category, such as "Rye bread enriched with iodine", "Bread with Provencal herbs enriched with iodine", "Multi-grain bread enriched with iodine" and "Spicy bread enriched with iodine" were developed and optimized using the MatLab program.

### 1. Введение

Интерес потребителей к продуктам для здорового питания побуждает население многих стран, как развитых, так и развивающихся обращаться к продуктам на основе морских трав – водорослей, который являются прекрасным источником многих жизненно важных для человека микро- и макроэлементов, и биологически-активных веществ. Мировой рынок продовольствия адаптируется к растущему спросу на продукты, в составе которых присутствуют водоросли. Анализ научных публикаций показывает, что страны Южно-Азиатского и Тихоокеанского регионов с традиционно сформировавшейся культурой потребления продуктов морского и океанического промысла, лидируют в промышленной переработке водорослей на пищевые и фармацевтические цели. Однако в последнее десятилетие и в странах евразийского региона наблюдается взрывной интерес к промыслу, культивированию и переработке морских трав, в частности к производству на их основе продуктов функциональных и обогащенных физиологическими пищевыми компонентами, прежде всего, йодом [1]. Морские водоросли считаются перспективным ингредиентом для разработки новых пищевых продуктов благодаря



их питательному составу и богатству биологически активными соединениями. Многие виды водорослей оказывают положительное влияние на здоровье человека, могут участвовать в профилактике хронических заболеваний. Наиболее примечательно, что предполагаемые оздоровительные свойства морских водорослей объясняются наличием клетчатки, биологически активных липидов, микроэлементов и широкого спектра соединений на основе фенола. Особенно известна ламинария, которая является источником биодоступного органического йода [2].

Цель работы- разработка технологических решений, с целью увеличения ассортимента мучных изделий, обогащённых йодом в составе ламинарии.

Задачи исследования:

1. провести маркетинговое исследование, чтобы узнать у будущих потребителей хотят ли они видеть новый продукт в категории хлебцы, узнать о предпочтениях респондентов о виде и добавках для будущей продукции;

2. изучить химический состав порошка ламинарии беломорской, которая будет использована в дальнейшем как обогащающая добавка;

3. разработать и с использованием метода нечеткой логики в программе MatLab спроектировать оптимальные рецептуры ассортимента мучных изделий – хлебцев, обогащенных йодом;

4. разработать базовую технологию рецептуры мучных изделий повседневного спроса, с добавлением сушеной ламинарии для обогащения продукта йодом.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являются:

– пищевые беломорские водоросли ламинария в виде порошка (производства Архангельского водорослевого комбината, г. Архангельск, Россия);

– опытные образцы разработанного мучного изделия (хлебцы).

Предмет исследования – органолептические свойства хлебцев.

Методы исследования:

- маркетинговые;
- органолептические;
- физические;
- квалитетические;
- математические.

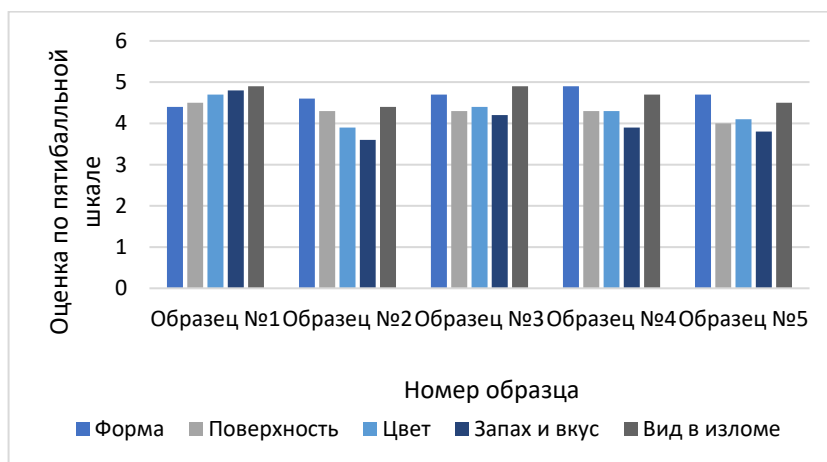
## 3. Результаты и обсуждение

По результатам проведённого маркетингового исследования было установлено, что потребители готовы увидеть новую мучную продукцию в категории хлебцы и приветствуют ее обогащение йодом, который содержится в ламинарии. Также опрашиваемые отметили, что предпочли увидеть, чтобы в составе хлебцев, обогащенных йодом, были и другие пищевые ингредиенты полезные для здоровья человека. Почти 40% респондентов выбрали кунжут в качестве такого ингредиента, что было учтено в разработке рецептуры «Хлебцы пряные, обогащенные йодом» [3].

Проведено исследование химического состава порошка ламинарии беломорской. Были определены такие показатели как массовая доля воды, золы, белка, жира и массовая доля йода в пересчете на сухое вещество. Один из важнейших показателей — это содержание йода. Было экспериментально установлено, что содержание йода в 100 г порошка сушеной пищевой ламинарии достигает значений от 0,38 до 0,42 г., что позволяет рассматривать порошок ламинарии в качестве ингредиента для обогащения продукта йодом [4].

Были разработаны рецептуры, технологии и проведены автоматизированные проектирования рецептур мучных изделий «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом», «Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом», «Хлебцы мультизлаковые, обогащенные йодом» и «Хлебцы пряные, обогащенные йодом». Оптимальную рецептуру хлебцев разрабатывали с использованием компьютерной программы автоматизированного проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов, в основе которой – метод нечеткой логики, реализованный в программном пакете MatLab [5].

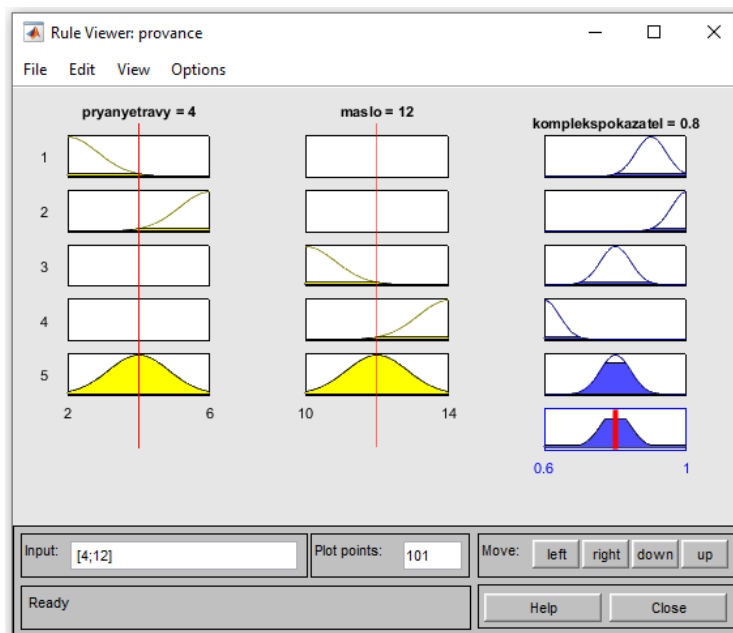
Для каждого продукта были изготовлены образцы с различным содержанием ингредиентов, проведена органолептическая оценка дегустационной комиссией с помощью разработанной пятибалльной словесной шкалы. Для опытного образца «Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом» ниже на рисунке 1 представлен график с результатами органолептической оценки.



**Рисунок 1.** Органолептические оценки пяти образцов «Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом»

Параметром для оптимизации рецептов был выбран комплексный показатель, который включал в себя и органолептическую оценку образцов хлебцев, полученную при проведении дегустации и реологическую характеристику «твердость», инструментально измеренную на приборе «Texture Analyzer FRTS Series».

Влияющими факторами были выбраны компоненты рецептуры, которые более всего формируют потребительские свойства мучного изделия. Например, для изделия «Хлебцы пряные, обогащенные йодом» это – карри и чеснок, для изделия «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом» это-пряности «Прованские травы» и семена подсолнечника, для изделия «Хлебцы мультизлаковые, обогащенные йодом»-это овсяная мука и измельченные семена подсолнечника и для изделия «Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом»-это пряные травы и масло подсолнечное. На рисунке 2 представлена визуализация нечеткого вывода для одного из образцов продукции.



**Рисунок 2.** Визуализация нечеткого вывода для образца «Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом»

В итоге после оптимизации были получены финальные рецептуры для каждого изделия («Хлебцы с прованскими травами, обогащенные йодом», «Хлебцы пряные, обогащенные йодом», «Хлебцы мультизлаковые, обогащенные йодом» и «Хлебцы ржаные, обогащенные йодом»). На рисунке 3 представлено фото образцов изготовленной продукции.



**Рисунок 3.** Фото готовой продукции

#### **4. Выводы**

Таким образом, были разработаны и оптимизированы четыре новые рецептуры мучных изделий в категории хлебцы. Продукт является обогащенным, так как в него внесена ламинария беломорская, для профилактики заболеваний, обусловленных дефицитом йода и таким образом расширен ассортимент мучной обогащённой продукции.

#### **Библиографический список**

1. Nova, P., Martins, A.P., Teixeira, C., Abreu, H., Silva, J.G., Silva, A.M., Freitas, A.C., Gomes, A.M. (2020). Foods with microalgae and seaweeds fostering consumers health: a review on scientific and market innovations. *Journal of Applied Phycology* 32, 1789–1802. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02129-w>
2. Симутина, Н.Н., Савкина, К.Н., Шиманский, С.А., Шокина, Ю.В. (2022). Оптимизация рецептуры полифункциональных продуктов питания из ламинарии. *Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли* (pp. 250-254).
3. Савкина, К.Н., Шокина, Ю.В. Учредители: Мурманский государственный технический университет. *Известия высших учебных заведений*, (1), 26-38.
4. Новожилова, Е.А., Тациенко, Е.А., Савкина, К.Н., Павлова, В.В. (2021). Автоматизированное проектирование рецептов полифункциональных рыбных пищевых продуктов, обогащенных ценными компонентами, из малоиспользуемого рыбного сырья Северного бассейна, (1), 102-108.
5. Луковкин С.Б. (2011) Элементы нечеткой логики в компьютерном моделировании: метод. указания по дисциплине «Компьютерное моделирование» для студентов технических специальностей очной формы обучения. Мурманск: Изд-во МГТУ, 38 с.

## РАЗРАБОТКА МЯГКОГО СОЧНОГО ПРОДУКТА «ШАШЛЫК ИЗ КУРЯТИНЫ»

Салангин В.В., Пискунова М.М.\*

\*e-mail: piskunovamaria02@mail.ru

*Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Корневская П.А.*

*Российский государственный аграрный университет – московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *пищевая промышленность, куриный шашлык, органолептические показатели, пищевая и энергетическая ценность*

### АННОТАЦИЯ

Целью исследования явилась необходимость проведения качественного анализа представленных на рынке кулинарных изделий вида куриный шашлык на их соответствие нормативной документации (в т.ч. стандартам ГОСТ), выявление недостатков, учета пожеланий потребителей и разработка новой рецептуры, способной расширить ассортимент шашлыка на рынке, а также заполучить высокий спрос среди покупателей. Особенность производства нового продукта заключается в том, что ранее не было представлено куриного шашлыка с маринадом, содержащем в себе такой богатый витаминный и минеральный состав. Совокупность добавленных компонентов создает новое, уникальное вкусовое сочетание, в котором ингредиенты дополняют друг друга и делают вкус более насыщенным. Разработка с точки зрения технологии может стать успешной на производстве (мясоперерабатывающие комбинаты) и в ресторанном бизнесе. Негативным аспектом представленной разработки является варьирующая цена на компоненты состава продукта, растущая в условиях современной экономической ситуации. В связи с этим основной аудиторией потребителей данного продукта станет население со средним доходом. Разработанной рецептурой могут воспользоваться торговые марки и частные предприниматели.

## DEVELOPMENT OF SOFT JUICY PRODUCT "CHICKEN SHASHLIK"

Salangin V.V., Piskunova M.M.\*

\*e-mail: piskunovamaria02@mail.ru

*Supervisor of studies: Korenevskaya P.A.*

*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *food industry, chicken kebab, organoleptic indicators, nutritional and energy value.*

### ABSTRACT

The purpose of the study was the need to conduct a qualitative analysis of culinary products of the chicken kebab type on the market for their compliance with regulatory documentation (including GOST standards), identifying shortcomings, taking into account the wishes of consumers and developing a new recipe that can expand the range of kebabs on the market, as well as get high demand among buyers. The peculiarity of the production of the new product is that chicken kebab with marinade containing such a rich vitamin and mineral composition has not been presented before. The combination of added components creates a new, unique flavor combination in which the ingredients complement each other and make the taste more saturated. Development from the point of view of technology can be successful in production (meat processing plants) and in the restaurant business. The negative aspect of the presented development is the varying price of the components of the product composition, which is growing in the conditions of the current economic situation. In this regard, the main audience of consumers of this product will be the middle-income population. The developed recipe can be used by trademarks and private entrepreneurs.

### 1. Введение

Куриное мясо является самым популярным в мире. По данным, приведенным в Федеральной службе государственной статистики «Росстат», спрос на представленный вид мяса в тенденции 5 лет увеличивается. Данная закономерность во многом обуславливается тем, что покупателей привлекает куриное мясо как диетический продукт с низким содержанием жира и

высоким содержанием протеина. К тому же мясо курицы содержит в себе витамины А<sub>1</sub>, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, никотиновую кислоту и множество минеральных веществ [1,2].

Помимо этого, отличительной чертой является и невысокая стоимость на рынке, а также легкость приготовления. Благодаря этим показателям производители стремятся увеличивать и совершенствовать рецептуры кулинарных изделий, в частности куриного шашлыка [3]. В связи с этим, главной целью проделанной работы стало создание нового продукта «Шашлык из курятины». Задачами, поставленными для достижения цели, стали: 1) проанализировать уже существующую выпускаемую продукцию на рынке; 2) выявить основные пожелания потребителей; 3) разработать собственную рецептуру нового продукта; 4) провести экономический расчет эффективности производства.

## 2. Материалы и методы

Специалистами из центра Всероссийского союза потребителей «Росконтроль» была проведена проверка среди популярных брендов на качество производимого ими куриного шашлыка. Наиболее качественными были признаны пробы шашлыка торговых марок «Мираторг» и «Петелинка». Другие участники проверки были признаны непригодными для потребления («Карусель», «Троекурово», «О'Кей» и «Д»). В курином шашлыке представленных брендов были обнаружены бактерии группы кишечной палочки, сальмонеллы и листерии [4,5].

В соответствии с данными, изложенными проверкой «Росконтроль», мы проанализировали мнение потребителей о наиболее перспективных брендах – «Мираторг» и «Петелинка» на основе отзывов покупателей в социальных сетях и на официальном сайте производителей.

Основными достоинствами бренда «Мираторг» стали: пропорциональные кусочки мяса; доступная цена; удобная упаковка; приятный вкус и цвет. Недостатки: содержание регуляторов кислотности Е450, усилителя вкуса и аромата Е621 и стабилизатора Е415; количество соединительной ткани превышает норму; большое количество маринада, что затрудняет обжарку и сокращает чистую массу продукта.

Бренд «Петелинка» отличился следующими показателями: отсутствие пищевых добавок типа «Е»; небольшое количество маринада по отношению к кусочкам мяса; выдающиеся органолептические показатели; достаточное наличие натуральных компонентов. Также выявлены следующие недостатки: срок годности меньше, чем у конкурентов; цена выше рыночной; затруднен процесс обжарки из-за разницы кусочков в размере [4, 5].

Проанализировав предпочтения потребителей и выявив проблемы, существующие на сегодняшний день у производителей, нами была разработана новая рецептура куриного шашлыка.

Основными задачами при ее разработке стали:

- 1) избавиться от пищевых добавок типа «Е»;
- 2) установить срок годности – 15 суток;
- 3) сделать продукт мягким и в то же время плотным (не рыхлым) для удобства приготовления;
- 4) разработать новое вкусовое сочетание, ранее не представленное на рынке, за счет особенностей маринада;
- 5) привести органолептические показатели к стандарту ГОСТ;
- 6) продумать соотношение ингредиентов, реализуемое в масштабах производства;
- 7) рассчитать экономическую эффективность производства данного продукта.

Одной из особенностей является то, что для приготовления мягкого и сочного шашлыка наиболее эффективно выбирать куриные бедра. По мнению потребителей именно эта часть наиболее вкусная, удобная в приготовлении и доступная по цене. Также бедра птицы наиболее просты при обработке на всех этапах производства [6].

Состав предлагаемого шашлыка с маринадом: бедро бройлера, ананасовый сок, вода, аджика, горчица, пищевой уксус, бальзамический уксус, мед, соль поваренная пищевая, клетчатка, петрушка (специя), лавровый лист.

Пояснение выбранного состава. Бедро бройлера – самое плотное и сочное куриное мясо, считается наиболее калорийной частью туши, содержит меньшее количество минеральных веществ, но большее количество витаминов, чем грудка [7].

В современном мире высок спрос на острую продукцию, но частое ее потребление может привести к тяжелым последствиям. Поэтому в представленном маринаде имеются острые компоненты: аджика, горчица; и нейтрализующие острый вкус компоненты: мед, ананасовый сок. Ананасовый сок прекрасно сочетается с мясом, содержит в себе большое количество фруктовых кислот, которые расщепляют мясные волокна и делают курятину невероятно сочной. Данное сочетание создает особый, в меру островатый вкус. Мед придает пикантный вкус. Для увеличения срока годности в продукт добавлены два вида уксуса: пищевой и бальзамический, сочетание которых не несет негативных воздействий. Бальзамический уксус в свою очередь расщепляет жиры и делает продукт менее калорийным. Введение пищевой клетчатки окажет



положительное влияние на пищеварительную систему и будет способствовать поддержанию оптимальной микрофлоры, пищевая клетчатка обогащает продукт пищевыми волокнами. Лавровый лист обладает антибактериальным действием и придает вкус продукту. Добавление петрушки придаст изысканный аромат и сделает продукт привлекательнее.

Главной отличительной чертой данного маринада является то, что его компоненты являются не скоропортящимися, что позволяет увеличить сроки хранения, а сочетание их вместе создаст изысканный вкус и приятное послевкусие. Количество маринада на 1 кг значительно меньше, чем у другой продукции, при этом мясо при обжарке получается сочным и мягким.

При проведении эксперимента нами были подготовлены 6 образцов маринада шашлыка в различных пропорциях и соотношениях ингредиентов: 2 образца с куриной голенью и 4 образца с куриным бедром (рисунок 1).



Рисунок 1. Опытные образцы

Продукты были завакуумированы на срок 15 суток, после чего была проведена термическая обработка и выявлена наиболее эффективная рецептура, а также произведен примерный экономический расчет в масштабах производства (табл. 1).

Таблица 1

Наименование сырья	Стоимость единицы продукции, руб. за 1 кг (оптовая цена)	Шашлык куриный	
		кг	руб.
Бедро куриное	165	100	16500
Пищевой уксус	59	2	118
Бальзамический уксус	400	2	800
Ананасовый сок	127	9	1143
Пищевая клетчатка	260	0,4	104
Вода для гидратации	6	1,6	9,6
Пищевая соль	55	2	110
Аджика	480	3	1440
Мед	170	2	340
Горчица	36	3	108
Лавровый лист	320	0,15	48
Петрушка	110	0,17	18,7
Итого	-	124,92	20739,3
Себестоимость 1 кг	-	1	166
Отпускаемая цена	-	1	199
Прибыль от продажи	-	1	33

### 3. Результаты и обсуждение

Наиболее перспективной разработкой стал образец №1. В соответствии с этим – рецептура продукта «Куриный шашлык»: на 100 кг куриных бедер – 2 кг пищевого уксуса; 2 кг бальзамического уксуса; 5 кг воды; 9 кг ананасового сока; 400 г пищевой клетчатки; 2 кг пищевой соли; 3 кг аджики; 2 кг меда; 3 кг горчицы; 150 г лаврового листа; 170 г петрушки (специя). Пищевая и энергетическая ценность на 100 г продукта: 160,3 ккал; белки: 16,9; жиры: 8,8; углеводы 3,2.

В составе дегустационной комиссии участвовало 24 человека. Результаты дегустационной оценки куриного шашлыка приведены в таблице 2.

При определении показателей экономической эффективности производства куриного шашлыка, представленной в таблице 1. Получили уровень рентабельности – 19,9 %, что является довольно хорошим показателем.

Таблица 2

#### Результаты опроса на 24 человека по 10-ти бальной системе с округлением до целого по среднему арифметическому

Образец	Вкус	Запах	Цвет	Консистенция
1	10	10	10	10
2	9	10	10	10
3	8	5	6	10
4	8	5	6	10
5	5	2	10	10
6	7	2	10	10

### 4. Выводы

Проведенные исследования показали, что изготовленный нами продукт будет востребован, так как в нем учтены основные пожелания потребителей и доработаны основные недостатки лидирующих производителей. Уровень рентабельности после подсчета затрат на изготовление продукта и установки его рыночной цены оказался высоким. Разработанный шашлык может быть реализован в масштабах производства.

#### Библиографический список

1. Грикшас, С. А., Корневская, П. А., Фуников, Г. А. (2020). Общая технология отрасли. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева. 142.
2. Денисова, Е. В., Корневская, П. А. (2022). Развитие мясоперерабатывающей отрасли в 2021 году. Безопасность и качество товаров: Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Саратов, 15 июля 2022 года. Под редакцией С.А. Богатырева. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит". 2022. 34-37.
3. Кобыляцкий, П. С. (2020). Продукты из мяса птицы: учебное пособие. Персиановский: Донской ГАУ. 165.
4. Российская система качества «Роскачество». Извлечено из <https://roskachestvo.gov.ru/>. Дата обращения: 18 мая 2023 г.
5. Федеральная служба государственной статистики «Росстат». Извлечено из: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf). Дата обращения: 10 апреля 2023 г.
6. Пенькова, В. А. Оценка использования маринадов для приготовления шашлыка из курицы. Студенческая наука - взгляд в будущее: Материалы XVI Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 26 марта 2021 года. Том Часть 2. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2021. 354-358.
7. Рыгалова, Е. А., Речкина Е. А., Геращенко, К. А. и др. (2021). Переработка мяса птицы и кроликов: учебное пособие. Красноярск: КрасГАУ. 362.
8. ГОСТ Р 57494-2017 «Изделия кулинарные из мяса кур и индеек. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2017. – 29 с.

**ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ НОРОВИРУСА В ЯГОДАХ****Сатабаева Д. М. \*, Зайко Е.В., Стаханова О.А.***\*e-mail: d.satabaeva@fnscps.ru**Научный руководитель: док. техн. наук Юшина Ю.К.**ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, г. Москва, РФ*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *вирус пищевого происхождения, малина, норовирус человека, РНК вируса, ПЦР с обратной транскрипцией*

**АННОТАЦИЯ**

Выявление вирусов в пищевых продуктах является сложной задачей. Исследование проводят без накопления биоматериала, которое состоит из нескольких сложных этапов, таких как экстракция вируса из пищевой матрицы, выделение РНК и постановка ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР). Важное значение имеет получение качественного генетического материала, позволяющего провести ОТ-ПЦР. На основании этого целью работы являлась оценка трех методов выделения и очистки РНК из вируса и проведение мониторинга распространенности норовируса в ягодах (малине, клубнике). Оценку методов выделения РНК вируса проводили путем искусственного контаминирования менговирусом образцов малины. Все три метода показали разную эффективность экстракции РНК. Наибольшая эффективность экстракции менговируса из малины наблюдалась при выделении РНК с помощью системы eGene up и составила 19,57 %. Наименьшая эффективность экстракции наблюдалась при выделении РНК ручным способом - 5,11%. Однако эффективность экстракции у всех исследуемых методов была более 1%, что свидетельствует, о пригодности их для получения генетического материала вирусов. Проведенный мониторинг показал, что в общей сложности 4% исследованных образцов содержали норовирус геногруппы GII, при этом в образцах клубники норовирус GII был выявлен в 6,8%. В образцах малины норовирус выявлен не был. Полученные данные свидетельствуют о присутствии норовируса в ягодах, что может представлять опасность для здоровья человека.

**PREVALENCE OF NOROVIRUS IN BERRIES****Satabaeva D.M.<sup>1\*</sup>, Zaiko E.V., Stahanova O.A.***\*e-mail: d.satabaeva@fnscps.ru**Supervisor of studies: Yushina Y.K.**V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Moscow*

**KEYWORDS:** *foodborne virus, raspberry, human norovirus, virus RNA, PCR with reverse transcription*

**ABSTRACT:**

Detecting viruses in food is a difficult task. The study is carried out without biomaterial accumulation, which consists of several complex stages, such as virus extraction from the food matrix, RNA isolation and reverse transcription PCR (RT-PCR). It is important to obtain high-quality genetic material that allows performing RT-PCR. Based on this, the aim of the work was to evaluate three methods of isolation and purification of RNA from the virus and to monitor the prevalence of norovirus in berries (raspberries, strawberries). Methods of virus RNA isolation were evaluated by artificially contaminating raspberry samples with mengovirus. All three methods showed different efficiency of RNA extraction. The greatest efficiency of mengovirus extraction from raspberries was observed when RNA was isolated using the eGene up system and amounted to 19.57%. The lowest extraction efficiency was observed when RNA was isolated manually - 5.11%. However, the extraction efficiency of all the methods studied was more than 1%, which indicates their suitability for obtaining the genetic material of viruses. The monitoring showed that a total of 4% of the samples studied contained norovirus genogroup GII, while in strawberry samples norovirus GII was detected in 6.8%. No norovirus was detected in raspberry samples. The data obtained indicate the presence of norovirus in berries, which may pose a danger to human health.

## 1. Введение

Норовирусная инфекция (NoV) является самой широко распространенной острой кишечной инфекцией, глобально составляя 18 % случаев гастроэнтерита [1]. По оценочным данным, NoV ежегодно является причиной порядка 677 миллионов случаев заболевания и 200 тысяч летальных исходов [2]. Неблагоприятные исходы регистрируются главным образом среди детей, лиц пожилого возраста и с ослабленным иммунитетом пациентов [3].

Норовирусы представляют собой группу генетически разнообразных вирусов, принадлежащих к роду *Norovirus* семейства *Caliciviridae* [4].

Норовирусы (геногруппа I (NoV GI) и геногруппа II (NoV GII)) являются возбудителями инфекций пищевого происхождения [5]. В основном они передаются фекально-оральным путем, прямым контактом между людьми или потреблением загрязненной воды и продуктов питания [6]. Обнаружение вирусов в пищевых матрицах имеет важнейшее значение при изучении вспышек инфекций, переносимых пищевыми продуктами, и в надзоре за вирусным загрязнением пищевых продуктов.

Обнаружение вирусов на ягодах (малина, клубника и др.) является сложной задачей, главным образом, из-за их хрупкой текстуры и различных веществ в ягодном соке, которые препятствуют обнаружению с помощью ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) [7]. Фенолы и полифенолы (например, антоциан, флавонол, эллагитаннин, проантоцианидин, фенольные кислоты, дубильная кислота) могут связывать нуклеиновые кислоты (НК), тем самым ингибировать реакцию ОТ-ПЦР. Кроме того, первичная клеточная стенка растений содержит структурный гетерополисахарид, пектин, который ингибирует реакции ОТ-ПЦР [8]. Ингибиторы в сочетании с низкой эффективностью элюирования вируса из ягод часто снижают чувствительность обнаружения и могут привести к ложноотрицательным результатам [9]. В связи с этим, важно использовать подходы, позволяющие минимизировать влияние ингибиторов, содержащихся в мягких фруктах. Вирусные патогены человека, такие как норовирус (NoV), могут загрязнять продукты через поливную воду и руки работников во время производства ягод (до сбора урожая, во время и после сбора урожая). Поскольку NoV стабильны от нескольких дней до недель при комнатной температуре, загрязнение окружающей среды и несоблюдение правил гигиены могут в конечном итоге привести к вспышкам заболеваний.

Следовательно, цель настоящего исследования было провести оценку методов по выделению и очистке РНК из пищевых вирусов и проведение мониторинга распространенности норовируса в ягодах (малине, клубнике).

## 2. Материалы и методы

В рамках мониторинга были исследованы образцы клубники (44 образца) и малины (31 образец). Образцы были получены в пунктах розничной торговли в Центральном регионе РФ.

Для оценки эффективности экстракции РНК пищевых вирусов в качестве пищевой матрицы были использованы образцы малины. В качестве тест вируса был взят менговироз штамм VMC0 (Mengovirus Extraction Control kit KMG, Биомерье, Франция).

### Экстракция вируса из ягод

25 г образца переносили в отделение для образцов сетчатого фильтровального пакета емкостью 400 мл. Затем к образцу добавляли 10 мкл Менговироза (Mengovirus Extraction Control kit KMG, Биомерье, Франция) для контроля процесса и инкубировали при комнатной температуре в течение 10 мин. По завершении инкубирования к образцу добавляли 40 мл TGBE. Далее добавляли к образцам не менее 30 Ед пектиназы из *Aspergillus niger* (Sigma-Aldrich, Швейцария). Образцы инкубировали на шейкере (Multi Bio 3D, biosan, Латвия) при комнатной температуре (60 оборотов/мин) в течение 20 мин. Во время инкубирования образцов ягод тест полосками (Merk, Германия) измеряли pH экстракта каждые 10 мин. При снижении pH ниже 9,0 смесь подщелачивали до  $9,5 \pm 0,5$  с использованием водного раствора NaOH ( $\geq 10$  моль/л) (For Nitrogen (Organic, Бельгия) и инкубировали еще 10 мин. Затем pH измеряли еще раз, при необходимости подщелачивали смесь и продолжали инкубирование. Экстракт из отделения для отфильтрованного материала переносили в центрифужные пробирки объемом 50 мл. Экстракт центрифугировали при 10 000 об/мин при температуре 5°C в течение 15 мин в центрифуге (Eppendorf 5804 R, Германия). Супернатант переносили в отдельные чистые фальконы и доводили pH до 7,0 с использованием водного раствора HCl ( $\geq 5$  N) (Charlab, Испания). К полученному экстракту добавляли 1/4 объема супернатанта PEG/NaCl 5X для получения конечной концентрации 1X (100 г/л PEG и 0,3 M NaCl). Смесь гомогенизировали встряхиванием в течение 60 с и инкубировали в шейкере (Eppendorf 5804 R, Германия) при 5°C (60 оборотов/мин) в течение 60 мин. По окончании инкубирования смесь центрифугировали при 10 000 об/мин и температуре 5°C в течение 30 мин. После центрифугирования супернатант удаляли осадок еще раз центрифугировали при 10 000 об/мин при температуре 5°C в течение 5 мин для уплотнения.



Супернатант удаляли, а осадок ресуспендировали в 500 мкл PBS (в случае большого объема осадка использовали до 1000 мкл PBS) (AppliChem, Германия). Полученный раствор переносили в центрифужную пробирку объемом 1,5 мл, добавляли 500 мкл смеси хлороформ/бутанол (1:1), интенсивно встряхивали и инкубировали в течение 5 мин при комнатной температуре. Затем образец центрифугировали при 10 000 об/мин и 5 °С в течение 15 мин и переносили водную фазу (400-500 мкл) в чистую пробирку. Полученный экстракт сразу же подвергали экстрагированию вирусной РНК.

#### *Экстракция РНК*

Эффективность экстракции РНК вируса из пищевой матрицы оценивали тремя нижеописанными способами.

Для каждой партии тестируемых образцов был включен отрицательный контроль экстракции РНК, который был представлен 490 мкл воды.

Для построения стандартной кривой для оценки эффективности экстракции вируса для каждой партии исследуемых образцов дополнительно брали 10 мкл вируса для контроля процесса (менговируса) известной концентрации и вносили в  $490 \pm 10$  мкл воды.

*Экстракция РНК ручным способом с помощью наборов лабораторных реагентов для выделения РНК «innuPREP RNA Mini Kit 2.0» (Analytik Jena, Германия)* проводили согласно инструкции производителя.

*Экстракцию РНК с помощью полуавтоматической системы eGene up (Биомерье, Франция) и с помощью наборов лабораторных реагентов для выделения РНК «innuPREP RNA MiniKit 2.0» (AnalytikJena, Германия)* проводили согласно инструкции производителя.

#### *Экстракция РНК с помощью автоматической станции выделения РНК Auto-Pure 96.*

Для экстракции РНК добавляли 2 мл буфера для лизиса *NucliSENS* в пробирку и кратковременно перемешивали встряхиванием, затем инкубировали 10 мин при комнатной температуре. Добавляли 50 мкл, предварительно перемешанного, раствора магнитного диоксида кремния в пробирку, кратковременно перемешивали встряхиванием и инкубировали 10 мин при комнатной температуре. Затем центрифугировали в течение 120 с при 1 500 об/мин и вносили по 2 мл в чистую плашку. Вносили 400 мкл буфера *NucliSENS* 1 для экстракции в две плашки для каждого образца по одной лунке. Вносили 500 мкл буфера *NucliSENS* 2 для экстракции в две плашки для каждого образца по одной лунке. Добавляли 500 мкл буфера *NucliSENS* 3 в одну плашку. *NucliSENS* 3 вносили 100 мкл в чистую плашку. Далее следовали инструкции производителя.

#### *ОТ-ПЦР в реальном времени*

Для идентификации вирусных геномов использовали одноэтапную ОТ-ПЦР на приборе Gene up (Биомерье, Франция) в режиме реального времени с гидролизуемыми зондами. Для определения Норовируса использовали набор для обнаружения норовируса геногруппы II (NoVGII) (Биомерье, Франция), для обнаружения Менговируса набор для обнаружения Менговируса (Биомерье, Франция).

Пороговый цикл амплификации  $C_t$  (цикл амплификации, при котором начинается экспоненциальный рост флуоресценции) линейно зависит от логарифма концентрации целевой РНК  $\log_{10}C$ . Калибровочная зависимость  $C_t$  от  $\log_{10}$  позволяет оценивать концентрацию целевой РНК в анализируемом образце.

#### *Интерпретация результатов*

Все контроли и образцы имели выраженный сигнал с пороговым циклом амплификации ( $C_t$ ) меньше 40 циклов по каналу FAM. Для построения стандартной кривой использовали результаты для серий разведений РНК вируса для контроля процесса (менговируса) путем нанесения на график полученных значений  $C_t$ , по отношению к  $\log_{10}$  концентрации для определения  $r^2$  (где  $r$  — это коэффициент корреляции Пирсона), параметров наклона и пересечения.

При этом множественный коэффициент корреляции  $r^2$  должен составлять не менее 0,98. Коэффициент перед независимой переменной ( $\log_{10}C$ ) должен находиться в пределах от -3,1 до -3,6, что соответствует эффективности амплификации от 90% до 110%.

Экстракция вируса для контроля процесса =  $10(\Delta C_t/m) \times 100 \%$

где  $\Delta C_t$  = значение  $C_t$  [исследуемая РНК] – значение  $C_t$  [неразведенная РНК вируса для контроля процесса]

и где  $m$  = наклон стандартной кривой РНК вируса для контроля процесса

Эффективность экстракции считается успешной при экстракции более 1%.



### 3. Результаты и обсуждение

#### Результаты апробации методик выделения РНК из вирусов

На первом этапе было проведено сравнение различных подходов экстракции РНК из пищевых вирусов: 1) с помощью полуавтоматической станции выделения НК eGene up (Биомерье, Франция); 2) с помощью станции выделения НК AutoPure 96 и наборов NucliSENS (Биомерье, Франция); 3) ручным способом с помощью наборов лабораторных реагентов для выделения РНК «innuPREP RNA Mini Kit 2.0» (Analytik Jena, Германия).

Эффективность экстракции искомым вирусом из пищевых матриц определяли путем сравнения с эффективностью экстракции менговируса. Этот вирус обладает структурными и физико-химическими свойствами, и другими аналогичными свойствами большинства кишечных вирусов, что делает его современной морфологической, физико-химической и генетической моделью для мониторинга вирусов.

Значения порогового цикла амплификации, как для чистого менговируса, так и для внесенного менговируса в малину указаны в таблице 1. Для определения степени экстракции менговируса из малины, для каждого метода выделения РНК была построена калибровочная кривая путем нанесения на график значений порогового цикла амплификации (Ct) менговируса в концентрации 100%, 10%, 1% и 0,1 %, для определения  $r^2$  параметров наклона и пересечения.

Таблица 1

**Пороговый цикл амплификации (Ct) Менговируса**

Объекты	eGene up	станция AutoPure и набор NucliSENS	ручной способ с набором «innuPREP RNA Mini Kit 2.0»
	Значение Ct		
Менговирус 100 %	24,17	26,88	26,01
Менговирус 10 %	27,42	28,66	29,79
Менговирус 1 %	30,76	31,88	33,71
Менговирус 0,1 %	34,71	35,57	34,84
Менговирус из малины	29,58	28,65	30,18

При экстракции и проведении ОТ-ПЦР для менговируса  $r^2$  составил 0,997; а наклон стандартной кривой составил (slope) -3,18, что свидетельствует об успешной экстракции и прохождении реакции ОТ-ПЦР.

На основании полученных данных с помощью программного обеспечения Gene up были рассчитаны эффективность экстракции и процент извлечения менговируса в малине. Результаты представлены в (табл. 2).

Таблица 2

**Эффективность экстракции Менговируса из малины**

Метод выделения РНК Менговируса	Пороговый цикл амплификации (Ct)	Эффективность экстракции	% извлечения вируса
eGene up	29,58	19,57	2,77
станция AutoPure и набор NucliSENS	28,65	17,51	2,07
ручной способ с набором «innuPREP RNA MiniKit 2.0»	30,18	5,11	0,76

Наибольшая эффективность экстракции менговируса из малины наблюдалась при выделении РНК с помощью системы eGene up и составила 19,57 %. Наименьшая эффективность экстракции наблюдалась при выделении РНК ручным способом - 5,11%. Тем не менее, следует отметить, что, согласно принятым стандартам, эффективность экстракции более 1% считается удовлетворительной, и все методы выделения РНК из малины доказали свою эффективность.

#### Оценка распространенности Норовируса в ягодах

Все образцы клубники и малины были проанализированы на наличие норовируса геногрупп GI и GII. Для всех образцов в качестве вируса контроля процесса использовали менговирус. Учет результатов проводили только в тех образцах, где эффективность экстракции Менговируса составляла более 1%. Результаты представлены в (табл.3).

**Результаты распространенности Норовируса в ягодах на территории РФ**

Вирус	Количество исследованных образцов, шт (% положительных образцов)		
	Малина	Клубника	Общая
Норовирус GI	31(0%)	44(0%)	75(0%)
Норовирус GII	31(0%)	44(6,8%)	75(4%)

**4. Выводы**

Полученные результаты показали разную эффективность методов извлечения РНК из вируса (на примере менговируса). Однако, все три подхода доказали свою эффективность при выявлении вирусов. Проведенный мониторинг показал, что в общей сложности 4% исследованных образцов содержали норовирус геногруппы GII, при этом образцах клубники норовирус GII был выявлен в 6,8%. В образцах малины норовирус выявлен не был. Полученные данные свидетельствуют о присутствии норовируса в ягодах, что может представлять опасность для здоровья человека. В период работы не было зарегистрировано вспышек связанных с норовирусом и тестируемыми типами ягод, что затрудняет вывод о том, следует ли воспринимать это количество положительных результатов как угрозу общественному здравоохранению. Однако эти результаты могут указывать на предшествующее заражение норовирусом тестируемых образцов пищевых продуктов по всей цепочке производства продуктов. Можно сделать вывод о необходимости дальнейшего постоянного мониторинга для понимания полной ситуации.

**Библиографический список**

1. Farahmand, M., Moghoofei, M., Dorost, A., Shoja, Z., Ghorbani, S., Kiani, S. J., Tavakoli, A. (2022). Global prevalence and genotype distribution of norovirus infection in children with gastroenteritis: a meta-analysis on 6 years of research from 2015 to 2020. *Reviews in medical virology*, 32(1), e2237. <https://doi.org/10.1002/rmv.2237>
2. Pires, S.M., Fischer-Walker, C.L., Lanata, C.F., Devleeschauwer, B., Hall, A.J., Kirk, M.D., ... Angulo, F.J. (2015). Aetiology-specific estimates of the global and regional incidence and mortality of diarrhoeal diseases commonly transmitted through food. *PloS one*, 10(12), e0142927. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142927>
3. Trivedi, T.K., Desai, R., Hall, A.J., Patel, M., Parashar, U.D., Lopman, B.A. (2013). Clinical characteristics of norovirus-associated deaths: a systematic literature review. *American journal of infection control*, 41(7), 654-657. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.08.002>
4. Glass, R.I., Noel, J., Ando, T., Fankhauser, R., Belliot, G., Mounts, A., Monroe, S. S. (2000). The epidemiology of enteric caliciviruses from humans: a reassessment using new diagnostics. *The Journal of infectious diseases*, 181(Supplement 2), S254-S261. <https://doi.org/10.1086/315588>
5. CDC Norovirus Worldwide [WWW Document] URL <https://www.cdc.gov/norovirus/worldwide.html> (2016). Дата обращения 20.04.2023.
6. Bosch A, Gkogka E, Le Guyader FS, Loisy-Hamon F, Lee A, van Lieshout L, Marthi B, Myrmel M, Sansom A, Schultz AC, Winkler A, Zuber S, Phister T. (2018). Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing. *Int J Food Microbiol.*, 20. (285), 110-128.
7. Sun, B., Bosch, A., Myrmel, M. (2019). Extended direct lysis method for virus detection on berries including droplet digital RT-PCR or real time RT-PCR with reduced influence from inhibitors. *Journal of virological methods*, 271, 113638.
8. Wei, T., Lu, G., & Clover, G. (2008). Novel approaches to mitigate primer interaction and eliminate inhibitors in multiplex PCR, demonstrated using an assay for detection of three strawberry viruses. *Journal of Virological Methods*, 151(1), 132-139.
9. Mäde, D., Trübner, K., Neubert, E., Höhne, M., & Johne, R. (2013). Detection and typing of norovirus from frozen strawberries involved in a large-scale gastroenteritis outbreak in Germany. *Food and environmental virology*, 5, 162-168.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ УКСУСА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИЗОТОПНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ**

Свиридов Д.А.\*, Ганин М.Ю., Акбулатова Д.Р., Соломин И.Г.

*\*e-mail: Labvin@yandex.ru**Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия***КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *уксус, идентификация, изотопная масс-спектрометрия*  
**АННОТАЦИЯ**

Уксус из растительного сырья является натуральным продуктом и играет важную роль в рационе питания человека. Его получают путем биологического окисления уксуснокислыми бактериями спиртосодержащих субстратов. Подлинность произведенного продукта является определяющим фактором, от которого зависит как его физиологическая ценность, так и стоимость. На сегодняшний день, под видом уксуса из виноградного или плодового сырья недобросовестные производители могут поставлять на рынок низкокачественный продукт, приготовленный из синтетической уксусной кислоты с добавлением красителей, ароматизаторов и других соединений. В проведенной работе было исследовано 7 образцов товарных уксусов и 1 образец уксусной эссенции с использованием метода изотопной масс-спектрометрии. Установлено, что значения  $\delta^{13}\text{C}$  брутто только трех из семи исследованных образцов уксусов типичны для продукции, произведенной из растительного сырья. Значения, полученные для остальных четырех образцов, лежат в диапазоне, характерном для продуктов, полученных путем химического синтеза. Показатель  $\delta^{18}\text{O}$  также может быть использован в качестве идентификационного критерия при выявлении излишней концентрации экзогенной воды в уксусе из виноградного и плодового сырья.

**IDENTIFICATION OF VINEGAR FROM PLANT RAW MATERIAL USING ISOTOPE MASS SPECTROMETRY**

Sviridov D.A.\*, Ganin M. Yu., Akbulatova D.R. Solomin I.G.

*\*e-mail: Labvin@yandex.ru**All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia***KEYWORDS:** *vinegar, identification, isotope mass spectrometry***ABSTRACT**

Vinegar made from vegetable raw materials is a natural product and plays an important role in the human diet. It is obtained by biological oxidation of alcohol-containing substrates by acetic acid bacteria. The authenticity of the manufactured product is the determining factor on which both its physiological value and cost depend. Today, under the guise of vinegar from grape or fruit raw materials, unscrupulous manufacturers can supply the market with a low-quality product made from synthetic acetic acid, with the addition of dyes, flavors and other compounds. In the work carried out, 7 samples of commercial vinegars and 1 sample of vinegar essence were studied using the method of isotope mass spectrometry. It has been established that the gross  $\delta^{13}\text{C}$  values of only three of the seven studied samples of vinegars are typical for products made from vegetable raw materials. The values obtained for the remaining four samples lie in the range characteristic of products obtained by chemical synthesis. The  $\delta^{18}\text{O}$  indicator can also be used as an identification criterion when detecting an excessive concentration of exogenous water in vinegar from grape and fruit raw materials.

**1. Введение**

Пищевой уксус из растительного сырья занимает особое место в рационе питания человека. Он достаточно широко используется в кулинарии, функциональном питании, при профилактике заболеваний желудочно-кишечного тракта и в некоторых других областях [1,2]. Уксус, произведенный из растительного сырья, является натуральным продуктом, полученным путем биологического окисления уксуснокислыми бактериями спиртосодержащих субстратов [3,4]. На сегодняшний день, ГОСТ 32097-2013. «Уксусы из пищевого сырья. Общие технические условия.» предполагает производство уксуса из виноградных виноматериалов, плодовых материалов и спирта этилового ректифицированного из пищевого сырья. Однако, под видом уксуса из растительного сырья недобросовестные производители могут поставлять на рынок низкокачественный продукт, приготовленный из столового уксуса, с добавлением красителей, ароматизаторов и других соединений. Столовый уксус являются более дешевым продуктом, который получают путем разбавления уксусной эссенции. Уксусная эссенция, в свою очередь,

представляет из себя водный раствор синтетической уксусной кислоты, полученной путем жидкофазного карбонилирования метанола в присутствии родиевого катализатора. На сегодняшний день, основной способ выявления такого фальсификата основан на изучении профиля органических кислот продукта. Недостатком данного метода является возможность искусственного внесения в уксус органических кислот в необходимых количествах [5]. В мировой практике с целью подтверждения природы используемого сырья широко применяется метод изотопной масс-спектрометрии. Этот метод хорошо себя зарекомендовал при проведении идентификации винодельческой продукции, меда, растительных масел и других продуктов питания [6,7]. Известно, что соединения, полученные в результате химического синтеза, имеют характерную композицию значений изотопных характеристик углерода, кислорода и водорода, отличную от аналогичных значений изотопных характеристик элементов соединений, полученных в результате переработки растительного сырья [8]. Таким образом, основная задача данного исследования состояла в изучении изотопных характеристик углерода, кислорода и водорода структурных компонентов уксуса из растительного сырья с целью выявления критерияльных параметров, позволяющих подтвердить его подлинность.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись 7 образцов товарных уксусов и 1 образец уксусной эссенции. Состав стабильных изотопов углерода в образцах определяли на аналитическом комплексе, состоящем из: двухреакторного элементного анализатора органических и неорганических объектов Flash 2000, оснащенного автодозатором для работы с жидкими пробами; универсального интерфейса ConFloIV; масс-спектрометра для анализа стабильных изотопов легких элементов IRMS Delta V Advantage; системы подачи газов высокой очистки; специализированной рабочей станции для управления изотопным исследованием; регистрации и обработки результатов измерения с помощью высокоуровневого программного пакета Isodat 3.0. (Thermo Fisher Scientific, США – Германия). Измерения значений  $\delta^{13}\text{C}$  проводили с использованием окислительно-восстановительного реактора. Образцы сжигали в окислительно-восстановительном реакторе при температуре 1000 °С в потоке газа-носителя (гелия). В качестве стандарта использовали международный стандарт BCR656. Измерение значений  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  проводили с использованием пиролитического реактора с графитовым наполнителем. Образцы подвергались пиролизу в реакторе при температуре 1400 °С. При измерении значений  $\delta^{18}\text{O}$  в качестве газа сравнения применяется химически чистый  $\text{CO}$ , при измерении значений  $\delta\text{D}$  – химически чистый  $\text{H}_2$ . Анализ изотопных отношений и обработка данных проходит аналогичным образом. В качестве стандартов использовались международные стандарты воды: VSMOW2 и SLAP2, USGS47.

## 3. Результаты и обсуждения

Были отобраны 7 товарных образцов уксуса, а также образец уксусной эссенции. В отобранных образцах были изучены показатели изотопных отношений  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$ . Исследование проводили заколом бурто. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Значения изотопных характеристик углерода, кислорода и водорода структурных компонентов исследуемых образцов**

№	Наименование продукции	Страна производства	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰	$\delta^{18}\text{O}$ , ‰	$\delta\text{D}$ , ‰
1	Уксус яблочный	Россия	-27,60	-9,44	-87,80
2	Уксус яблочный	Россия	-36,34	-10,91	-96,77
3	Уксус яблочный	Россия	-45,05	-6,81	-69,36
4	Уксус яблочный	Россия	-40,61	-12,74	-97,41
5	Уксус бальзамический	Россия	-44,69	-12,64	-100,88
6	Уксус бальзамический	Италия	-25,31	13,55	26,94
7	Уксус винный	Германия	-25,75	-3,90	-29,10
8	Уксусная эссенция	Россия	-46,93	-42,67	-119,14

В рамках проведенного исследования, значения показателя  $\delta^{13}\text{C}$  являются наиболее информативными. В натуральных уксусах, произведенных из растительного сырья, значения  $\delta^{13}\text{C}$  окисляемого спирта находятся в диапазоне от минус 8 ‰ до минус 30 ‰. Значения  $\delta^{13}\text{C}$ , полученные для образцов №1 (минус 27,60 ‰), № 6 (минус 25,31 ‰) и № 7 (минус 25,75 ‰)



находятся в указанном диапазоне и являются близкими к типичным значениям  $\delta^{13}\text{C}$  этанола из виноградного и плодового сырья. Для соединений, полученных в результате химического синтеза характерны значения показателя  $\delta^{13}\text{C}$  менее минус 35 ‰. Так, полученные значения для образца уксусной эссенции № 8 (минус 46,93 ‰) являются типичными для синтетической уксусной кислоты. Исходя из полученных данных можно заключить, что четыре из шести исследованных образцов уксуса оказались фальсификатами. Образец №2 (минус 36,34 ‰) получен, предположительно, путем смешивания яблочного уксуса и синтетической уксусной кислоты. Образцы №3 (минус 45,05 ‰), №4 (минус 40,61 ‰), №5 (минус 44,69 ‰) получены непосредственно из чистой синтетической уксусной кислоты.

Что касается полученных значений  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$ , стоит учитывать, что, как правило, основную массу кислородо- и водородосодержащих молекул в уксусе составляет вода. Соответственно, основной вклад в значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  брутто уксуса вносят значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  водной компоненты продукта. В силу того, что значения изотопных характеристик кислорода нативной воды в вино-градном и плодном сырье и водопроводной или грунтовой воды, используемой на производстве, значительно отличаются, показатель  $\delta^{18}\text{O}$  также может быть использован в качестве идентификационного критерия при определении подлинности уксусов из виноградного и плодового сырья.

#### 4. Выводы

Метод изотопной масс-спектрометрии является мощным инструментом при установлении подлинности уксусов из растительного сырья. При этом, значения показателя  $\delta^{13}\text{C}$  являются наиболее информативными, так как они в значительной степени различаются для соединений, полученных химическим методом и путем биологических процессов. В результате исследований было установлено, что значения  $\delta^{13}\text{C}$  брутто только трех из семи исследованных образцов уксусов типичны для продукции, произведенной из растительного сырья. Значения, полученные для остальных четырех образцов, лежат в диапазоне, характерном для продуктов, полученных путем химического синтеза. Показатель  $\delta^{18}\text{O}$  также может быть использован в качестве идентификационного критерия при выявлении экзогенной воды в уксусе из виноградного и плодового сырья.

#### Библиографический список

1. Chen, F., Li, L., Qu, J., Chen, C. (2009). Cereal vinegars made by solidstate fermentation in China. *Vinegars of the World.*, 14, 243–259.
2. Chen, Y., Bai, Y., Xu, N., Zhou, M., Li, D., Wang, C., Hu, Y. (2017). Classification of Chinese vinegars using optimized artificial neural networks by genetic algorithm and other discriminant techniques. *Food Analytical Methods*, 10, 2646-2656. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0829-y>
3. Qiu, J., Ren, C., Fan, J., Li, Z. (2010). Antioxidant activities of aged oat vinegar in vitro and in mouse serum and liver. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 1951–1958. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4040>
4. Ríos-Reina, R., Segura-Borrego, M.P., García-González, D.L., Morales, M.L., Callejón, R.M. (2019). A comparative study of the volatile profile of wine vinegars with protected designation of origin by headspace stir bar sorptive extraction. *Food Research International*, 123, 298–310. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.071>
5. Севодина, К.В. (2014) Уксусы из пищевого сырья: классификация, современный ассортимент, потребительские свойства, производство, фальсификация, идентификация и экспертиза качества. Монография. Бийск: Изд-во Алтайского гос. технического ун-та им. И. И. Ползунова, 157 с.
6. Оганесянц, Л.А. Панасюк, А.Л., Кузьмина, Е.И., Свиридов, Д.А., Ганин, М.Ю. (2021) Современные методы идентификации растительных масел из различного сырья. *Пищевая промышленность*, № 12, 56-59. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.12.12.010>
7. Oganesyants, L. A. Panasyuk, A. L. Kuzmina, E. I. Sviridov, D.A. (2020) Modern analysis methods use in order to establish the geographic origin of food products. *Пищевые системы (Food systems)*, том 3, № 1, 4-9. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-1-4-9>
8. Oganesyants, L.A., Panasyuk, A.L., Kuzmina, E.I., Sviridov, D.A. (2019) Isotope Mass Spectrometry Application for the Abiogenic Alcohols Detection in Grape Wines. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. V. 3, № 435, 53 – 59. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.67>



## ВЛИЯНИЕ СПИРТА НА КОНСИСТЕНЦИЮ И СТРУКТУРУ МОРОЖЕНОГО

Ситникова П.Б.

\*e-mail: p.sitnikova@fncps.ru

Научный руководитель: докт. техн. наук, проф. Творогова А.А.

Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал  
Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мороженое, алкоголь, структура, кристаллы льда, вязкость.

### АННОТАЦИЯ

Набирает популярность мороженое с использованием в составе алкогольной продукции. Однако исследований и публикаций об этой разновидности мороженого немного и данные все разрозненные. Целью данной работы является разработка технологии молочного мороженого с добавлением алкоголя и исследование влияния добавленного спирта на структуру и консистенцию мороженого. Исследования показывают, что введение до 1% спирта в мороженое не оказывает отрицательного влияния на формирование кристаллов льда и их размер. Получен продукт высокого качества по показателям «вкус и аромат», «структура и консистенция». При этом по технологически значимым показателям разработанный продукт не уступает классическому молочному мороженому. Установлено, что наиболее гармоничное сочетание вкусов мороженого и алкоголя отмечено в образцах с внесением 25-37,5 г коньяка, что соответствует 1-1,5 % спирта на 1000 г смеси для мороженого.

## EFFECT OF ALCOHOL ON CONSISTENCY AND STRUCTURE OF ICE CREAM

Sitnikova P.B.

\*e-mail: p.sitnikova@fncps.ru

Supervisor of studies: Tvorogova A.A.

All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal  
Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia

KEYWORDS: ice cream, alcohol, structure, ice crystals, viscosity

### ABSTRACT

The ice cream with alcohol products in its composition is becoming more and more popular. However, there are little studies and publications on this variety of ice cream and the data are scattered. The development of ice cream technology with the addition of alcohol and study of the influence of alcohol added on the ice cream structure and the consistency is the purpose of this work. The studies show that the addition of 1% alcohol to the composition of ice cream does not negatively affect the formation of ice crystals and their size. A high-quality product was obtained in accordance to the indicators “taste and aroma” and “structure and consistency”. At the same time in terms of the main technological indicators of the product developed is not inferior the classic to milk ice cream. It has been established that the most harmonious flavors combination of ice cream and alcohol is being noticed in the samples with addition of 25-37,5 g of cognac which corresponds to 1-1.5% of alcohol for 1000 g of mixture for ice cream.

### 1. Введение

Мороженое одно из любимых лакомств жителей России вне зависимости от возраста. Более 40% респондентов, опрошенных Институтом общественного мнения, назвали мороженое любимым десертом [1]. Постепенно в индустрии питания появляется тенденция на использование необычных, уникальных вкусов для пищевых продуктов. Есть небольшая прослойка потребителей, которой необходимо удивление от новизны, необычности продукта. Так появилось и стало популярно чёрное мороженое, тайское мороженное-ролл, сырное мороженое и многие другие виды. Набирает популярность мороженое с использованием в составе алкогольной продукции. Запатентованы несколько разновидностей алкогольного мороженого.

В патенте RU 2 674 603 C1 [2] описана рецептура и технология производства мороженого с массовой долей жира 9,7%, СОМО 3,2% с добавлением китайского лимонника, кофе и коньяка. Автор патента предлагает вносить в смесь для мороженого 200 г коньяка на 1000 г готового продукта. При этом заявлено содержание алкоголя в готовом продукте 12%. Данный продукт не подходит под определение мороженого. Согласно ТР ТС 03/2013 [3] мороженое должно содержать от 7 до 10,5% СОМО.

В патенте RU 2 218 805 C1 [4] автор предлагает использовать в качестве исходного сырья пиво, сухое вино или смесь сока с вином. Их смешивают с сахаром, пшеничной мукой и лимонной кислотой, дополнительно в процессе созревания вносят этиловый спирт до концентрации 1-18 об.%.  
 В патенте RU 2240701 C1 приведены следующие сырьевые компоненты для производства мороженого: соки фруктовые или продукты их переработки, коньяк или водка, или вино сухое белое, или красное, или крепленое, сахар, стабилизатор, краситель пищевой, ароматизатор пищевой, кислота лимонная, вода питьевая [5]. Данный состав продукта можно отнести к классу взбитых замороженных фруктовых десертов, у которых, как известно, самым слабым местом является структура продукта, крупные кристаллы льда.

Известно, что спирт взаимодействует с белком, вызывая его денатурацию, таким образом, дополнительное введение спирта в молочное мороженое может отрицательно сказаться на его структуре и консистенции. Несмотря на то, что алкогольное мороженое присутствует в продаже, в кафе, ресторанах, в виде стиков и порционного мороженого, исследований и публикаций об этом продукте немного и данные все разрозненные. Таким образом, целью данной работы является разработка технологии молочного мороженого с добавлением алкоголя и исследование влияния добавленного спирта на структуру и консистенцию мороженого.

## 2. Материалы и методы

Объект исследования являлось молочное мороженое с массовой долей жира 6% с добавлением 12,5 г, 25 г, 37,5 г и 50 г коньяка на 1 кг смеси для мороженого. Производство мороженого осуществляют по традиционной технологии.

Динамическую вязкость измеряют на вискозиметре марки «Brookfield DV-II+Pro» с программным обеспечением Rheocalc V3.1-1, объём кюветы 10 см<sup>3</sup>, при скорости вращения шпинделя SC4-31 0,83 с-1, при температуре 4±0,5°C.

Исследование микроструктурных элементов (кристаллов льда) проводят методом микроскопирования, с использованием микроскопа CX41RF (OLYMPUS, Япония) и термостолика PE-120 (LinkamInstruments, Великобритания). Полученные микрофотографии обрабатывали в программе ImageScopeM (СМА, Россия).

## 3. Результаты и обсуждение

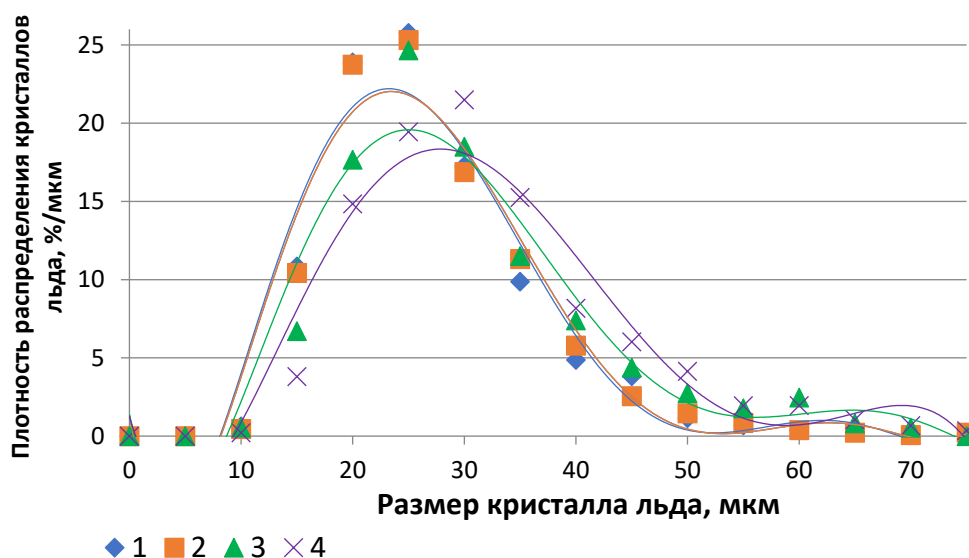
На первом этапе производят пересчёт массовой доли коньяка на массовую долю спирта на 1 кг продукта и на порцию мороженого. В среднем порция мороженого составляет 100 г. В таблице 1 представлены результаты перерасчёта содержания алкоголя в экспериментальных образцах и вязкость смесей для мороженого. В готовом продукте содержится от 0,5 % до 2 % алкоголя в пересчёте на спирт.

Таблица 1

Содержание алкоголя и вязкость смесей для мороженого				
Образец	Рецептурное количество коньяка, г/1000 г	Содержание алкоголя пересчет на спирт в г/1000 г	Содержание спирта в порции мороженого, г/100 г	Вязкость смеси, мПа·с
1	12,5	5	0,5	178
2	25	10	1,0	166
3	37,5	15	1,5	159
4	50	20	2,0	150

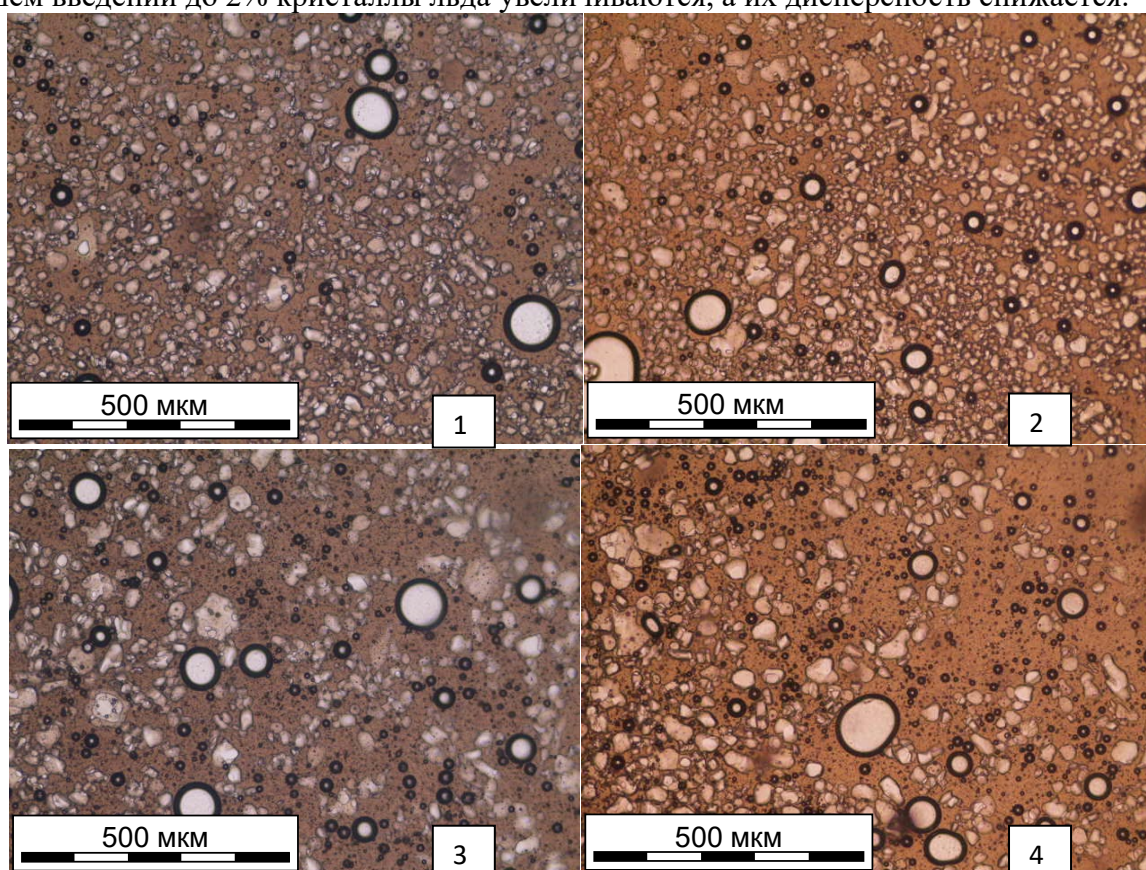
При определении состояния структуры смеси для мороженого по показателю вязкость (таблица 1) отмечено, что введение алкоголя снижает вязкость смеси с увеличением массовой доли введённого спирта. На каждые 0,5% спирта вязкость снижается на 4-6%. При этом даже в образце с 2% алкоголя вязкость находится в допустимых значениях для молочного мороженого.

Исследование микроструктурных показателей, особенно кристаллов льда один из важнейших этапов исследования показателей структуры мороженого. На рисунках 1 и 2 представлены график сравнения распределения и микрофотографии кристаллов льда в образцах мороженого.



**Рисунок 1.** Распределение по размерам кристаллов льда в мороженом с алкоголем

Из представленных данных видно, что введение до 1% спирта в мороженое (образцы 1 и 2) не оказывает отрицательного влияния на формирование кристаллов льда и их размер. При большем введении до 2% кристаллы льда увеличиваются, а их дисперсность снижается.



**Рисунок 2.** Микрофотографии кристаллов льда в образцах мороженого

Средний размер кристаллов льда (таблица 2) в образцах составляет от 24,5 мкм до 29,9 мкм, что является показателем качественно сформированной структуры мороженого. Важно отметить, что во всех образцах мороженого более 90% кристаллов льда с размером ниже порога органолептической оскутмости (50 мкм).



**Дисперсность и средний размер кристаллов льда**

<b>Образец</b>	<b>Доля кристаллов льда с размером до 50 мкм</b>	<b>Средний размер кристаллов льда, мкм</b>
1	98,1	24,5
2	98,0	24,8
3	94,1	27,8
4	93,4	29,9

Данные по оценке показателей структуры мороженого коррелируются с результатами органолептической оценки исследуемых образцов. Во всех образцах отмечена кремообразная, гладкая консистенция, характерная для молочного мороженого, без ощутимых кристаллов льда. По вкусо-ароматическому профилю наиболее гармоничными образцами признаны образцы 2 и 3.

**4. Выводы**

Разработана технология молочного мороженого с массовой долей жира 6% с дополнительным введением алкоголя на примере коньяка. В результате исследований получен продукт высокого качества по показателям «вкус и аромат», «структура и консистенция». При этом по технологически значимым показателям структуры разработанный продукт не уступает классическому молочному мороженому.

Наиболее гармоничное сочетание вкусов мороженого и коньяка отмечено в образцах 2 и 3, что соответствует внесению 1-1,5 % спирта или 25-37,5 г коньяка на 1000 г смеси для мороженого.

**Библиографический список**

1. Институт общественного мнения Анкетолог (2017) Сладкая жизнь россиян URL: <https://iom.anketolog.ru/2017/03/14/sladkaya-zhizn-rossiyan>. Дата обращения: 16.06.2023).
2. Патент № 2674603 Способ производства кофейного мороженого с коньяком и наноструктурированным экстрактом лимонника китайского / Кролевец А.А. Оpubл. 11.12.2018, Бюл. № 35.
3. ТР ТС 033 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока молочной продукции» (с изменениями на 15 июля 2022 года) принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 9 октября 2013 года № 67.
4. Патент № 2218805 Способ производства алкогольного мороженого/ Гельм С.А. Оpubл. 20.12.2003, Бюл. № 1.
5. Патент № 2240701 Смесь для производства мороженого "Ледяной коктейль" (варианты) / Биркина В.В., Лисун А.В. Оpubл. 27.11.2004, Бюл. № 1.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛНОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Скоморохова А.И.\* , Зорина О.А.

\*e-mail: [nasta373@mail.ru](mailto:nasta373@mail.ru)

*Научный руководитель: докт. техн. наук, проф. Родионов Ю.В.*

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *растительное сырье, функциональные продукты питания, переработка, аддитивные технологии*

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные этапы производства продуктов питания на основе растительных материалов. Предложено оборудование, обеспечивающее рациональные режимные параметры переработки сельскохозяйственной продукции с высокими показателями сохранения биологически активных веществ исходного сырья. Щадящие температурные режимы на каждой стадии переработки поддерживаются за счет использования вакуумных технологий. Приведена блок-схема производства функциональных продуктов питания с применением аддитивных технологий, включающая выбор растительного сырья, его очистку, переработку и подготовку к печати, трехмерную печать изделия, постобработку с применением вакуума, контроль, упаковку. Определены направления дальнейших исследований, а именно разработка и создание опытной установки пищевого 3D-принтера и изучение возможностей использования пектина, полученного из тыквы сорта «Мичуринская» в аддитивном производстве продуктов питания функционального назначения.

**Финансирование:** Работа выполнена при содействии фонда ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям)» по договору №17503ГУ/2022 от 28.04.2022 г. «Разработка пищевого 3D-принтера для изготовления продуктов питания функционального назначения» в рамках конкурса УМНИК-21.

## DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE FULL CYCLE OF PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

Skomorokhova A.I.\* , Zorina O.A.

\*e-mail: [nasta373@mail.ru](mailto:nasta373@mail.ru)

*Supervisor of studies: Rodionov Yu.V.*

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**KEYWORDS:** *Vegetable Raw Materials, Functional Foodstuffs, Processing, Additive Technologies*

### ABSTRACT

The main stages of food production based on plant materials are considered. Equipment is proposed that provides rational regime parameters for the processing of agricultural products with high rates of preservation of biologically active substances of the feedstock. Gentle temperature regimes at each processing stage are maintained through the use of vacuum technologies. A block diagram of the production of functional food products using additive technologies is given, including the selection of plant materials, their purification, processing and preparation for printing, 3D printing of the product, post-processing using vacuum, control, and packaging. Directions for further research have been identified, namely the development and creation of a pilot plant for a 3D food printer and the study of the possibilities of using pectin obtained from the Michurinskaya pumpkin variety in the additive production of functional food products.

**Funding:** The work was carried out with the assistance of the Federal State Budgetary Institution Fund "Fund for the Promotion of the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere (Fund for the Promotion of Innovations)" under contract No. 17503GU / 2022 dated April 28, 2022 "Development of a 3D food printer for the manufacture of functional food products" in within the framework of the UMNIK-21 competition.



## **1. Введение**

Технологии трехмерной печати являются одним из наиболее перспективных способов создания функциональной продукции со строго определенным набором полезных свойств. 3D-печать в области пищевой промышленности представляют интерес ввиду возможности реализации большого разнообразия решений по изготовлению продуктов питания функционального и специального назначения с высоким содержанием биологически активных веществ (БАВ) [1]. К достоинствам трехмерной печати при изготовлении пищевых продуктов можно отнести: сокращение отходов, выполнение большого количества индивидуальных заказов, удовлетворение требований по соблюдению особого рациона питания, создание продукции с заданными органолептическими показателями и др. Ввиду этого технологии трехмерной печати вызывают интерес у исследователей всего мира [2-3].

Важным вопросом при изготовлении продуктов питания функционального назначения является выбор ингредиентов. Перспективным представляется использование в качестве материалов печати сырье растительного происхождения. Для этого необходимо выбирать сельскохозяйственные культуры высокого качества, отличающиеся большим содержанием БАВ и отвечающие требованиям экологической безопасности [4]. Однако растительные материалы обладают низкими сроками хранения и требуют особых условий при транспортировке, что зачастую требует много ресурсов. Добиться значительного сокращения временных и материальных затрат при изготовлении продуктов питания из сырья растительного происхождения можно путем организации полного цикла производства.

Таким образом целью данной работы является разработка схемы технологического процесса полного цикла производства функциональных продуктов питания на основе растительного сырья с использованием трехмерной печати для расширения ассортимента продукции, удовлетворяющей особым потребностям в питании различных групп населения.

Основные задачи, решаемые в рамках исследования:

- анализ этапов производства продуктом питания посредством аддитивных технологий;
- выбор и обоснование оптимального оборудования для отдельных этапов переработки.

## **2. Материалы и методы**

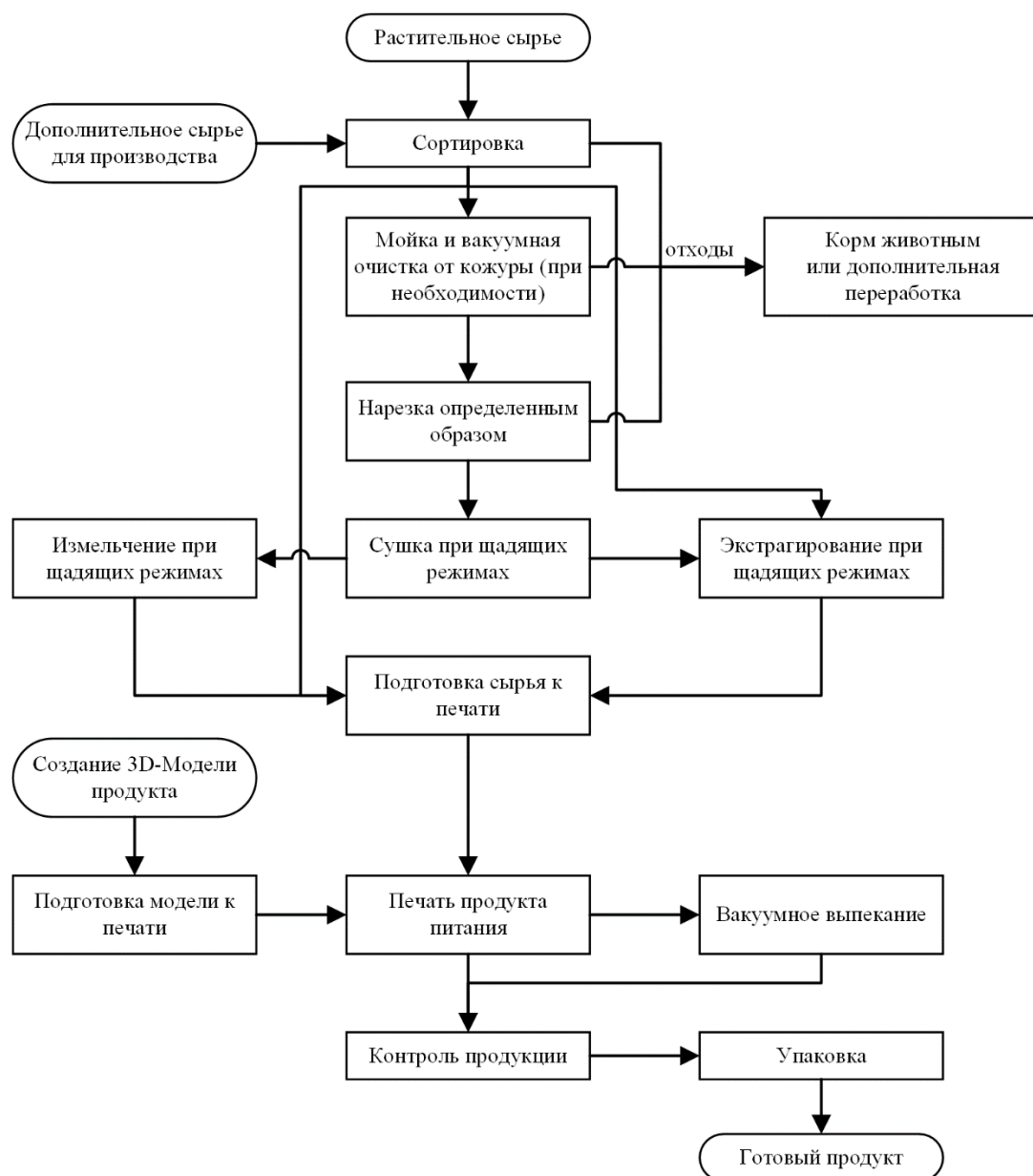
Переработка растительного сырья и подготовка его к печати – сложный энергоемкий процесс. Среди наиболее важных этапов, определяющих качество изготавливаемой продукции можно выделить: мойку и очистку сырья от кожуры; нарезку определенным образом; сушку; экстрагирование; измельчение. На перечисленных этапах происходят потери сырья и входящих в них БАВ, ввиду чего необходимо тщательно подходить к выбору оборудования и определению рациональных режимных параметров переработки, в частности рабочих температур процессов. Температура на каждом из этапов переработки не должна превышать температуру денатурации компонентов сырья.

Для обеспечения щадящих температурных режимов на базе ФГБОУ ВО «ТГТУ» разрабатываются технологические линии переработки сельскохозяйственного сырья, в основе которых используются вакуумные технологии.

Так, уже разработаны и опробованы устройства для мойки, очистки и хранения продукции растительного происхождения, описанные в патентах [5-7]. Технологические схемы линий сушки, измельчения и экстрагирования, а также экспериментальные данные по определению рациональных режимных параметров представлены в работах [8-10]. На разработанные опытно-промышленные образцы двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки и универсальной вакуумной экстракционно-выпарной установки также были получены патенты РФ [11-12].

## **3. Результаты и обсуждение**

Разработанная с использованием описанного выше оборудования линия производства функциональных продуктов питания представлена на рисунке 1 в виде блок-схемы.



**Рисунок 1.** Блок-схема производства функциональных продуктов питания с применением аддитивных технологий

Полный цикл производства подразумевает, что все операции по изготовлению конечного продукта сосредоточены на одном предприятии. Несмотря на то, что это в значительной степени способствует сокращению затрат на транспортировку и хранение исходного сырья и полуфабрикатов, доля отходов производства может быть по-прежнему высокой.

По этой причине, помимо организации полного цикла производства, предлагаются следующие меры по предотвращению утери природного:

- использование сельскохозяйственного сырья, произрастающего на близлежащих территориях (в нашем случае, это сырье, произрастающее в ЦЧР);
- своевременное высушивание поступившего на предприятие сырья (правильное высушивание позволяет не только уменьшить массу сырья, но и обеспечивает сохранение питательных веществ, кроме того, из-за малого содержания влаги в сушеных продуктах исключается возможность развития микроорганизмов);
- улучшение технологии межоперационного складирования и хранения полуфабрикатов;
- реализация отходов растительного сырья (например, как корм животных или как функциональные добавки в белковый витаминно-минеральный концентрат после дополнительной переработки).

При организации линии производства, согласно представленной на рисунке 1 блок-схеме, вопросы выбора сырья, его переработки, подготовки ингредиентов и печати продуктов питания будут исследоваться и решаться комплексно.

Дальнейшие наши исследования направлены на проектирование и изготовление опытной установки пищевого 3D-принтера [13], а также на теоретические и экспериментальные

исследования по получению пектина из тыквы «Мичуринская» с последующим изучением возможностей его использования для технологий трехмерной печати [14-15].

#### 4. Выводы

В работе предложена схема технологического процесса полного цикла производства функциональных продуктов питания на основе растительного сырья с применением аддитивных технологий. Для каждого из этапов переработки сельскохозяйственного сырья предложены решения, направленные на повышение качества готовой продукции. Намечены пути будущих исследований.

#### Библиографический список

1. Çakmak, H., Gümüş, C.E. (2020). 3D food printing with improved functional properties: a review. *International Journal Of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 4(2), 178-192. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.746389>
2. Lupton, D. (2017). 'Download to delicious': Promissory themes and sociotechnical imaginaries in coverage of 3D printed food in online news sources. *Futures*, 93, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.08.001>
3. Mantihal, S., Kobun, R., Lee, B.B. (2020). 3D food printing of as the new way of preparing food: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22(6), 100260. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100260>
4. Скоморохова, А.И. (2022, 01 февраля – 30 апреля). Технологическая линия комплексной безотходной переработки растительных материалов. *Агробиоинженерия – 2022*. Всероссийская конференция-конкурс молодых исследователей, Москва.
5. Патент № 2728147. Комбинированная моечная установка/ Анохин С. А., Гуськов А. А., Никитин Д. В. [и др.]. Оpubл. 28.07.2020.
6. Патент № 2570300. Энергосберегающее устройство для очистки растительного сырья паром/ Щегольков А. В., Родионов Ю. В., Скрипников Ю. Г. [и др.]. Оpubл. 10.12.2015.
7. Патент № 2361795. Контейнер для пищевых продуктов со съемной крышкой/ Букин А.А., Воробьев Ю.В., Гутенев М.Д. [и др.]. Оpubл. 20.07.2009.
8. Иванова, Э.С., Родионов, Ю.В., Зорина, О.А., Никитин, Д.В., Скоморохова, А.И., Щегольков, А.В. (2021). Инновационные конструкции и технологии сушки плодоовощной продукции. *Наука в центральной России*, 1(49), 43-53.
9. Данилин, С.И., Родионов, Ю.Ю., Родионов, Ю.В., Чумиков, Ю.А., Скоморохова, А.И. (2020). Совершенствование технологии получения порошков из растительного сырья. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*, 4, 150-159.
10. Рудобашта, С.П, Гуськов, А.А., Родионов, Ю.В., Никитин, Д.В. (2018, 22-23 мая). Исследование и выбор режимных параметров экстрагирования биологически активных веществ из тыквы сорта «Мичуринская». *Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства*. Междунар. науч.-техн. семинара, посвящ. 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева, Москва.
11. Патент № 2548230. Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов/ Родионов Ю.В., Никитина Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П. Оpubл. 20.04.2015.
12. Патент № 2738938. Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка/ Анохин С.А., Никитина Д.В., Родионов Ю.В., Гуськов А.А., Елизаров И.А., Назаров В.Н. Оpubл. 18.12.2020.
13. Скоморохова, А.И. Алексенцев, Д.С. (2021). Концепция пищевого 3D-принтера для изготовления продуктов питания функционального назначения. *Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития*, 18, 56-59.
14. Скоморохова, А.И., Щегольков, А.В., Талыков, В.А., Зорина, А.О. (2022). Аддитивное производство функциональных продуктов питания на основе пектина. *Инновационная техника и технология*, 9(3), 28-35.
15. Скоморохова, А.И., Рыбин, Г.В., Зорина, О.А. (2022, 13-14 октября). Пектин из тыквы сорта «Мичуринская» для 3D-печати пищевой продукции. *Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации*. Юбилейная международная научно-техническая конференция, Алчевск.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТОЧЕК ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ УГЛЕВОДНО-АМИЛАЗНОГО КОМПЛЕКСА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Сметанин Д.О\*

\*e-mail: dimkapers35@gmail.com

Научный руководитель: д.т.н., проф. Черных В.Я.

Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Москва, Российская Федерация

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Пшеничная мука, солод ржаной неферментированный, солод пшеничный, критические точки показателей автолитической активности, качество хлеба.

### АННОТАЦИЯ

С помощью приборов «Amilograph-E» и «Farinograph-E» установлены критические точки показателей автолитической активности муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта: максимальная вязкость клейстеризованной суспензии ( $\eta_{max}$ ,  $e.AU$ ) и разжижение теста ( $E$ ,  $e.Ф.$ ), что способствует совершенствованию технико-химического контроля и управления изготовлением хлебобулочных изделий стабильно высокого качества посредством установления оптимальных дозировок солода ржаного неферментированного и солода пшеничного, с учётом состояния углеводно-амилазного комплекса перерабатываемой партии пшеничной муки. На основании установленной оптимальной дозировки солода ржаного неферментированного, равной 1,62%, и пшеничного, равной 5%, определены критические точки максимальной вязкости клейстера ( $\eta_{max} = 380 \pm 10 e.AU$ ) и разжижения теста ( $E = 70 \pm 5 e.Ф.$ ). Установленные в ходе эксперимента значения показателей автолитической активности пшеничной муки после проведения пробной лабораторной выпечки пшеничного хлеба обеспечили увеличение удельного объема и пористости готовых изделий, а также уменьшение в два раза скорости черствения мякиша при хранении изделий.

## DETERMINATION OF CRITICAL POINTS OF INDICATORS OF THE STATE OF THE CARBOHYDRATE-AMYLASE COMPLEX OF WHEAT FLOUR

Smetanin D.O\*

\*e-mail: dimkapers35@gmail.com

Supervisor of studies: Chernykh V.Y.

Scientific Research Institute for the Baking Industry, Moscow, Russian Federation

**KEYWORDS:** Wheat flour, unfermented rye malt, wheat malt, critical points of autolytic activity indicators, bread quality.

### ABSTRACT

With the help of the "Amilograph-E" and "Farinograph-E" devices, the critical points of the autolytic activity indicators of wheat baking flour of the highest grade were established: the maximum viscosity of the gelatinized suspension ( $\eta_{max}$ ,  $e.AU$ ) and the liquefaction of the dough ( $E$ ,  $e.F.$ ), which contributes to the improvement of technical and chemical control and management of the manufacture of bakery products of a consistently high quality by establishing optimal dosages of unfermented rye malt and wheat malt, taking into account the state of the carbohydrate-amylase complex of the processed batch of wheat flour. Based on the established optimal dosage of unfermented rye malt equal to 1.62% and wheat malt equal to 5%, the critical points of the maximum viscosity of the paste were determined ( $\eta_{max} = 380 \pm 10 e.AU$ ) and dilution of the test ( $E = 70 \pm 5 e.F.$ ). The values of the autolytic activity of wheat flour established during the experiment after conducting a trial laboratory baking of wheat bread provided an increase in the specific volume and porosity of finished products, as well as a halving of the crumb staling rate during product storage.

### 1. Введение

Управление качеством пшеничных хлебобулочных изделий, в рамках внедряемых на хлебопекарных предприятиях системы НАССР, возможно при условии установления критических точек показателей технологических свойств пшеничной муки. Технология

изготовления хлеба относится к биотехнологиям, и основными показателями биотехнологических свойств пшеничной муки, влияющих на качество готовых изделий, являются: «число падения» (ЧП, с); максимальная вязкость клейстеризованной суспензии ( $\eta_{\max}$ , е.АУ) и разжижение теста (Е, е.Ф), которые контролируются с использованием следующих приборов: «Амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)»; «Amilograph-E» и «Farinograph-E» [1].

Определение оптимальных значений (критических точек) указанных показателей помогает стабилизировать состояние углеводно-амилазного комплекса пшеничного теста во время его приготовления. Это достигается путем внесения амилолитических ферментных препаратов или различных видов солода [2,3].

Целью настоящей работы является установление критических точек показателей амилограммы и фаринограммы, используемые для оценки состояния углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки.

Задачей работы является установление критических точек показателей амилограммы (максимальной вязкости клейстеризованной суспензии) и фаринограммы (разжижения теста) на основе регулирования автолитической активности пшеничной муки, оцениваемой по «числу падения» посредством внесения разных дозировок ржаного неферментированного и пшеничного солода.

## 2. Материалы и методы

Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (далее пшеничная мука), солод ржаной белый неферментированный «Житница» (далее ржаной солод), солод пшеничный, хлеб из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, изготовленный безопасным способом посредством проведения пробной лабораторной выпечки. Контрольные пробы хлеба (без ржаного и пшеничного солода) и опытные пробы хлеба (с ржаным и пшеничным солодом) изготавливались с использованием нормативной рецептуры: мука пшеничная – 100кг; дрожжи хлебопекарные прессованные – 2,5кг; соль пищевая – 1,5кг; ржаной и пшеничный солод, с учетом автолитической активности пшеничной муки; вода, с учетом консистенции замешиваемого пшеничного теста, соответствующей 640 е.Ф.

Определение физико-химических характеристик пшеничной муки, теста и мякиша хлеба осуществляли с использованием: прибора «Glytork» - для определения влажности пшеничной муки, теста и мякиша хлеба; приборов «Амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)» и «Amilograph-E» - для определения автолитической активности пшеничной муки по показателям амилограммы, тестограммы и «числу падения»; прибора «Farinograph – E» - для определения показателей реодинамики замеса пшеничного теста [3].

## 3. Результаты и обсуждение

При проведении исследований использовали муку пшеничную с показателями, отражающими состояние её углеводно-амилазного комплекса: ЧП = 566 с,  $\eta_{\max}$  = 1450 е.АУ и Е = 31 е.Ф, а также солод ржаной неферментированный и пшеничный. На рис. 1 и рис. 2 показано влияние дозировки ржаного солода (G рж.солод, %) и пшеничного солода (G пш.солод, %) от 0 до 3% с шагом 0,5 и от 0 до 7% с шагом 1, соответственно, на изменение ЧП и  $\eta_{\max}$ , соответственно.

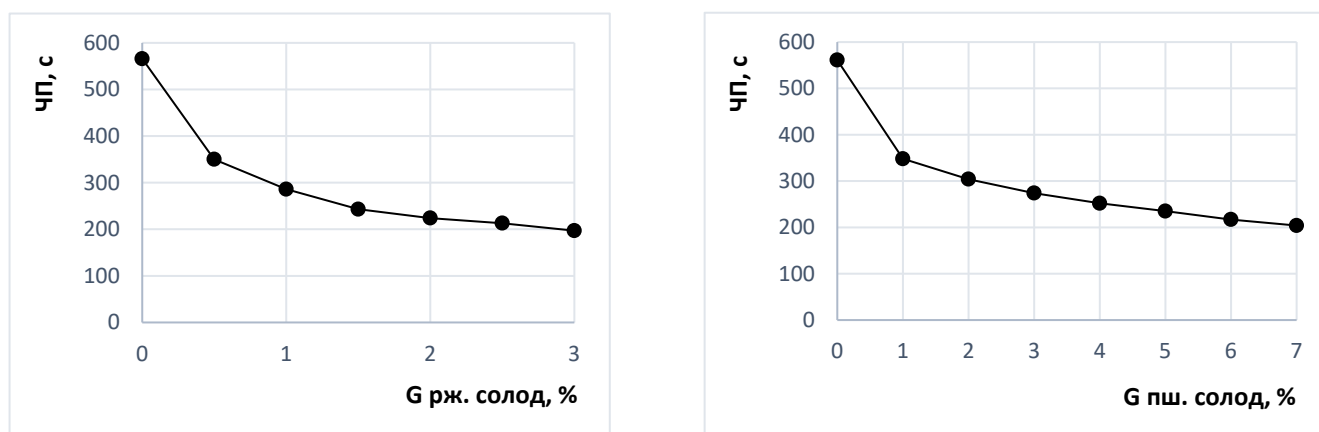
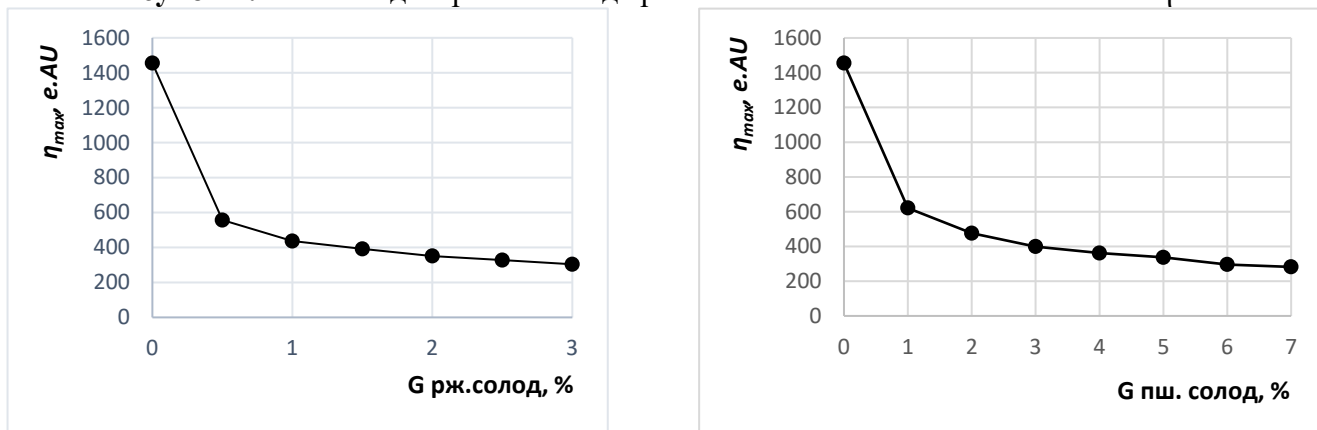


Рисунок 1. Влияние дозировки солода ржаного и пшеничного на изменение «ЧП»



**Рисунок 2.** Влияние дозировки солода ржаного и пшеничного на изменение  $\eta_{max}$

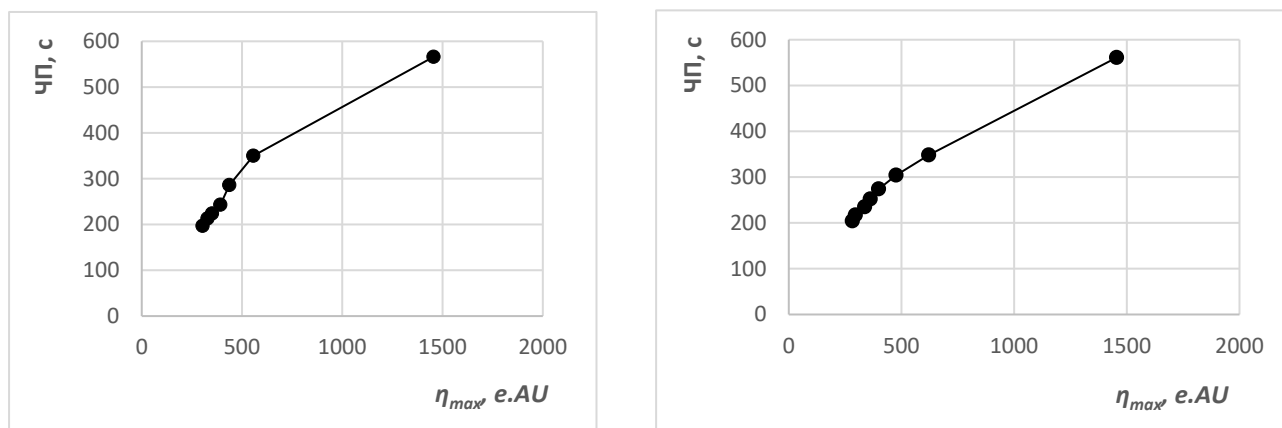


Из рис. 1 и 2 видно, что ЧП и  $\eta_{max}$  в зависимости от дозировки ржаного и пшеничного солода изменяются по экспоненциальному закону и между ними существует корреляционная взаимосвязь. Уравнение, отражающее эту взаимосвязь при коэффициенте корреляции 0,983 имеет следующий вид:

для ржаного солода:  $\eta_{max} = 116,1 * x * e^{(x*44,67*10^{-4})}$

для пшеничного солода:  $\eta_{max} = 120,8 * x * e^{(x*44,46*10^{-4})}$

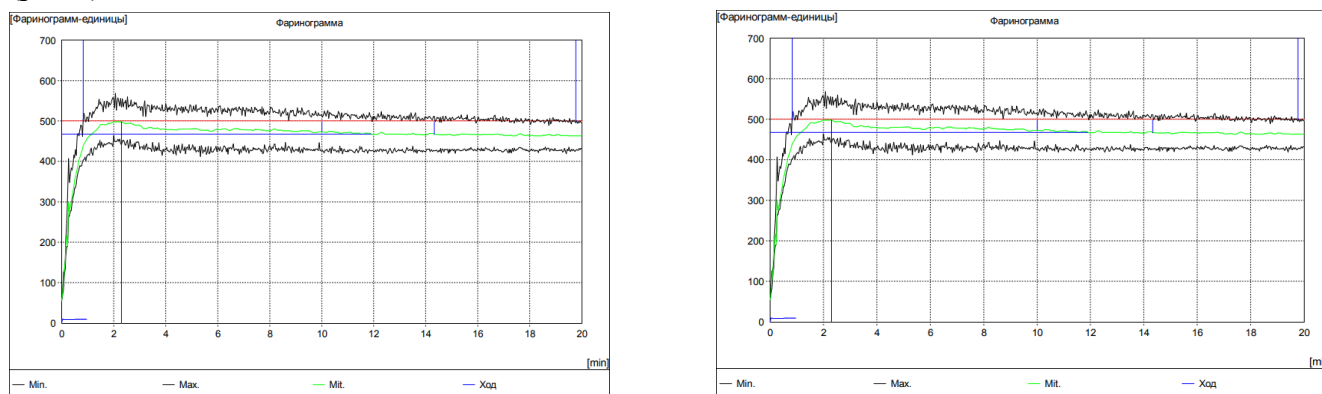
где,  $\eta_{max}$  – максимальная вязкость, измеренная с помощью амилографа, e.AU;  
 x – «число падения», с.



**Рисунок 3.** Взаимосвязь между показателями автолитической активности пшеничной муки: «числом падения» и максимальной вязкостью клейстеризованной суспензии

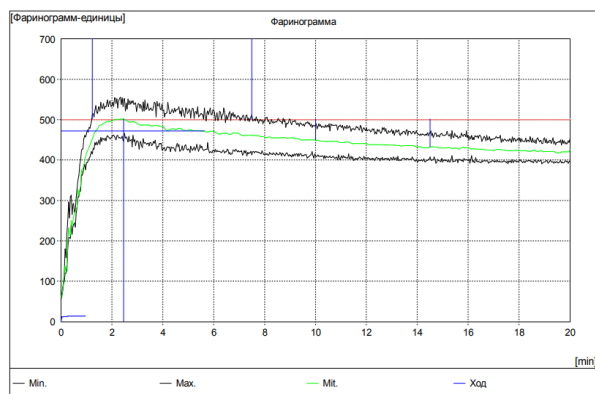
Данная взаимосвязь позволила установить критическую точку  $\eta_{max}$ , равную  $380 \pm 10$  e.AU и соответствующую ЧП, равному  $235 \pm 15$ с и дозировке ржаного солода, равной 1,62%, и пшеничного, равной 5%.

Для установления критической точки показателя разжижения теста Е была получена фаринограмма пшеничной муки с дозировкой ржаного солода 1,62% и пшеничного солода 5% (рис.4)



(a)

(б)



**Рисунок 4.** Фаринограмма пшеничной муки без добавления (а), с добавлением ржаного солода (б) с дозировкой 1,62% и с добавлением пшеничного солода (в) с дозировкой 5% при консистенции теста, равной 500 е.Ф.

(в)

Показатели реологического поведения пшеничного теста при замесе без ржаного солода и с ржаным солодом приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Показатели фаринограммы пшеничного теста без солода и с солодом**

№ п/п	Наименование пробы пшеничного теста	Показатели фаринограммы (500 е.Ф.)				
		Wм.ф., %	ВПС, %	В, мин	С, мин	Е, е.Ф.
1	Пшеничное тесто без ржаного солода	11,0	55,9	2,3	18,9	31
2	Пшеничное тесто с ржаным солодом – 1,62%	11,0	55,9	2,0	6,1	74
3	Пшеничное тесто с пшеничным солодом – 5%	11,0	58,5	2,5	6,3	69

Из таблицы видно, что внесение ржаного солода не сказалось на изменении водопоглотительной способности муки, а внесение пшеничного солода привело к её увеличению. Время приготовления теста до готовности у контрольной и опытных проб примерно одинаковое. Стабильность теста уменьшилась в обоих случаях, а разжижение теста увеличилось, которое может быть принято за оптимальное значение, равное  $75 \pm 5$  е.Ф, что обуславливает оптимальное состояние углеводно-амилазного комплекса. Данное значение показателя разжижения теста Е принимается за критическую точку при оценке технологических свойств пшеничной муки.

Приготовление теста для проведения пробной лабораторной выпечки без солода и с ржаным и пшеничным солодом осуществляли безопарным способом. Замес теста осуществляли в тестомесильной машине Diosna SP80D. Созревание теста, окончательную расстойку тестовых заготовок и выпечку хлеба осуществляли на оборудовании Miwe Condo. Продолжительность созревания теста составила 150 минут, окончательной расстойки – 60 минут. Хлеб выпекали при температуре 225 °С в течение 25 минут с пароувлажнением.

Определение показателей текстуры мякиша хлеба осуществляли с помощью прибора «Структурометр СТ-2», который позволяет моделировать органолептическую оценку структурно-механических свойств мякиша при прикосновении и надавливании. Определение показателей текстуры мякиша: твёрдости мякиша и индекса твёрдости осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 70085-2022 [4].

Для оценки качества контрольных и опытных проб хлеба определяли: плотность мякиша ( $\rho_m$ , г/см<sup>3</sup>), пористость мякиша (Пмяк, %), влажность мякиша (Wм, %), показатель твёрдости (Fh, гс), индекс твёрдости (Ih, гс/[(г/см<sup>3</sup>) \* %]), а также скорость черствения мякиша (Vч, гс/сутки).

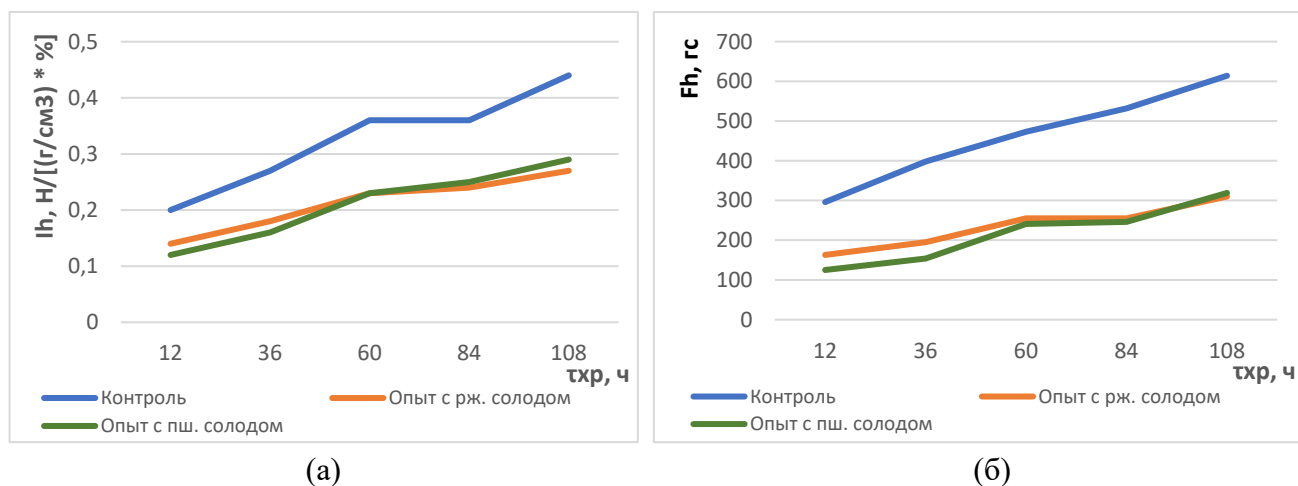
Физико-химические характеристики мякиша контрольных и опытных образцов хлеба приведены в таблице 2.

## Физико-химические характеристики мякиша хлеба

Вид изделия	ФХХ мякиша	Значения ФФХ мякиша хлеба с разной продолжительностью хранения, ч.				
		12	36	60	84	108
		Контрольная проба хлеба	$\rho_m, \text{г/см}^3$	0,25	0,25	0,22
	Пмяк, %	81	81	83	81	82
	W <sub>m</sub> , %	42	42	42	42	41
	Fh, гс	296	398	473	532	614
	Fh, Н	2,90	3,90	4,64	5,22	6,02
	Ih, гс/[(г/см <sup>3</sup> ) * %]	21	28	37	37	45
	Ih, Н/[(г/см <sup>3</sup> ) * %]	0,20	0,27	0,36	0,36	0,44
	Vч, гс/сутки	79				
Опытная проба хлеба с ржаным солодом	$\rho_m, \text{г/см}^3$	0,19	0,19	0,19	0,18	0,20
	Пмяк, %	85	86	85	86	85
	W <sub>m</sub> , %	42	42	42	42	42
	Fh, гс	163	195	255	255	310
	Fh, Н	1,60	1,91	2,50	2,50	3,04
	Ih, гс/[(г/см <sup>3</sup> ) * %]	15	18	23	25	27
	Ih, Н/[(г/см <sup>3</sup> ) * %]	0,14	0,18	0,23	0,24	0,27
	Vч, гс/сутки	30				
Опытная проба хлеба с пшеничным солодом	$\rho_m, \text{г/см}^3$	0,18	0,16	0,18	0,17	0,19
	Пмяк, %	86	87	86	87	85
	W <sub>m</sub> , %	41	42	42	42	42
	Fh, гс	125	154	241	246	319
	Fh, Н	1,22	1,51	2,37	2,42	3,13
	Ih, гс/[(г/см <sup>3</sup> ) * %]	12	16	23	25	30
	Ih, Н/[(г/см <sup>3</sup> ) * %]	0,12	0,16	0,23	0,25	0,29
	Vч, гс/сутки	40				

Из таблице 2 видно, что изменение индекса твёрдости (Ih) мякиша хлеба для контрольных проб составило от 21 до 45 гс/[(г/см<sup>3</sup>) \* %] в течение трёх суток хранения, опытной с ржаным солодом – от 15 до 27 гс/[(г/см<sup>3</sup>) \* %], а опытной с пшеничным солодом – от 12 до 30 гс/[(г/см<sup>3</sup>) \* %]. Внесение ржаного солода привело к увеличению пористости хлеба на 4%, а пшеничного солода на 5%.

На рисунке 5 приведена динамика показателей твёрдости (Fh) и индекса твердости (Ih) мякиша для контрольной и опытных проб хлеба при хранении после выпечки в течение 108 часов.



**Рисунок 5.** Влияние продолжительности хранения контрольных и опытных проб хлеба с ржаным и пшеничным солодом на изменение показателей твёрдости: индекса твёрдости (а) и твёрдости мякиша (б) в процессе хранения хлеба в течение 108 часов

Исходя из анализа данных, представленных в табл. 2 и рис. 5 была установлена скорость черствения мякиша: для контрольной пробы составила 79 гс/сутки, опытной с ржаным солодом – 30 гс/сутки, а опытной с пшеничным солодом – 40 гс/сутки, что наглядно демонстрирует сокращение скорости черствения в два раза у опытных проб хлеба их при хранении.

#### 4. Выводы

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Установлены критические точки показателей биотехнологических свойств пшеничной муки: максимальной вязкости клейстеризованной суспензии, равной  $380 \pm 10$  е.АУ и разжижения теста, равного  $75 \pm 5$  е.Ф.;

2. Установлена корреляционная взаимосвязь между условными реологическими характеристиками клейстеризованной суспензии пшеничной муки - «числом падения» и максимальной вязкостью клейстера, измеряемых с помощью приборов «Амилотест АТ-97 (ЧП-ТА)» и «Амилограф - Е» соответственно;

3. Установлены оптимальные дозировки солода ржаного неферментированного (1,62%) и пшеничного (5%), с учетом их активности, обеспечившие повышение качества готовых хлебобулочных изделий и сокращение в два раза скорости черствения их при хранении.

#### Библиографический список

1. Черных, В. Я., Ширшиков, М. А., Белоусова, Е. М., & Лущик, Т. В. (2000). Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки. *Хлебопродукты*, 8, 21-25.

2. Черных, В., & Ширшиков, М. (2002). Технологические критерии оценки углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки. *Хлебопродукты*, (1), 21-24.

3. Черных, В. Я., & Иванов, В. С. (2019). Регулирование сахарообразующей способности хлебопекарной муки. М.: Буки Веди, -2019.-142 с.

4. ГОСТ 70085-2022 Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Метод определения степени черствости. – М.: ФГБУ «РСТ», 2022.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕТА-КАРОТИНА В МИКРОЗЕЛЕНИ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ (ВЭЖХ)

Сорокоумов П.Н.<sup>\*</sup>, Кулишова К.Е., Дзюбенко В.В., Баштовенко К.А.

*\*e-mail: p.sorokoumov@fnscps.ru*

<sup>1</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова", Санкт-Петербург, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *микروزель, ВЭЖХ, бета-каротин*

### АННОТАЦИЯ

Микрозель - это молодые, нежные ростки и листья различных растений, которые собираются на самом раннем этапе их роста, обычно через 7-14 дней после посева. Она является ценным источником питательных веществ, включая витамины, минералы и антиоксиданты. В последние годы микрозель приобретает все большую популярность в качестве ингредиентов для приготовления пищи из-за ее высокой питательной ценности и разнообразных вкусовых характеристик. Для оценки влияния условий выращивания на содержание бета-каротина (БК) нами была разработана методика определения БК методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием. Разделение компонентов пробы проводили с помощью обращеннофазной жидкостной хроматографии с использованием колонки Kromasil Eternity-5-C18 и в качестве подвижной фазы использовали смесь тетрагидрофуран (А):1% раствор аскорбиновой кислоты в метаноле (В) 15:85. Разработанная методика позволяет количественно определять БК в пробах микрозелени в концентрации до 5 мкг/мл экстракта. Концентрацию БК определяли методом стандартной добавки, для увеличения чувствительности методики.

**Финансирование:** Работа была выполнена в рамках государственного задания FGUS 2022-0017

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE DETERMINATION OF BETA-CAROTINE IN MICROGREEN BY THE METHOD OF HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

Sorokoumov P.N.<sup>1\*</sup>, Kulishova K.E.<sup>1</sup>, Dzyubenko V.V.<sup>1</sup>, Bashtovenko K.A.<sup>1</sup>

*\* e-mail: p.sorokoumov@fnscps.ru*

*All-Russian Research Institute of Food Additives - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов", St. Petersburg, Russia*

**KEYWORDS:** *microgreens, HPLC, beta-carotene*

### ABSTRACT

Microgreens are young, tender sprouts and leaves of various plants that are harvested at the earliest stage of their growth, usually 7-14 days after sowing. It is a valuable source of nutrients, including vitamins, minerals and antioxidants. In recent years, microgreens have become increasingly popular as food ingredients due to their high nutritional value and diverse flavor profiles. To assess the effect of growth conditions on the content of beta-carotene (BC), we developed a procedure for determining BC by high performance liquid chromatography with diode array detection. Separation of the sample components was carried out using reverse phase liquid chromatography using a Kromasil Eternity-5-C18 column and a mixture of tetrahydrofuran (A):1% solution of ascorbic acid in methanol (B) 15:85 was used as the mobile phase. The developed technique makes it possible to quantify BC in microgreen samples at a concentration of up to 5 µg/ml of the extract. The BC concentration was determined by the standard addition method to increase the sensitivity of the method.

**Funding:** The work was carried out within the framework of the state task FGUS 2022-0017



## 1. Введение

Микрозелень — это новый класс продуктов, которые приобретают все большую популярность [i,ii]. Это рассада съедобных растений, собранная через 7–14 дней после посадки, когда начинают появляться первые настоящие листья. Микрозелень использовалась в основном в ресторанной индустрии для украшения блюд и чаще всего употреблялась в свежем виде в салатах, супах и бутербродах. Ассортимент цветов, визуальных текстур, ароматов и вкусов придает привлекательность этой нежной молодой зелени. Кроме вкусовых качеств микрозелень является источником питательных веществ, включая витамины, минералы и антиоксиданты [iii]. Одним из таких веществ является бета-каротин предшественник витамина А (ретинола) и мощный антиоксидант, обладает иммуностимулирующим и защитным действием. Для оптимизации условий выращивания микрозелени с целью увеличения его генерации в процессе роста микрозелени необходимо было разработать чувствительную, селективную, с низким пределом количественного определения методику. Для определения содержания БК в микрозелени нами был выбран метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с спектрофотометрическим детектированием [iv]. ВЭЖХ характеризуется высокой селективностью, воспроизводимостью и чувствительностью диодно-матричного детектора.

## 2. Материалы и методы

Для экстракции бета-каротина из микрозелени её предварительно перетёрли в порошок в керамической ступке с заморозкой в жидком азоте. Из подготовленной микрозелени экстрагировали БК смесью ацетон:гексан:изопропиловый спирт 1:1:1 квалификации для хроматографии (HPLC Grade) в ультразвуковой бане Sonorex Digital в течение 40 минут при температуре 30°C и мощности 160 Вт. Полученный экстракт центрифугировали и декантировали с последующим упариванием в центрифуге-концентраторе Eppendorf concentrator plus. Экстракцию проводили дважды. Высушенный экстракт перерастворяли в тетрагидрофуране (ТГФ), разбавляли в 10 раз и 20 мм<sup>3</sup> непосредственно вводили в хроматограф. Идентификацию бета-каротина и его количественное определение проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1260 Infinity II на колонке Kromasil Eternity-5-C18 4.6x250 мм с использованием диодно-матричного детектора с автоматическим управлением и обработкой данных на базе программного обеспечения. В качестве подвижной фазы использовали смесь ТГФ:1% раствор аскорбиновой кислоты в метаноле квалификации для хроматографии (HPLC Grade) 15:85. Скорость потока 1 мл/мин. Температура колонки составляла 30°C. Детектирование проводилось при длине волны 453 нм. В качестве стандарта использовался бета-каротин чистый, провитамин А, чист. (beta-Carotene, certified), имп. Для исключения деградации стандарта бета-каротина перед его применением содержание БК проверялось на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 на длине волны 453 нм. Время удерживания бета-каротина составило 7,7 минуты. Для определения концентрации бета-каротина использовался метод стандартной добавки.

## 3. Результаты и обсуждение

В процессе разработки методики нами были опробованы различные варианты экстракции, выяснилось, что механическое перемешивание малоэффективно при экстракции бета-каротина из микрозелени, в конечном итоге мы остановились на ультразвуковой бане и времени экстракции 40 минут, с повторением экстракции пробы 2 раза с последующим объединением и концентрированием экстрактов. Нами были опробованы различные экстрагенты, в конечном итоге мы остановились на варианте ацетон:гексан:изопропиловый спирт 1:1:1, так как эта смесь показала наибольшую степень извлечения бета-каротина из микрозелени и удобный способ концентрирования с использованием Eppendorf concentrator plus, так как в данной смеси экстрагентов отсутствуют хлор-органические растворители, которые негативно влияют на Eppendorf concentrator plus. Каждую пробу экстрагировали по два раза, с последующим объединением и упариванием экстрактов.

Были подобраны оптимальные соотношения элюентов для разделения сложной смеси экстрактов микрозелени, а также, с учётом сокращения времени анализа и как итога уменьшения расхода элюентов.

Разработанная нами методика позволяет определять содержание бета-каротина в пробах микрозелени на уровне 5 мкг/мл в разбавленном экстракте. Время удерживания БК составило 7,7 минуты (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Хроматограмма экстракта пробы микрозелени (красный) и стандарта бета-каротина (синий)

#### 4. Выводы

Разработанная нами методика является селективной, воспроизводимой, чувствительной. Предел количественного определения нашей методики 5 мкг/мл в разбавленном экстракте. Разработанная нами методика позволила провести исследование влияния факторов роста на генерацию бета-каротина в микрозелени.

#### Библиографический список

1. Kyriacou, M. C., Roupael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in food science & technology*, 57, 103-115.
2. Pinto, E., Almeida, A. A., Aguiar, A. A., Ferreira, I. M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 38-43.
3. Turner, E. R., Luo, Y., Buchanan, R. L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of food science*, 85(4), 870-882.
4. Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G.A., Giordano, M., Roupael, Y. (2019). Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food chemistry*, 277, 107-118.

## БУФЕРНАЯ ЕМКОСТЬ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ НЕРАСТВОРИМОГО КАЛЬЦИЯ В СЫРЕ

Спирина М. Е.\*

*e-mail: m.spirina@fncps.ru*

*Научный руководитель: докт. техн. наук, проф. РАН Федулова Л.В.*

*Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сыр, нерастворимый кальций, казеин, титрование, буферная емкость

### АННОТАЦИЯ

Сыр — это продукт, который пользуется широкой популярностью во всем мире. Его производство является сложным процессом, который требует тщательного контроля и выполнения каждого этапа. Нерастворимый кальций является основным компонентом, который обеспечивает прочность и упругость сыра, и его контроль является важным этапом производства. В данной статье проведено исследование коллоидного фосфата кальция плавленого, рассольного и полутвердого сыров при помощи кислотно-щелочного титрования. Данные обрабатывались в программе Microsoft Excel. Буферная емкость в диапазоне pH от 4 до 5,5 плавленого сыра и моцареллы составила 10% и 22%, соответственно, а полутвердого сыра Тильзитер — 36%. Полученные результаты подтверждают, что сыры, содержащие меньше нерастворимого кальция, более мягкие и плавящиеся, в то время как сыры с большим содержанием кальция наоборот более твердые и хрупкие.

## BUFFER CAPACITY AS AN INDICATION OF INSOLUBLE CALCIUM IN CHEESE

**Spirina M.E.**

*e-mail: m.spirina@fncps.ru*

*Supervisor of studies: Fedulova L.V.*

*V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** cheese, insoluble calcium, casein, titration, buffer capacity

### ABSTRACT

Cheese is a product that is very popular all over the world. Its production is a complex process that requires careful control and implementation of each stage. Insoluble calcium is the main component that provides the strength and elasticity of the cheese, and its control is an important production step. In this article, a study of colloidal calcium phosphate of processed, brine and semi-hard cheeses was carried out using acid-base titration. The data were processed in Microsoft Excel. The buffer capacity in the pH range from 4 to 5.5 for processed cheese and mozzarella was 10% and 22%, respectively, and for semi-hard Tilsiter cheese, 36%. The results obtained confirm that cheeses containing less insoluble calcium are softer and more meltable, while cheeses with a higher calcium content are, on the contrary, harder and more brittle.

### 1. Введение

Сыр является одним из самых популярных молочных продуктов в мире, как самостоятельный продукт и как ингредиент, используемый в различных кулинарных рецептах. Его производство является сложным процессом, который требует тщательного контроля и четкого выполнения каждого этапа. Данный продукт имеет множество разнообразных вкусов и текстур, от мягких и твердых до сыров с плесенью [1]. Качество сыров зависит от многих факторов - содержания в молоке жира и белка, кислотности, температуры и времени созревания, использования различных заквасок и ферментов. Все эти факторы влияют на химический состав и структуру сыра, что в свою очередь определяет его вкусовые и текстурные свойства [2]. Не мало важным моментом также является содержание нерастворимого кальция, который может привести к образованию крупинок в сыре, негативно влияющих на его текстуру и вкус. Кроме того, высокое содержание нерастворимого кальция может привести к снижению эффективности использования молока при производстве сыра и увеличению затрат на производство [3].

В настоящее время количество нерастворенного кальция определяется в молоке при помощи различных химических и физических методов. Для сыров, в которых содержится значительное количество кальция, один из наиболее эффективных и точных методов — это метод буферной емкости, который основан на том, что нерастворимый кальций в сыре растворяется в буферном растворе, который имеет определенную концентрацию и рН. При этом происходит образование кальциевых солей, которые можно выделить и определить количественно. Таким образом, метод буферной емкости позволяет точно определить содержание нерастворимого кальция в сыре и использовать эту информацию для контроля качества продукции [4].

В данной статье проводится определение нерастворимого кальция при помощи буферной емкости путем кислотно-щелочного титрования.

Цель данной темы – сравнительное изучение нерастворимого кальция, связанного с мицеллами казеина, определенное косвенным методом путем измерения буферной емкости, обеспечиваемой остаточным коллоидным фосфатом кальция с использованием кислотно-щелочного титрования в разных типах сыров.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись сыры различного типа – домашний плавленый сыр из коровьего молока, молодой рассольный сыр Моцарелла, полутвердый сыр Тильзитер. Пробы хранились в холодильнике при температуре от 0 до 2 °С. Определение нерастворимого кальция в сырах проводили методом определения буферной емкости путем титрования [4].

Гомогенаты сыров готовили для титрования путем смешивания 15 г сыра с 120 мл нагретого до 50 °С гидроксида натрия (3,3 мМ), полученную суспензию гомогенизировали в течении 2 мин при 10000 об/мин при помощи гомогенизатора Stegler S10 (STEGLER, Китай). После чего смесь охлаждали до 20°С на водяной бане, доводили рН до 7,0 гидроксидом натрия (0,5 М) и выдерживали 12 часов при температуре 10 °С.

После инкубации отбирали из пробы две аликвоты по 50 мл, помещали в предварительно нагретую до 20 °С колбу и перемешивали при 400 об/мин. Каждую аликвоту титровали от исходного значения рН до 3,0 с помощью азотной кислоты (0,5 М) и от рН 3,0 до 7,0 с помощью гидроксида натрия (0,5 М).

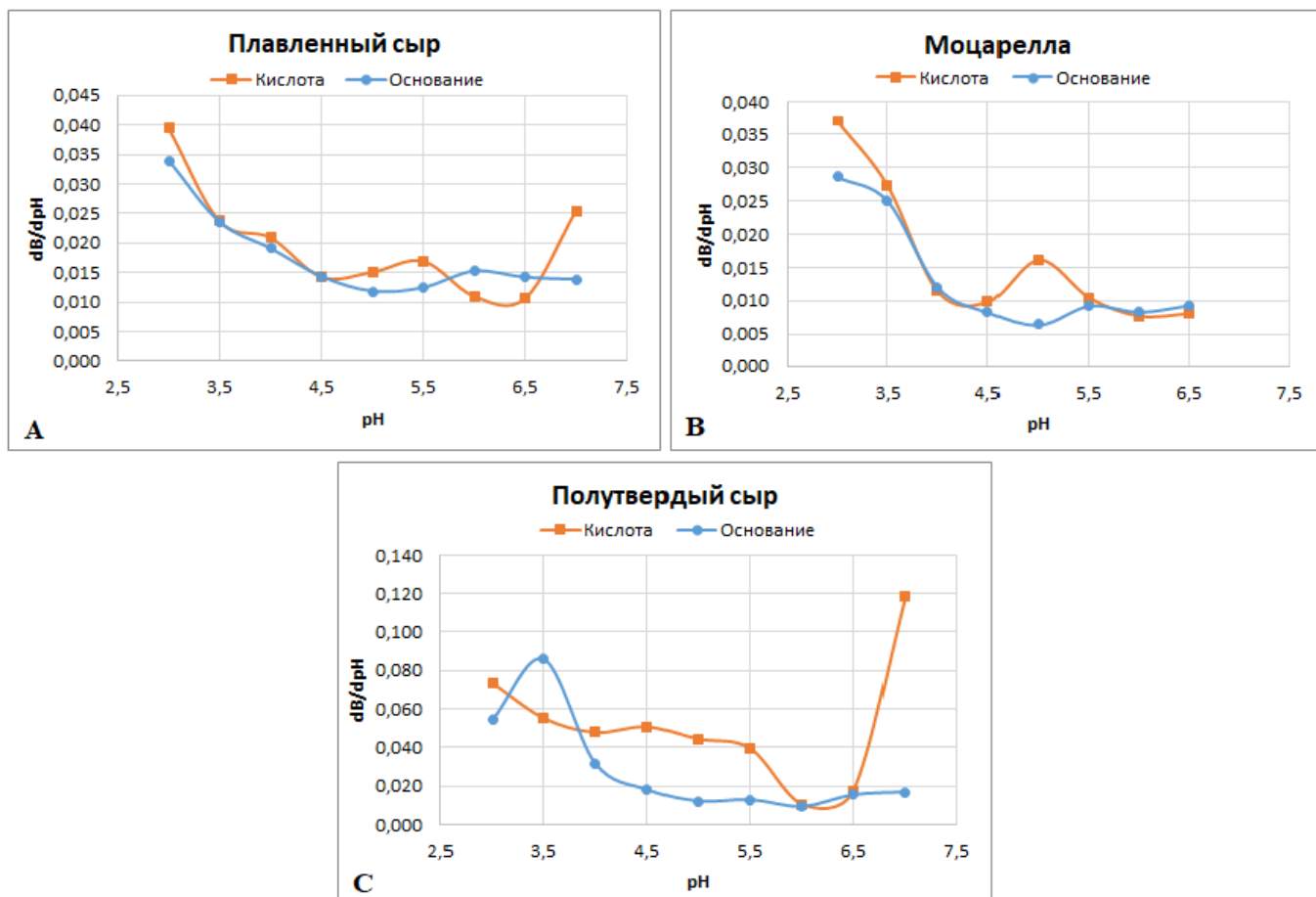
Изменение рН (dрН), вызванное постепенным добавлением кислоты или основания, и объем титранта, использованного при титровании, регистрировались и экспортировались в электронную таблицу Microsoft Excel. Все измерения проводились в трехкратной повторности. Кривые буферизации получали путем построения индекса буферности в зависимости от рН. Изменение общего объема пробы за счет добавления кислоты или щелочи во время титрования учитывали при расчете индекса буферности. Индексы буферности (dВ/dрН), характеризующее отношение между приращением основания или кислоты, добавленных к буферному раствору и результирующим увеличением рН, рассчитывали на основе данных титрования следующим образом [4,5]:

$$\frac{dV}{d\text{pH}} = \frac{\text{мл доб. кислоты} / \text{доб. основания} * \text{нормальность кислоты} / \text{основания}}{\text{объем образца} * \text{изменение рН}}$$

Microsoft Excel использовали для расчета площади под кривыми буферности. Кривые были интегрированы между пределами рН 4,0 и 5,5 [6]. Затем рассчитывали разницу в площади между прямой и обратной кривыми буферизации. Величина этой площади напрямую связана с содержанием коллоидного фосфата кальция в сыре [7].

## 3. Результаты и обсуждение

Метод кислотно-щелочного титрования измеряет буферную мощность, обеспечиваемую остаточным коллоидным фосфатом кальция, и эта буферная емкость используется для количественного определения кальция, связанного с мицеллами казеина. В результате исследования получились кислотно-щелочные кривые продуктов, представленные на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Кривые буферизации сыров различного типа.

Условные обозначения: А – кривые буферности для плавленого сыра, В – кривые буферности для моцареллы, С – кривые буферности для сыра Тильзитер

При титровании кислотой коллоидный фосфат кальция превращается в растворимую форму. При обратном титровании основанием кальций вновь становится нерастворимым, с образованием фосфата кальция.

Когда образцы подкисляли азотной кислотой, наблюдался пик буферизации при pH ~5, этот пик обусловлен солиubilизацией коллоидного фосфата кальция, приводящей к образованию ионов фосфата, которые соединяются с H<sup>+</sup>, что приводит к буферизации. Во время обратного титрования гидроксидом натрия пик буферизации при pH 5 отсутствовал, а усиление буферизации происходило при pH >5. Пик при обратном титровании основанием, вероятно, отражает изменение растворимости коллоидного фосфата кальция в среде сыра.

Площадь между прямым и обратным титрованием использовали как показатель концентрации остаточного коллоидного фосфата кальция в сыре, как это было предложено в работе [7].

Разница площадей под кривыми буферизации, полученными при обратном (титрование основанием) и прямом (подкисление) титровании в диапазоне pH 4,0-5,5 для плавленого сыра составила 10,4%, для моцареллы – 21,8% и для полутвердого сыра Тильзитер – 35,9%.

Тем самым, полученные данные подтверждают то, что сыры с низким уровнем содержания нерастворимого кальция более мягкие и плавящиеся, а сыры с высоким содержанием нерастворимого кальция наоборот более твердые и хрупкие.

#### 4. Выводы

При исследовании сыров различных типов методом буферной емкости в диапазоне pH от 4 до 5,5 было определено количество нерастворимого кальция. Содержание нерастворимого кальция, связанного с мицеллами казеина, определенное косвенным методом путем измерения буферной емкости, обеспечиваемой остаточным коллоидным фосфатом кальция с использованием кислотно-щелочного титрования, в плавленом сыре из коровьего молока составило 10%, в моцарелле – 22% и в полутвердом сыре Тильзитер – 36%. Полученные данные согласуются с тем, что зона буферности от 4,5 до 5,5 обусловлена максимальным проявлением коллоидного фосфата кальция.



В работе Григорьевой А. И. путем измерения буферной емкости водорастворимой фракции сыра методом потенциометрического титрования до заданного значения рН показана возможность разработки методики измерений степени зрелости сыра. Автор с помощью потенциометрического титрования водорастворимой фракции полутвердого сыра типа Голландского выявил наличие двух зон буферности – в диапазонах рН от  $5,7 \pm 0,1$  до  $6,7 \pm 0,1$  и от  $7,0 \pm 0,1$  до  $11,0 \pm 0,1$ . При этом созревание сыра в течение 60 суток вызывало изменения в буферной зоне, обусловленной действием белков и продуктов их гидролиза буфера – выделены два диапазона рН от 8 до 9 и от 9 до 10. При этом буферная зона, обусловленная действием слабых кислот и их солей в процессе созревания в течение 60 суток, не изменялась и находилась в пределах рН 5,7 [8].

Таким образом, можно заключить, что уровень нерастворимого кальция не изменяется в сыре в процессе созревания, но обуславливает структуру и свойства сыра, такие как твердость и плавучесть. Сыры с высоким содержанием кальция имеют более твердую и хрупкую структуру, а сыры с низким содержанием кальция более мягкие и плавящиеся. Однако, слишком высокое содержание кальция может привести к образованию кристаллов в сыре, что делает его менее приятным на вкус. Сыры с низким содержанием кальция, напротив, имеют более мягкую и кремообразную структуру, что делает их идеальными для использования в блюдах, где нужно достичь однородной консистенции [9]. Также известно, что без достаточного количества нерастворимого кальция, сыры могут не достигнуть своей оптимальной текстуры и вкуса. Твердые сыры, такие как чеддер или тильзитер, содержат значительное количество нерастворимого кальция и могут созревать в течение нескольких месяцев. А более мягкие или рассольные сыры, такие как моцарелла или бри, содержат меньше кальция и могут созревать за несколько недель [10].

Следовательно, контроль содержания нерастворимого кальция в сыре является важным фактором для обеспечения высокого качества продукта и удовлетворения потребностей потребителей, а его содержание контролируется при помощи различных методов, включая титрование. Высокое содержание нерастворимого кальция может привести к появлению нежелательных свойств сыра, таких как жесткость, крошливость и горечь. Знание о том, какие компоненты влияют на качество и вкус сыра, может помочь производителям сделать более качественный продукт и удовлетворить потребности потребителей.

#### Библиографический список

1. Мордвинова, В.А., Атнилов, Э.С. (2020). Традиционные технологии полутвердых сыров в современных условиях. *Переработка молока*, (7), 26-28. <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2020-07-26-28>
2. Матвеева, Т.А., Рубан, Н.Ю., Резниченко, И.Ю., Попова, Д.Г. (2021). Мониторинг качества и безопасности сыров. *Контроль качества продукции*, (7), 37-43.
3. Маркевич, Р.М., Рымовская, М.В. (2021). Биотехнология в пищевых производствах. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ. 16-50.
4. Hassan, A., Johnson, M.E., Lucey, J.A. (2004). Changes in the proportions of soluble and insoluble calcium during the ripening of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 87(4), 854-862. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73229-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73229-4)
5. Van Slyke, D.D. (1922). On the measurement of buffer values and on the relationship of buffer value to the dissociation constant of the buffer and the concentration and reaction of the buffer solution. *Journal of Biological Chemistry*, 52(2), 525-570. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)85845-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)85845-8)
6. Vollmer, A.H., Kieferle, I., Pusch, A., Kulozik, U. (2021). Effect of pentasodium triphosphate concentration on physicochemical properties, microstructure, and formation of casein fibrils in model processed cheese. *Journal of Dairy Science*, 104(11), 11442-11456. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20628>
7. Lucey, J.A., Fox, P.F. (1993). Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review. *Journal of Dairy Science*, 76(6), 1714-1724. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77504-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77504-9)
8. Григорьева, А.И. (2021). Буферная емкость сыров как один из показателей зрелости. *Пищевые системы*, 4(3S), 52-56. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-52-56>
9. Barone, G., Yazdi, S.R., Lillevang, S.K., Ahrne, L. (2021). Calcium: A comprehensive review on quantification, interaction with milk proteins and implications for processing of dairy products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(6), 5616-5640. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12844>
10. Чечулин, П. (2018). Современное сыроделие для всех. Часть первая. Москва: Эскимо. 12-22

## НАКОПЛЕНИЕ МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ В ЗЕРНЕ, ПОРАЖЕННОМ МАЛЫМ МУЧНЫМ ХРУЩАКОМ

Степаненко Д.С.\*

\*e-mail: d.stepanenko@fnpcs.ru

Всероссийский научно – исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Москва, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** мочева́я кислота, накопление, ма́лый мучной хрущак, ВЭЖХ.

### АННОТАЦИЯ

Проведены исследования зависимости содержания мочево́й кислоты в зерне пшеницы от степени загрязненности его различными стадиями развития жуков *Tribolium confusum*. Выявленная зависимость прямолинейна и характеризуется высоким коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,9979$ . Выявлен высокий коэффициент корреляции ( $R = 0,9989$ ), доказывающий преобладающее влияние наличия зараженности зерна на содержание мочево́й кислоты в нем. Установлена высокая специфичность содержания мочево́й кислоты, как показателя загрязненности зерна продуктами жизнедеятельности *T. confusum*. Проведена адаптация методики определения мочево́й кислоты в зерне к измельченным зернопродуктам, что позволило снизить возможность ошибки определения, связанной с невозможностью точного отбора равнозагрязненных образцов зерна при составлении пробы для анализа. Соответственно, повышена эффективность процесса определения содержания мочево́й кислоты в загрязненных зернопродуктах.

**Финансирование:** Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию FGUS-2022-0016 Федерального научного центра пищевых систем им В.М. Горбатова Российской академии наук.

**Благодарности:** Автор выражает признательность и особую благодарность Закладному Геннадию Алексеевичу, доктору биологических наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ за разностороннюю помощь и научные консультации по вопросам исследования. Также автор выражает особую благодарность Яицких Артёму Валерьевичу, кандидату технических наук за содействие и поддержку в составлении макета исследования, а также помощь, оказанную при сборе и обработке экспериментальных данных.

## ACCUMULATION OF URIC ACID IN GRAINS AFFECTED BY TRIBOLIUM CONFUSUM

Stepanenko D.S.\*

\*e-mail: d.stepanenko@fnpcs.ru

All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia.

**KEYWORDS:** uric acid, accumulation, *Tribolium confusum*, HPLC

### ABSTRACT

Studies of dependence of uric acid content in wheat grain on the degree of contamination with it by different stages of development of *Tribolium confusum* beetles have been conducted. The relationship is straightforward and characterized by a high determination factor of  $R^2 = 0.9979$ . A high correlation coefficient ( $R = 0.9989$ ) has been identified, which proves the predominant influence of grain contamination on the uric acid content in it. A high specificity of uric acid content has been established as an indicator of grain contamination by *T. confusum* products. The method of determination of uric acid in grains was adapted to shredded grain products, which allowed to reduce the possibility of detection error related to the impossibility of accurate sampling of equally contaminated grain samples when compiling a sample for analysis. Accordingly, the efficiency of the process of determining the uric acid content in contaminated grain products has been increased.

**Funding:** The article is prepared as part of the research on the state task FGUS-2022-0016 of the Federal scientific center of food systems named after V.M. Gorbатов of the Russian Academy of Sciences.

**Acknowledgements:** The author expresses gratitude and special gratitude to Zakladnoj Gennady Alekseevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation for all assistance and scientific advice on research issues. The author also expresses special gratitude to Artem Valerevich Yaitskikh, candidate of technical sciences for assistance and support in the preparation of the study layout, as well as assistance in the collection and processing of experimental data.

## 1. Введение

Исследованиями [1] установлено, что при загрязнении насекомыми и клещами резко ухудшается пищевая ценность зерна: снижается количество белка, отмечаются разнонаправленные изменения в содержании аминокислот, в значительных количествах появляется мочевая кислота. Помимо снижения массы и ухудшения качества и технологического достоинства зерна насекомые и клещи выделяют в зерно токсичные для человека вещества. Поэтому при определенной плотности заражения зерна насекомыми и клещами оно становится непригодным для продовольственных целей [2,3]. Токсичные вещества сохраняются в зерне и после дезинсекции. При этом повторное заражение зерна или продуктов его переработки насекомыми приводит к дополнительному накоплению токсичных веществ. Опасность загрязненного вредителями зерна для здоровья человека доказана многочисленными исследованиями [4-6]. Так, например, продукты жизнедеятельности насекомых и клещей, развивающихся в зерне, вызывают аллергические реакции при употреблении в пищу продуктов его переработки.

Разработанный метод [7] определения содержания мочевой кислоты (МК) в зерне не приемлем для использования на продуктах переработки зерна, а также снижается сходимость при процессе выделения МК в равнозагрязненных образцах. Таким образом, актуальным является адаптация этого метода для применения с измельченными зернопродуктами.

Согласно исследованиям [8] наиболее часто хранящиеся в складах зернопродукты поражаются булавоусым хрущак *Tribolium castaneum* и малым мучным хрущак *Tribolium confusum*. Исходя из этого, представляется существенным вопрос о накоплении мочевой кислоты в зерне, заселенном жуками малого мучного хрущака *Tribolium confusum*. Поэтому в текущей работе акцент будет направлен на анализ зерна, загрязненного этим видом вредителя.

## 2. Материалы и методы

В исследованиях использовали многолетнюю лабораторную культуру малого мучного хрущака *Tribolium confusum*. К пробам зерна пшеницы массой по 500 г влажностью 13,9 % подсаживали по 50 имаго без разделения на пол и возраст. Пробы выдерживали при температуре 25 °С в течение необходимого времени, чтобы получить природную популяцию со всеми стадиями развития вредителя от яиц до имаго. Регулярно проводили учеты численности имаго в опытных пробах. Когда количество имаго в пробе стало превышать число подсаженных родителей, зерно было размещено в морозильную камеру при температуре минус 10 °С, чтобы исключить дальнейшее развитие насекомого и законсервировать содержание накопленной мочевой кислоты. Маточные пробы загрязненного размалывали на лабораторной мельнице типа ЛМЦ и из них формировали субпробы (путем смешивания с незагрязненным зерном, измельченным в тех же условиях) с разной плотностью заселения имаго, от 0 особей, что являлось контролем до 50 экз./кг. Крупность помола характеризовалась проходом продукта размола через металлотканое сито 08 не менее 98 %. В подготовленных таким образом субпробах анализировали содержание мочевой кислоты.

Определение мочевой кислоты проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Использовали хроматограф жидкостный «Стайер» с УФ детектором и программно-аппаратным комплексом «МультиХром». Для разделения компонентов анализируемого объекта использовалась колонка хроматографическая SynergiHydro-RP, 4 мкм, 250×4,6 мм, с предзащитной колонкой «С18» или «С18 Аq», 4.0×3.0 мм. Режим разделения - изократический. Подвижная фаза – водный раствор, содержащий гидрофосфат натрия и дигидрофосфат калия с добавлением к каждому литру раствора некоторого количества дигидрофосфата тетрабутиламмония в качестве ионно-парного агента. Скорость потока 1 см<sup>3</sup>/мин, объем петлевого дозатора 20 мкл, температура термостата колонки 30°С, детектирование спектрофотометрическое, λex: (290±2) нм.

Экстракция осуществлялась 1 % водным раствором ацетата натрия в ультразвуковой ванне при температуре  $70 \pm 1$  °С. При этом к 50 г размолотого зерна приливали 200 мл раствора. Время обработки ультразвуком составляло 10 минут. После окончания процесса экстракции колбы с образцами охлаждали до комнатной температуры, надосадочную жидкость декантировали в центрифужные пробирки и проводили центрифугирование при 6000 об<sup>-1</sup> в течение 15 минут. Супернатант фильтровали через складчатый фильтр, изготовленный из бумажных фильтров «синяя лента». Чистый экстракт использовали для анализа.

Анализ проводили в двух параллельных пробах, для каждой из которых регистрировали по две хроматограммы. Массовая концентрация мочевого кислоты в пробах, введенных в хроматограф, автоматически рассчитывалась системой сбора и обработки хроматографической информации. Расчет содержания мочевого кислоты в образце зерна (X мг/кг) проводили по формуле (1):

$$x = \frac{C \times V}{m}, \quad (1)$$

где: V — объем экстракта, мл (200 мл); m — масса пробы зернопродукта, г (50 г); C - среднее значение массовой концентрации мочевого кислоты в пробе, введенной в хроматограф, мкг/мл.

Предварительно проводили градуировку прибора с использованием растворов мочевого кислоты различных концентраций в 1 % растворе ацетата натрия.

### 3. Результаты и обсуждение

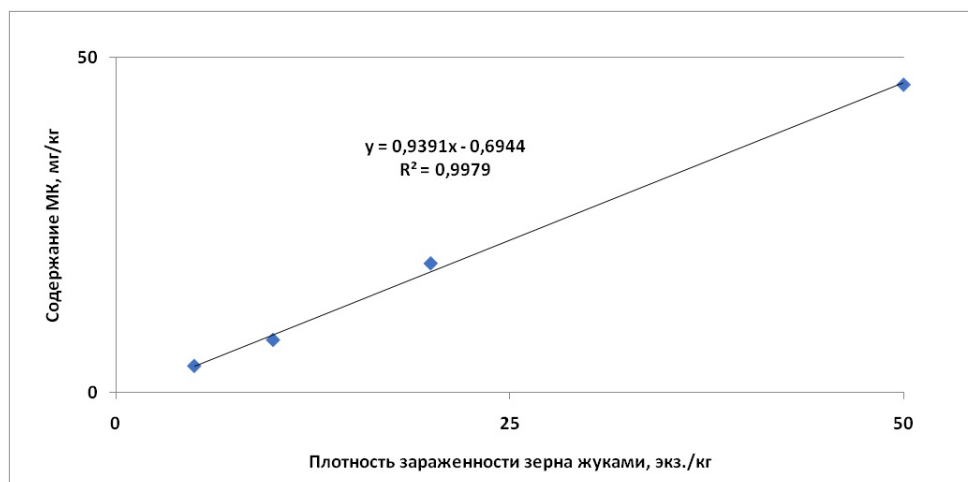
Для формирования экспериментальных образцов с необходимой степенью загрязненности насекомыми из вымороженного зерна с зараженностью жуками малого мучного хрущака в количестве 106 экз./кг отбирали навески. Их соединяли с чистым размолотым в аналогичных условиях зерном пшеницы с доведением общей массы образца до 150 г. Из полученной массы продукта формировали 2 повторности, которые и подвергали анализу. На основании экспериментальных данных выявлена прослеживаемость повышения содержания мочевого кислоты в пробах размолотого зерна при увеличении плотности заселения зерна жуками *Tribolium confusum*.

Результаты исследований по определению мочевого кислоты в пробах размолотого зерна пшеницы, загрязненного малым мучным хрущачком, представлены на рисунке 1.

Анализируя данные рисунка 1, видно, что увеличение числа жуков в зерне влечет за собой повышение содержания в нем мочевого кислоты. Зависимость эта описывается уравнением прямой линии с высоким коэффициентом детерминации  $R^2$ , равным 0,9979.

Заметим, что коэффициент корреляции ( $R = 0,9989$ ) вплотную приближается к максимальной его величине - единице. Это доказывает, что содержание мочевого кислоты в зерне определяется лишь присутствием в нем *Tribolium confusum*, а другие факторы ничтожны или отсутствуют в данном процессе.

Настоящие исследования убеждают, что показатель содержания мочевого кислоты в размолотом зерне является высокоспецифичным при определении загрязненности его *Tribolium confusum*.



**Рисунок 1.** Зависимость содержания мочевого кислоты в размолотом зерне от плотности заражения его жуками малого мучного хрущака



Ранее [7] коллективом ученых ВНИИЗ была опробована и модифицирована методика определения мочевой кислоты в зерне методом ВЭЖХ. Она позволяла определить загрязненность зерна, пораженного насекомыми, даже после отсеивания вредителей. Кроме того, удалось добиться высокой степени корреляции результатов измерения содержания мочевой кислоты в зависимости от количества насекомых, присутствовавших в зерне. Но эту методику невозможно было использовать при определении мочевой кислоты в продуктах переработки зерна, таких как мука. Причина состояла в клейстеризации крахмала при температуре экстракции. Также, у данной методики выявлялось расхождение при определении мочевой кислоты в параллельных пробах из-за неравномерного распределения насекомых в зерне, особенно при низкой зараженности или зараженности в скрытой форме. При отборе образцов загрязненного зерна для приготовления проб с различной загрязненностью существовал риск получения пробы либо с большей, либо с меньшей загрязненностью.

#### 4. Выводы

В результате исследований выявлена прямопропорциональная зависимость между количеством жуков *Tribolium confusum*, развивавшихся в зерне, и содержанием в нем мочевой кислоты. При этом содержание мочевой кислоты в зерне определяется лишь наличием в нем всех стадий развития вредителя.

Показано, что содержание мочевой кислоты является специфичным показателем загрязненности его насекомыми, в частности *Tribolium confusum*.

Адаптированная к измельченным продуктам из зерна методика определения содержания мочевой кислоты отличается высоким коэффициентом детерминации, равномерностью распределения и извлечения мочевой кислоты в измельченном продукте и, вследствие этого, снижением ошибки определения, связанной с отбором проб.

#### Библиографический список

1. Stathers, T.E., Arnold, S.E., Rumney, C.J., Hopson, C. (2020). Measuring the nutritional cost of insect infestation of stored maize and cowpea. *Food Security*, 12, 285-308. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00997-w>
2. Когтева, Е.Ф., Алешина, М.В. (2017). Расчет убытков продукции от вредителей хлебных запасов и обоснование целесообразности дезинсекции. In *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. 147-166.
3. Joshi, R., Tiwari, S.N. (2019). Fumigant toxicity and repellent activity of some essential oils against stored grain pest *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 59-62.
4. Молчанова, О.В., Бритов, А.Н., Платонова, Е.В. (2020). Значение повышенного уровня мочевой кислоты в развитии и профилактике хронических неинфекционных заболеваний. *Профилактическая медицина*, 23(2). <https://doi.org/10.17116/profmed202023021102>
5. Геворкян, И.С. (2020). Рисовый долгоносик (*Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763) и его хозяйственное значение. *ModernScience*, (8-2), 14-24.
6. Zakladnoy, G.A. (2020). Analysis of the resistance of grain pests to phosphine. Review. *Food systems*, 3(1), 21-24. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-1-21-24>
7. Степаненко, Д.С., Яицких, А.В. (2021). Эффективность метода определения мочевой кислоты в зерне с помощью ВЭЖХ. *Пищевые системы*, 4(3S), 286-291. <https://doi.org/10/21323/2618-9771-2021-4-3S-286-291>
8. Mueller, D.K. (2010). *Reducing customer complaints in stored products*. InsectsLimited.



## РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ К ОБОСНОВАНИЮ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ МАСЛА ГХИ В РОССИИ

Сумеркина Ю.С.

*e-mail: yu.sumerkina@fnscps.ru*

*Научный руководитель: докт. техн. наук Топникова Е.В.*

*Руководитель темы: науч. сотр. Пирогова Е.Н.*

*Всероссийский научно – исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Углич, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *масло Гхи, топленое масло, технология*

### АННОТАЦИЯ

В исследовательской работе рассмотрены технологии производства масла Гхи за рубежом и топленого масла в России согласно ГОСТ 32262 -2013 «Масло топленое и жир молочный. Технические условия». Выявлены сходства и различия методов их производства. Определены идентификационные характеристики масла Гхи, описаны его полезные свойства. Изучен жирнокислотный состав и органолептическая оценка представленных на рынке образцов масла Гхи в сравнении с топленым маслом из сборного сырья. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с данными из литературных источников. С учетом анализа разработаны научные подходы к обоснованию состава и технологии производства масла Гхи в России. Результаты полученных исследований могут быть использованы при разработке технологии и документа по стандартизации изготовления продукта.

## DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC APPROACHES TO THE SUBSTANTIATION OF THE COMPOSITION AND TECHNOLOGY OF GHEE IN RUSSIA

Sumerkina J. S.\*

*\*e-mail: yu.sumerkina@fnscps.ru*

*Supervisor of studies: Topnikova E. V.*

*Theme leader: Pirogova E.N.*

*All-Russian Scientific-Research Institute of Butter –and Cheesemaking – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia*

**KEYWORDS:** *Ghee, Melted butter, Technology*

### ABSTRACT

In the research work, the technologies for the production of Ghee in other countries and melted butter in Russia are considered in accordance with GOST 32262-2013 «Melted butter and milk fat. Specifications». Similarities and differences in the methods of their production are revealed. The identification characteristics of Ghee are determined, its useful properties are described. The fatty acid composition and organoleptic evaluation of Ghee samples on the market were studied in comparison with Ghee from prefabricated raw materials. A comparative analysis of the obtained results with data from literary sources was carried out. Based on the analysis, scientific approaches have been developed to substantiate the composition and technology for the production of Ghee in Russia. The results of the studies obtained can be used in the development of technology and a document for standardizing the manufacture of the product.

### 1. Введение

В настоящее время российские производители и потребители активно проявляют интерес к маслу Гхи, как к продукту здорового и сбалансированного питания с исключительно полезными свойствами. Гхи(° g) – это, принятое в санскрите, название топленого сливочного масла. Оно популярно в кулинарии Судана, Эфиопии, странах Ближнего Востока и особенно в Индии. Используется в Аюрведе как терапевтическое средство, а также для религиозных ритуалов. Оно популярно в Восточных странах из-за своих питательных свойств, характерного вкуса и аромата и считается священной пищей. Его делают из молока, сливок или масла разных видов животных.

В зарубежных источниках описываются полезные свойства данного вида масла. Масло Гхи идеально подходит людям с непереносимостью лактозы, оно богато жирорастворимыми витаминами А и Е, а также витамином К<sub>2</sub>, который способствует усваиванию кальция, помогает его транспортировке именно в те участки организма, где кальций больше всего необходим.

В этом виде масла зарубежные ученые отмечают повышенное содержание конъюгированной линолевой кислоты, которая уменьшает жировые отложения, повышает резистентность к инсулину (а значит, может предотвращать диабет), обладает антитромбогенными и противораковыми свойствами, предотвращает атеросклероз, модулирует иммунную систему, способствует минерализации костной ткани, снижает содержание глюкозы в крови, улучшает пищеварение, помогает бороться с пищевыми аллергиями. Отмечается, что Гхи является идеальным для жарки во фритюре, потому что оно имеет высокую температуру дымообразования (250 °С), которая значительно выше, чем у большинства растительных масел (180-200 °С). Еще одним преимуществом этого вида масла считается долгое сохранение качества при нерегулируемой температуре хранения [1].

Зарубежными исследованиями доказано, что в Гхи изготовленном традиционным аюрведическим методом, содержание Докозагексеновой (C<sub>22:6</sub>) и Арахидоновой (C<sub>20:4</sub>) кислот имеют повышенные значения – (0,083±0,003) % и (0,218 ± 0,096) %соответственно [2]. Докозагексеновая кислота способствует сохранению и восстановлению эластичности сосудов, улучшает мозговое и периферическое кровообращение и необходима для нормального развития и функционирования мозга. Также она повышает выносливость глаз и является важным источником энергии для организма [3]. Арахидоновая кислота является одной из наиболее распространенных жирных кислот в головном мозге и присутствует в аналогичных количествах с Докозагексаеновой кислотой. Эти две кислоты составляют примерно 20 % всего содержания жирных кислот в организме и положительно влияют на неврологическое здоровье человека. Арахидоновая кислота помогает поддерживать эластичность клеточной мембраны гиппокампа, защищающего мозг от окислительного стресса и способствует восстановлению нейронов [4].

Учитывая возрастающий интерес российских производителей к этому «экзотическому» виду масла, актуальным является выявление отличий масла Гхи от выпускаемого в России топленого масла для разработки технологии его производства.

Отсутствие нормативной документации в отношении производства масла Гхи на территории РФ позволяет производителям изобретать различного рода маркетинговые ходы для продвижения данного продукта. На прилавках магазинов появилось масло Гхи, однако его часто маркируют в соответствии с [5,6] что указывает на определенное противоречие.

Цель работы: разработка научных подходов к обоснованию состава и технологии масла Гхи в условиях российского производства.

Задачи работы: анализ технологии производства масла Гхи за рубежом, сравнение технологии масла Гхи с технологией топленого масла по [5], проведение сравнительной оценки органолептических показателей и жирнокислотного состава представленных на рынке образцов масла Гхи и образцов топленого масла.

## **2. Материалы и методы**

Исследовали образцы масла Гхи без вкусовых компонентов, произведенные предприятиями РФ и РБ, отобранные с торговой полки, и масло топленое из сборного сырья по [5].

Определение жирнокислотного состава проводили в соответствии с [7]. Метилловые эфиры жирных кислот получали согласно [8]. Для определения жирнокислотного состава использовали газовый хроматограф «Хромос GX-1000» (ООО «Хромос», Россия), колонку CP – Sil 88 for FAME 100m×0.25mm×0.2µm («Agilent Technologies», США). Объем вводимой пробы – 1 мм<sup>3</sup>; температура инжектора – 220 °С; программа термостата: 1) 100 °С – 4 мин, с повышением температуры на 5 °С в течение 20 мин; 2) 170 °С – 20 мин, с повышением температуры на 5 °С в течение 9 мин; 3) 215 °С – 30 мин (продолжительность анализа – 77 мин); газ-носитель – азот. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили по стандартной смеси Supelko 37 Component FAME Mix («Supelko», США). Расчет полученных данных проводили методом внутренней нормализации в программе «Хромос».

Органолептическую оценку образцов масла проводили согласно [9] путем закрытой дегустации. В состав дегустационной комиссии входило 9 аттестованных экспертов.

### 3. Результаты и обсуждение

*Анализ технологии производства* базируется на рассмотрении зарубежных и отечественных доступных источников научно-технической литературы, включающих особенности масла Гхи и масла топленого.

В домашних условиях масло Гхи получают путем длительного кипячения сливочного масла в открытой посуде при прямом нагреве до тех пор, пока жировая фаза не станет прозрачной цвета янтаря, то есть, во время приготовления полностью выпариваются все жидкие компоненты, а молочный белок удаляют с поверхности или он оседает на бортиках и дне посуды. Затем масло процеживают и сливают в стеклянную емкость. В зависимости от вкусовых предпочтений той или иной страны или региона Востока данная технология дополняется операциями по внесению в рецептуру дополнительных ингредиентов: закваска для дахи (индийский кисломолочный продукт), соль, чеснок и местные специи.

В производственных условиях масло Гхи получают двумя способами: «масляный» (из сливочного масла) и «прямой» (из сливок). Первый метод включает операцию получения сливочного масла методом периодического или непрерывного сбивания. Масло подвергают процессу, называемому предварительной стратификацией, при котором масло растапливают при температуре около 50–60 °С, отделившуюся пахту сливают. Затем масло нагревают до 110–120 °С без выдержки в течение нескольких минут, очищают до прозрачности, фасуют и хранят при температуре 22–23 °С в течение 12–24 часов для образования зернистой консистенции продукта. Отличием «прямого» метода является использование в качестве сырья сливок массовой долей жира 50–70 %. Остальные процессы производства идентичны первому методу [10].

В нашей стране топленое масло начали изготавливать в 19 веке и называлось оно «русское масло». Технология его получения складывалась стихийно на основе многочисленных жизненных наблюдений и отбора полезного опыта, суммирования его в операции выделения жира из сливок, сметаны или сливочного масла. Изначально технологическая инструкция по производству топленого масла (1940 г.), была рассчитана на использование сливочного масла пониженного качества, его зачисток в торговле, нестандартного масла и др. Именно поэтому была предусмотрена высокая температурная обработка сырья с продолжительной выдержкой расплава. Это обуславливало формирование в топленом масле специфического привкуса растопленного жира. В настоящее время он характеризуется как «привкус вытопленного молочного жира». Сейчас изготовление топленого масла регламентируется по [5]. В качестве основного сырья используют масло сливочное. Разработанная технология (ТИ ГОСТ 32262-001) осуществляется по трем схемам, сформированным на одной принципиальной основе - вытапливании молочного жира из жирового молочного сырья методами: отстоя в резервуарах-отстойниках; сепарированием расплавленного сырья в потоке; комбинированием процессов отстоя и сепарирования. Схема производства топленого масла выбирается изготовителем в зависимости от качества жирового сырья, объема выпускаемого продукта и имеющегося оборудования. Наиболее широкое распространение в России получило производство топленого масла методом отстоя, так как он наиболее применим для мелких предприятий. Основное оборудование – перетопочный резервуар, в который перед началом работы наливают воду (10-15 % от объема сырья), нагревают до 50-60 °С и загружают в него масло-сырье. Далее расплав нагревают до температуры 90-95 °С и охлаждают по двум технологическим схемам: для получения зернистой структуры топленого масла расплав жира охлаждают до 50-60 °С, используя теплообменники существующих конструкций или самоохлаждением в резервуарах-отстойниках; для получения однородной структуры расплав быстро охлаждают в маслообразователях существующих конструкций от температуры пастеризации до 14-18 °С и фасуют [11, 12].

Анализируя данные о производстве масла Гхи за рубежом и топленого масла в России, можно сделать вывод о схожести данных технологий между собой: высокотемпературная обработка жирового расплава и длительный процесс изготовления. Но, необходимо отметить, что существует несколько значимых различий:

- для топленого масла в качестве сырья может быть использовано молочное жировое сырье, не соответствующее по химическому составу (массовой доле жира, влаги) и консистенции и не допускается использование вкусовых компонентов;

- для производства масла Гхи должно использоваться специально подобранное сырье, существует возможность использования вкусовых компонентов в его составе. Выявленные различия могут быть заложены в основу российской технологии данного вида масла.

*Анализ показателей качества.* Результаты органолептической оценки масла Гхи и топленого масла из сборного сырья показали, что все образцы исследованных продуктов были оценены в 10 баллов с характеристикой вкуса и запаха: отличный выраженный привкус, характерный для вытопленного молочного жира, без посторонних привкусов и запахов. Яркого привкуса высокотемпературной обработки не было отмечено. Консистенция характеризовалась как слабо зернистая, без наличия вытопленного жира, цвет желтый, однородный по всей массе.

Жирнокислотный состав образцов приведен в таблице 1.

Анализируя ее данные, можно сделать вывод, что у всех исследуемых образцов соотношения сумм метиловых эфиров жирных кислот соответствовали диапазонам, нормируемым в [13] (табл. 4), что свидетельствует о подлинности их жировой фазы. Также, можно отметить, что все образцы масла имели близкие значения содержания жирных кислот, входящих в нормируемый диапазон. Во всех образцах заметно преобладание насыщенных жирных кислот. Однако, в первом образце были отмечены повышенные показатели Арахидоновой и Докозагексаеновой кислот, что, по-видимому, связано с особенностями сырья, используемого для изготовления продукта.

Таблица 1

**Жирнокислотный состав Гхи и топленого масла по ГОСТ 32262-2013**

Жирнокислотный состав исследуемого жира	Масло Гхи			Топленое масло по 32262-2013	Требования по ГОСТ 32261-2013
	1	2	3		
C4:0 Масляная	3,10±0,29	3,00±0,28	3,06±0,28	2,54±0,24	<b>2,4-4,2</b>
C6:0 Капроновая	2,32±0,21	2,07±0,19	2,41±0,22	1,92±0,18	<b>1,5-3,0</b>
C8:0 Каприловая	1,34±0,09	1,12±0,07	1,48±0,10	1,20±0,08	<b>1,0-2,0</b>
C10:0 Каприновая	3,08±0,11	2,42±0,08	3,49±0,12	2,74±0,09	<b>2,0-3,8</b>
C10:1 Деценовая	0,23±0,01	0,24±0,01	0,27±0,01	0,23±0,01	<b>0,2-0,4</b>
C12:0 Лауриновая	3,53±0,08	2,90±0,07	4,14±0,10	3,31±0,08	<b>2,0-4,4</b>
C14:0 Миристиновая	10,59±0,18	9,59±0,16	11,06±0,18	10,03±0,17	<b>8,0-13,0</b>
C14:1 Миристолеиновая*	1,57±0,03	2,15±0,04	2,01±0,04	1,61±0,03	<b>0,6-1,5</b>
C16:0 Пальмитиновая	30,24±0,29	29,09±0,28	30,19±0,29	28,19±0,27	<b>21,0-33,0</b>
C16:1 Пальмитолеиновая*	2,46±0,04	3,29±0,05	2,97±0,05	2,97±0,05	<b>1,5-2,4</b>
C18:0 Стеариновая	9,12±0,09	10,58±0,10	8,01±0,07	10,53±0,10	<b>8,0-13,5</b>
C18:1 Олеиновая*	23,35±0,27	24,20±0,28	22,25±0,26	26,05±0,30	<b>20,0-32,0</b>
C18:2 Линолевая*	4,39±0,16	3,22±0,12	3,48±0,13	3,80±0,14	<b>2,2-5,5</b>
C18:3 Линоленовая*	0,63±0,03	0,79±0,03	0,46±0,02	0,80±0,03	<b>до 1,5</b>
C20:0 Арахидоновая	0,17±0,01	0,23±0,01	0,12±0,01	0,05±0,01	<b>до 0,3</b>
C22:0 Бегеновая	0,10±0,01	0,15±0,02	0,10±0,01	0,06±0,01	<b>до 0,1</b>
Прочие	3,78±0,29	4,96±0,30	4,50±0,27	3,97±0,24	<b>4,0-6,5</b>
C16:0/C12:0	8,6	10,0	7,3	8,5	<b>5,8-14,5</b>
C18:0/C12:0	2,6	3,6	1,9	3,2	<b>1,9-5,9</b>
C18:1/C14:0	2,2	2,5	2,0	2,6	<b>1,6-3,6</b>
C18:2/C14:0	0,4	0,3	0,3	0,4	<b>0,1-0,5</b>
C <sub>18:1</sub> +C <sub>18:2</sub> /C <sub>12:0</sub> +C <sub>14:0</sub> +C <sub>16:0</sub> +C <sub>18:0</sub>	0,5	0,5	0,5	0,6	<b>0,4-0,7</b>
C20:4 Арахидоновая	<b>0,10±0,01</b>	<b>0,06±0,01</b>	<b>0,09±0,01</b>	<b>0,02±0,01</b>	-
C22:6 Докозагексаеновая	<b>0,50±0,02</b>	<b>0,16±0,02</b>	<b>0,10±0,01</b>	<b>0,09±0,01</b>	-

Результаты исследований подтвердили отсутствие значимых различий, поэтому можно утверждать, что производитель продукта под наименованием «масло Гхи» вырабатывает его скорее по технологии топленого масла. Для получения продукта с отличительными признаками необходимо адаптировать технологию в части подбора сырья, режимов его обработки и предусмотреть возможность использовать сочетающиеся с основой вкусовые компоненты.

#### 4. Выводы

Результаты полученных исследований могут быть использованы при разработке технологии и документа по стандартизации изготовления продукта с оригинальными вкусовыми характеристиками - масла Гхи, адаптированной для условий отечественного производства.

Внедрение данной технологии позволит расширить ассортимент линейки продуктов маслodelия и обеспечить высокое качество продукта.

### Библиографический список

1. Battula, S.N., Laxmana, N.N., Sharma, R., Mann, B. Ghee. (2020). Anhydrous milk fat and butteroil. Dairy Fat Products and Functionality. *Fundamental Science and Technology*, 399-430. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-41661-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41661-4_16)
2. Joshi, K.S. (2014). Docosahexaenoic acid content is significantly higher in ghrita prepared by traditional Ayurvedic method. *Journal of ayurveda and integrative medicine*, 5(2), 85–88.
3. Докозагексаеновая кислота. [https://biopax.ru/articles/dokozageksaenovaya\\_kislota](https://biopax.ru/articles/dokozageksaenovaya_kislota). Дата обращения: 16 июня, 2023.
4. Арахидоновая кислота. [https://biopax.ru/articles/arakhidonovaya\\_kislota](https://biopax.ru/articles/arakhidonovaya_kislota). Дата обращения: 16 июня, 2023.
5. ГОСТ 32262-2013 «Масло топленое и жир молочный. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2014. – 13 с.
6. Соколова О., Ефремова И. (2021). Что выбрать - гхи или топленое масло? *Сыроделие и маслоделие*. 4, 32-35.
7. ГОСТ 31633-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот». – М.: Стандартинформ, 2013. -8 с.
8. ГОСТ 31665-2012 «Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот». М.:- Стандартинформ,- 2013.- 6 с.
9. ГОСТ 33632-2015 «Молочный жир, масло и паста масляная из коровьего молока. Методы контроля органолептических показателей ». – М. Стандартинформ,- 2016. -16 с.
10. Balasubramanian K. et al. (2017). Ghee butter as a therapeutic delivery system. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 17(2), 977-982. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.12623>
11. Вышемирский, Ф.А. (2015). Из истории развития ассортимента "Коровьего масла" в России. *Переработка молока*, 6, 38-43.
12. Вышемирский, Ф.А., Топникова, Е.В., Кустова, Т.П. (2011). Топленое масло и молочный жир в современном ассортименте. *Сыроделие и маслоделие*. 1, 51-54.
13. ГОСТ 32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2019. -20 с.



**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Фролова Ю.М.**

*e-mail: u.frolova@gosniihp.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук Парахина О.И.*

*Санкт-Петербургский филиал ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности, Санкт-Петербург, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биотехнология, закваска, молочнокислые бактерии, безглютеновый хлеб

**АННОТАЦИЯ**

Статья посвящена разработке биотехнологии хлебобулочных изделий специализированного назначения на закваске, выведенной с использованием новой микробной композиции на основе молочнокислых бактерий и дрожжей, для питания потребителей, страдающих целиакией, а также аллергией на глютен и чувствительностью к глютену. Представлены данные по видовой принадлежности штаммов микроорганизмов, выделенных из образцов безглютеновых заквасок хорошего качества. Проведена сравнительная оценка антагонистической и кислотообразующей активности штаммов молочнокислых бактерий и бродильной активности дрожжей. Разработан состав микробных композиций из выбранных штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей. Исследовано влияние закваски на новой микробной композиции на физико – химические, органолептические показатели качества готовых изделий и их устойчивость к плесневению и картофельной болезни.

**Благодарности:** Автор выражает благодарность коллективу Санкт-Петербургского филиала ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности за помощь в проведении исследований и при работе над статьей.

**DEVELOPMENT OF BIOTECHNOLOGY OF BAKERY PRODUCTS FOR SPECIALIZED  
PURPOSE TITLE**

**Frolova J.M.**

*e-mail: u.frolova@gosniihp.ru*

*Supervisor of studies: Candidate of Technical Sciences Parakhina O.I.*

*Saint-Petersburg brunch of Scientific Research Institute for the Baking Industry, Saint-Petersburg, Pushkin, Russia*

**KEYWORDS:** biotechnology, sourdough, lactic acid bacteria, gluten-free bread

**ABSTRACT**

The article is devoted to the development of gluten-free bread biotechnology using sourdough with a new microbial composition based on lactic acid bacteria and yeast. The research was carried out at the St. Petersburg branch of the Federal State-Funded Agency of the Scientific Research Institute of the Bakery Industry within the framework of the theme of state assignment No. 0593-2019-0008 "To develop theoretical foundations for creating composite mixtures for bakery products using physical methods of exposure that ensure homogeneity, stability of mixtures and bioavailability of nutrients, to optimize diets population of Russia ". The data on the species belonging of new strains of lactic acid bacteria and yeast isolated from samples of good quality gluten-free starter cultures are presented. A comparative assessment of the antagonistic and acid-forming activity of strains of lactic acid bacteria and the fermentative activity of yeast was carried out. The composition of microbial compositions from selected strains of LAB and yeast was developed. The influence of the starter culture on the new microbial composition on the physicochemical, organoleptic indicators of the bread quality and resistance to mold and ropy-disease was investigated.

**Acknowledgements:** The author are grateful to the staff of the St. Petersburg branch of the FGANU Research Institute of the Baking Industry to for help in conducting research and working on the article.

## 1. Введение

Разработка специализированных хлебобулочных изделий, в том числе безглютеновых, представляет актуальное направление в реализации государственных задач по формированию здорового образа жизни и долголетия. Современный ассортимент хлебобулочных изделий для питания больных целиакией зачастую характеризуется невыраженным вкусом и запахом, изделия быстро черствеют и подвержены микробной порче. Применение биологических заквасок является одним из перспективных и безопасных инструментов для улучшения физико – химических и органолептических показателей качества, повышения микробиологической устойчивости и замедления процесса черствения [1]. Поэтому разработка биотехнологии безглютенового хлеба на заквасках является актуальной задачей.

Учитывая спрос на безглютеновые хлебобулочные изделия, возникла необходимость разработки технологии с использованием заквасок и, соответственно, бакконцентратов на основе безглютенового сырья для их приготовления. Поэтому разработка биотехнологии безглютенового хлеба на заквасках является актуальной задачей.

Целью работы являлось создание биотехнологии безглютеновых хлебобулочных изделий с высокими потребительскими свойствами и устойчивостью к микробной порче на биологической закваске, выведенной с использованием новой микробной композиции на основе штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей, выделенных из безглютеновых заквасок хорошего качества.

## 2. Материалы и методы

Монокультуры молочнокислых бактерий (далее МКБ) и дрожжей выделялись из безглютеновых заквасок хорошего качества (спонтанных и производственных). Для выделения монокультур молочнокислых бактерий из исследуемых образцов готовили серию десятикратных разведений и высевали на агаризованную питательную среду MRS. Культивировали при 30°C в анаэроостате с анаэробным газогенератором. Среди морфологически идентичных колоний (по окраске, форме, рельефу, структуре, консистенции) для выделения чистой культуры выбирали изолированные колонии и пересевали на жидкую питательную среду MRS. Для выделения штаммов дрожжей использовали сусло-агар (8% СВ).

Исследовали морфологические, культуральные и биотехнологические свойства МКБ и дрожжей. Подтверждение принадлежности штаммов молочнокислых бактерий к роду *Lactobacillus* проводили по ГОСТ 10444.11-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов»: по отношению к окраске по Граму, подвижности, наличию каталазы.

Скрининг штаммов молочнокислых бактерий осуществляли по их кислотообразующей и антагонистической активности. Кислотообразующую активность молочнокислых бактерий в водно-мучной питательной смеси влажностью 60% (из рисовой муки) определяли по титруемой кислотности, содержанию летучих кислот (полумикрометод ВНИИХПа) [2].

Антагонистическую активность молочнокислых бактерий по отношению к возбудителю картофельной болезни хлеба *B.subtilis* определяли методом агаровых блочков [3, 4].

Бродильную активность дрожжей определяли по количеству выделившегося диоксида углерода при выращивании с сернокислыми затворами Мейссля [5].

Идентификацию молочнокислых бактерий и дрожжей проводили методом секвенирования 16S рРНК МКБ и ITS-региона ДНК дрожжей [1].

Для исследования биотехнологических свойств выделенных культур, готовили закваски на монокультурах. В I-й фазе разводочного цикла в водно – мучную питательную смесь влажностью 57% вносили монокультуры МКБ, выращенные на питательной среде MRS, с титром клеток  $10^9$  КОЕ/мл, и дрожжи в виде водной суспензии с сусло – агара с содержанием клеток  $10^8$  КОЕ/мл. Дозировку МКБ и дрожжей, вносимых в питательную смесь в I-й фазе разводочного цикла, подбирали по аналогии с разработанной ранее пшеничной закваской на основе бакконцентрата «Грантум» [6, 7]. Закваски выбраживали при температуре 28-30°C в течение 18 – 20 ч, а затем определяли биотехнологические (кислотность, влажность, температура) показатели качества.

Тесто для контрольного и опытных образцов замешивали влажностью 52,0 % из смеси хлебопекарной мучной «Рисовой» с соевым белком» ТУ 10.61.24 – 288 – 11163857 – 2018, разработанной Санкт-Петербургским филиалом ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности, с добавлением прессованных дрожжей, растительного масла и воды. Для опытных образцов использовали закваску производственного цикла в количестве 30% мукой. Тесто формовали на

тестовые заготовки массой 300 г и растаивали в расстойном шкафу при температуре 36 – 38°C и относительной влажности воздуха 75-85 %. Расстоявшиеся тестовые заготовки выпекали в увлажненной пекарной камере при 210°C в течение 23 минут с подачей пара в течение 5 с.

В готовых изделиях через 16 ч после выпечки определяли влажность мякиша по ГОСТ 21094-75, кислотность в соответствии с ГОСТ 5670-96 и пористость по ГОСТ 5669-96. Удельный объем хлеба определяли по ГОСТ 27669 – 88 с помощью специального измерителя и выражали в см<sup>3</sup>/г. Структурно-механические свойства мякиша (общую деформацию мякиша) определяли с помощью автоматизированного пенетрометра Labor (ГДР).

Для установления влияния закваски на интенсивность плесневения хлеба безглютенового использовался метод принудительной контаминации готовых изделий культурой плесневых грибов *Penicillium chrysogenum* [8].

Для определения влияния закваски на подавление спор картофельной палочки использовался метод пробной выпечки [9].

### 3. Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований из безглютеновых заквасок было выделено 8 штаммов молочнокислых бактерий. Подтверждена принадлежность семи штаммов к роду *Lactobacillus*: все штаммы представляли собой неспорообразующие, грамположительные короткие или длинные, неподвижные, каталазоотрицательные палочки. При изучении морфологических, культуральных и биохимических свойств штамма E137 обнаружены грамположительные, неспорообразующие, неподвижные, каталазоотрицательные кокки, которые располагаются парами и тетрадами. Выделено пять штаммов дрожжей, исследованы их морфологические и культуральные свойства.

Методом секвенирования 16S рРНК МКБ и ITS-региона ДНК дрожжей проведена идентификация молочнокислых бактерий и дрожжей (табл. 1). Установлено, что семь штаммов относятся к роду *Lactobacillus* и один к роду *Pediococcus*. Выделенные дрожжи относятся к видам *Kazachstania bulderi*, *Candida humilis*, *Saccharomyces cerevisiae*.

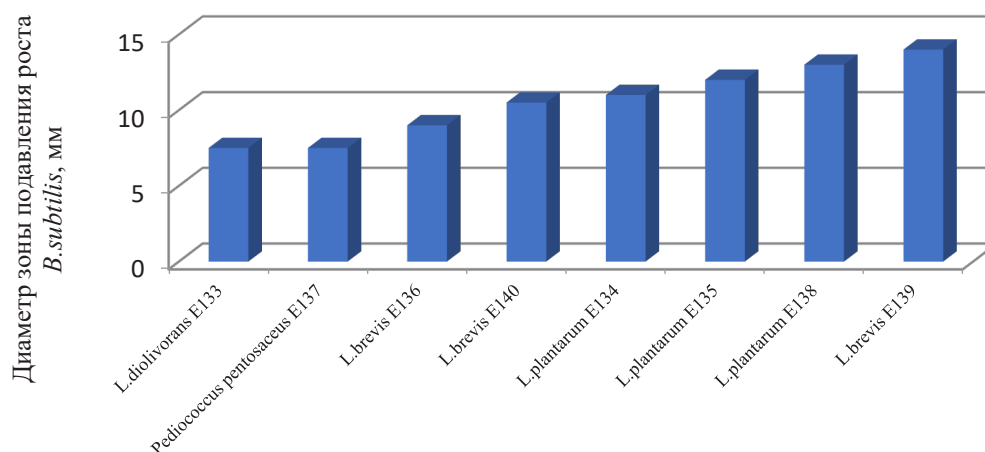
Таблица 1

#### Результаты идентификации методом секвенирования 16S рРНК МКБ и ITS-региона ДНК дрожжей

Шифр штамма	Источник выделения – безглютеновые закваски	Результат идентификации
Молочнокислые бактерии:		
E133	Закваска производственная №1	<i>L.diolorans</i>
E134		<i>L.plantarum</i>
E135	Закваска производственная №2	<i>L.plantarum</i>
E136		<i>L.brevis</i>
E137	Закваска спонтанного брожения из рисовой муки	<i>Pediococcus pentosaceus</i>
E138		<i>L.plantarum</i>
E140		<i>L.brevis</i>
E139		<i>L.brevis</i>
Дрожжи:		
Y202	Закваска производственная №1	<i>Kazachstania bulderi</i>
Y203	Закваска производственная №2	<i>Candida humilis</i>
Y205	Закваска спонтанного брожения из рисовой муки, выведенная в лабораторных условиях	<i>S.cerevisiae</i>
Y206		
Y204	Закваска спонтанного брожения из рисовой муки и муки зеленой гречки	<i>Candida humilis</i>

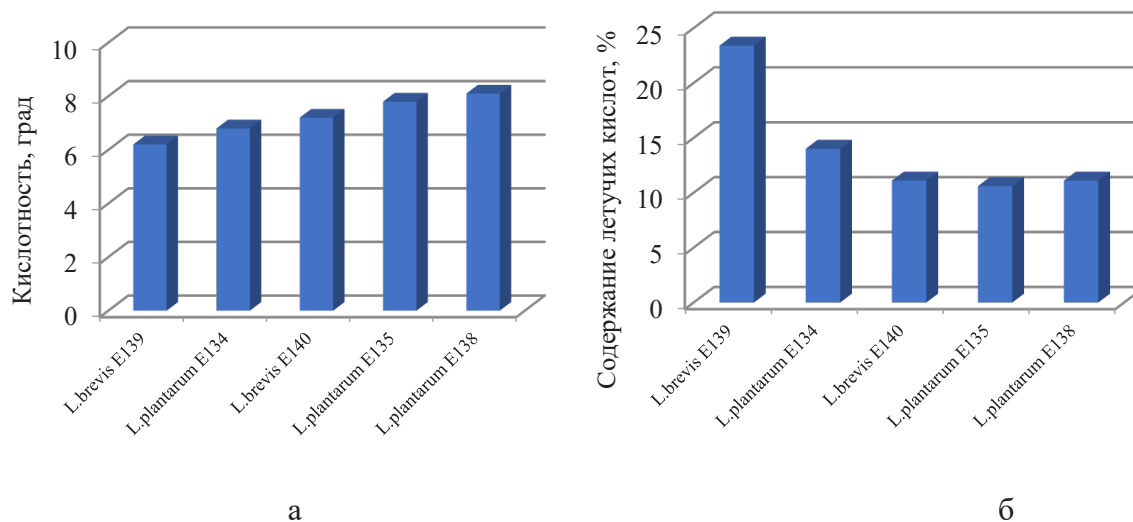
Выбор штаммов МКБ для безглютеновой закваски осуществляли на основании изучения их антагонистической активности по отношению к возбудителю картофельной болезни хлеба *B.subtilis*. Установлено (рис. 1), что наибольший диаметр зоны подавления роста тест – культуры *B.subtilis* наблюдался у штаммов МКБ *L.brevis* E139 и *L.plantarum* E138, что показывает

предпочтительность их использования при разработке микробных композиций для выведения безглютеновой закваски.



**Рисунок 1.** Антагонистическая активность штаммов МКБ

Исследование кислотообразования и способности образовывать летучие кислоты при культивировании в нестерильной питательной смеси влажностью 60% из рисовой муки и воды в течение 24 ч показали, что наибольшую титруемую кислотность имеет штамм *L.plantarum* E138 (рис. 2). Наибольшее количество летучих кислот, которые совместно с другими ароматообразующими веществами вносят существенный вклад в формирование вкуса и запаха готовых хлебобулочных изделий, продуцировал штамм *L.brevis* E139.



**Рисунок 2.** Титруемая кислотность (а) и содержание летучих кислот (б) штаммов МКБ

Результаты исследований бродительной активности дрожжей показали (рис. 3), что при брожении в водно – мучной питательной смеси (из рисовой муки) наибольшее количество диоксида углерода через 24 и 48 ч брожения выделялось у штамма *S.cerevisiae* Y205.



**Рисунок 3.** Бродительная активность дрожжей в водно – мучной питательной смеси влажностью 60% при температуре 30 °С.

На основании полученных данных были составлены две микробные композиции: №1 – на основе штаммов *L.plantarum* E138 и *S.cerevisiae* Y205, №2 – на основе штаммов *L.brevis* E139 и *S.cerevisiae* Y205.

Исследовали влияние двух микробных композиций на физико-химические показатели качества заквасок. Установлено (табл. 2), что в производственном цикле безглютеновая закваска №1, для выведения которой использовалась микробная композиция №1, характеризовалась на 1,4 град меньшей титруемой кислотностью, в 3,3 раза меньшим количеством летучих кислот, при этом спирта на 3,5% больше, чем в закваске №2, для выведения которой использовалась микробная композиция №2.

Таблица 2

**Физико – химические показатели безглютеновой закваски в производственном цикле**

Наименование показателей процесса	Значение показателей качества безглютеновой закваски	
	№1	№2
Кислотность, град		
- начальная	2,5	3,0
- конечная	7,5	8,9
Температура, °С	23 - 25	
Продолжительность брожения, ч	16 - 18	
Содержание:		
- летучих кислот, град/% к титруемой кислотности	0,85/11,3	2,85/30,0
- спирта, % на СВ	2,44	2,38

Исследование влияния заквасок производственного цикла на физико-химические (кислотность, удельный объем, сжимаемость, пористость, содержание летучих кислот и спирта) и органолептические (вкус и запах) показатели качества готовых изделий проводили при приготовлении хлеба рисового из смеси хлебопекарной мучной «Рисовой» с соевым белком» ТУ 10.61.24 – 288 – 11163857 – 2018, разработанной Санкт-Петербургским филиалом ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности.

Результаты исследований готовых изделий (табл. 3) показали, что использование заквасок №1 и №2 производственного цикла в количестве 30% мукой при замесе теста способствует увеличению кислотности в 2,8 и 3 раза, содержания спирта в 2,2 раза, летучих кислот – в 1,1 и 1,5 раза соответственно по сравнению с контролем, что приводит к улучшению вкуса и запаха готовых изделий. Удельный объем, сжимаемость и пористость были сопоставимы у всех изделий.

Таблица 3

**Влияние безглютеновых заквасок №1 и №2 на физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий**

Наименование показателей процесса	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Кислотность, град	0,5	1,3	1,5
Уд. объем см <sup>3</sup> /г	1,3	1,2	1,2
Сжимаемость, ед. прибора	10,7	10,3	10,0
Пористость, %	58	58	58
Содержание спирта, % на СВ	0,37	0,81	0,83
Содержание летучих кислот, град.	1,2	1,28	1,83

По органолептическим показателям опытные образцы хлеба имели более яркий с коричневатым оттенком цвет корки, более эластичный и менее рассыпчатый мякиш. Улучшились вкусовые характеристики готовых изделий - вкус и запах стал более выраженным по сравнению с контрольным образцом.

При принудительном заражении ломтиков хлеба чистой культурой плесневых грибов *Penicillium chrysogenum* было выявлено, что на ломтиках хлеба контрольного и опытного образца №1 рост колоний плесневых грибов наблюдался через 31 ч, у образца №2 - через 36 ч. При этом скорость роста колоний плесени была медленнее у образца №2.



Учитывая, что биологический метод, предусматривающий использование подкисляющих компонентов, является одним из наиболее эффективных методов защиты хлеба от картофельной болезни, проведены испытания по влиянию закваски на подавление спор картофельной палочки.

Было установлено, что появление признаков картофельной болезни через 24 часа в виде неприятного запаха и липкости мякиша наблюдалось только у контрольного образца хлеба. У опытного образца хлеба №1 через 48 часов появилась липкость корки и слабый неприятный запах. В образце №2 признаки заболевания картофельной болезнью не выявлены.

#### 4. Выводы

В результате исследований разработана новая стартовая микробная композиция на основе штаммов *L.brevis E139* и *S.cerevisiae Y205* и биотехнология безглютеновой закваски, способствующая улучшению физико-химических и органолептических показателей качества безглютеновых хлебобулочных изделий и их устойчивости к микробной порче.

#### Библиографический список

1. Савкина, О.А., Кузнецова Л.И., Локачук М.Н., Павловская Е.Н., Парахина О.И. (2018). Научные основы формирования микробных композиций для хлебных заквасок. Хлебопечение России,1,23-25.
2. Чижова К.Н., Шкваркина Т.И., Запенина Н.В. и др. (1975). Технохимический контроль хлебопекарного производства. Пищевая промышленность,479.
3. Dec M., Puchalski A., Nowaczek A., Wernicki A. (2016). Antimicrobial activity of Lactobacillus strains of chicken origin against bacterial pathogens. International Microbiology,19(1),57-67. <https://doi.org/10.2436/20.1501.01.264>.
4. Polak-Berecka M., Waśko A., Koston D. (2009). Comparison of different methods for detection of antimicrobial activity of probiotic strains of Lactobacillus rhamnosus against some food spoilage microorganisms. Annales UMCS, Biologia,64(1),15–24.
5. Kurtzman C., Fell J. W., Boekhout T. (2011). The Yeasts, A Taxonomic Study. 5th Edition. Amsterdam: Elsevier,2354.
6. Savkina O., Parakhina O., Lokachuk M., Pavlovskaya E., Kuznetsova L. (2019). Impact of using the developed starter culture on the quality of sourdough, dough and wheat bread. Agronomy Research. (17)1,1435-1451. <https://doi.org/10.15159/AR.19.138>.
7. Кузнецова Л.И., Савкина О.А., Парахина О.И., Локачук М.Н., Павловская Е.Н., Усова Л.В. (2018). Разработка биотехнологии пшеничного хлеба высокого качества и микробиологической стойкости для условий дискретного производства. Хлебопродукты, 12,38-41. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2018-0-12-38-41>.
8. Дубровская Н.О., Кузнецова Л.И., Парахина О.И. (2017). Способ повышения микробиологической устойчивости безглютенового хлеба. Хлебопечение России,4,22-24.
9. Афанасьева, О.В. (2003). Микробиология хлебопекарного производства СПб.: Береста, 44-47.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПШЕНИЦЫ ПОСЛЕ ХРАНЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ В МУКУ И ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА**

**Хаба Н.А.**

*e-mail: arenbru@gmail.com*

*ФГБУ Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *пшеница, показатели сохранности, комплексный показатель*

### **АННОТАЦИЯ**

Усовершенствование методологии оценки качества зерна является перспективным и актуальным научным направлением в разработке технологических основ длительного хранения зерна. В данной статье рассмотрен комплекс дополнительных методов, позволяющих провести оценку его качества, во-первых как объекта длительного хранения, и во-вторых как объекта для переработки в муку и выработки из нее хлеба после цикла хранения. К таким методам относятся: изучение показателей сохранности зерна; выявление и оценка динамики внутренних дефектов зерна с применением метода рентгенографии; оценка изменений мукомольных свойств зерна и испытания полученной пшеничной муки; оценка изменений реологических свойств теста из полученной пшеничной муки из зерна пшеницы и хлебопекарных свойств зерна пшеницы по пробной выпечке.

## **IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF WHEAT AFTER STORAGE AS AN OBJECT FOR PROCESSING INTO FLOUR AND BAKING BREAD**

**Khaba N.A.**

*e-mail: arenbru@gmail.com*

*FSBI Research Institute of Storage Problems of Rosreserv, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *wheat, safety indicators, complex indicator*

### **ABSTRACT**

Improving the methodology of grain quality assessment is a promising and relevant scientific direction in the development of technological foundations for long-term grain storage. This article considers a set of additional methods that allow assessing its quality, firstly as an object of long-term storage, and secondly as an object for processing into flour and making bread from it after a storage cycle. Such methods include: the study of grain safety indicators; identification and evaluation of the dynamics of internal defects of grain using the method of radiography; evaluation of changes in the milling properties of grain and testing of the obtained wheat flour; evaluation of changes in the rheological properties of the dough from the obtained wheat flour from wheat grain and baking properties of wheat grain by trial baking.

### **1. Введение**

Любое научное исследование осуществляется определенными приемами и способами, по определенным правилам. Учение о системе этих приемов, способов и правил называют методологией. Наиболее важными точками приложения методологии являются постановка проблемы, построение предмета исследования и построение научной теории, а также проверка полученного результата с точки зрения его истинности, т. е. соответствия объекту изучения.

В процессе длительного хранения происходит старение зерна, приводящее к потере жизнеспособности зерновок, ухудшению его органолептических характеристик, то есть потере блеска и запаха, характерного нормальному зерну, а также физико-химические изменения: нарастание кислотного числа жира, снижение растворимости белков, уменьшение гидрофильной способности, укреплению клейковины. Данные изменения приводят к снижению качества зерна и продуктов его переработки.

Методология оценки качества зерна была разработана еще в конце XX века. Программа испытаний зерна при хранении обычно включает определение традиционных показателей, характеризующих технологическое достоинство пшеницы, на соответствие ГОСТ 9353 «Пшеница. Технические условия». Также контролируют показатели безопасности на соответствие ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна».

Для зерна пшеницы длительного хранения своевременным является разработка комплекса дополнительных методов, позволяющих провести оценку его качества, во-первых как объекта длительного хранения, и во-вторых как объекта для переработки в муку и выработки из нее хлеба после цикла хранения.

Изучая зерно в процессе длительного хранения, было выделено несколько задач. Во-первых, установление взаимосвязи качественных показателей, выявление наиболее критических показателей качества и, как следствие, совершенствовании методологии оценки качества пшеницы при длительном хранении. Во-вторых, разработка новых способов оценки качества зерна. Один из таких способов - это оценка внутренних (скрытых) дефектов, выявляемых рентгеноанализом.

Для оценки возможности использования пшеницы после хранения в хлебопекарных целях немаловажное значение имеют технологически значимые признаки качества зерна, к которым относят мукомольные и хлебопекарные свойства.

## **2. Материалы и методы**

При совершенствовании методологии оценки качества пшеницы при длительном хранении были рассмотрены следующие направления:

1. Методология изучения показателей сохранности зерна;
2. Методология оценки динамики внутренних дефектов зерна с применением метода рентгенографии;
3. Методология оценки изменений мукомольных свойств зерна и испытания полученной пшеничной муки;
4. Методология оценки изменений реологических свойств теста из полученной пшеничной муки из зерна пшеницы;
5. Методология оценки изменений хлебопекарных свойств зерна пшеницы по пробной выпечке;
6. Методология комплексной оценки пшеницы

### ***Методология изучения показателей сохранности***

**Влажность зерна** — основополагающий показатель качества, который влияет на сохранность зерна в элеваторах и складах, он является надёжным инструментом для регулировки жизнедеятельности зерновой массы. Сухое зерно практически не дышит, а с увеличением влажности в нём активизируется обмен веществ. При достижении культурой влажности 15%-16% (для большинства видов) интенсивность её дыхания резко возрастает. Количество влаги в зерновой массе определяет возможность его длительного хранения, поэтому этот показатель входит в число обязательных для контроля при хранении.

Основной метод определения влажности по ГОСТ 13586.5 - 2015 «Зерно. Метод определения влажности». Кроме того, с участием специалистов ФГБУ НИИПХ Росрезерва разработан и аттестован экспресс-метод определения влаги в зерне и зернопродуктах: «Методика измерений массовой доли влаги в пробах зерна и зернопродуктов с помощью влагомеров термогравиметрических инфракрасных серии МА «SARTORIUS» № М.241.0057/RA.RU.311866/2019

**Исследования окислительных процессов липидной фракции зерна** необходимы в период хранения зерна и продуктов его переработки, так как липиды являются наиболее лабильной фракцией в процессе хранения. Для реализации требований МУК 4.2.1847-04 по установлению сроков годности пищевых продуктов необходим показатель, отражающий изменения качества зерна и продуктов его переработки в процессе хранения. В качестве объективного предложен показатель «кислотное число жира». С помощью данного показателя определены нормы свежести и годности для пшеничной, ржаной муки и ряда круп [4, 5]. Показатель «кислотное число жира» регламентируется ГОСТ 26574 на пшеничную хлебопекарную муку, тем самым является необходимость контролировать этот показатель в зерне пшеницы, как в сырье для изготовления пшеничной хлебопекарной муки.

Совершенствование методологии изучения окислительных процессов зерна в процессе длительного хранения было проведено за счет включения в комплексную оценку зерна пшеницы показателя «кислотное число жира». Метод определения выбран по ГОСТ 31700, и он был нами применен для оценки окислительных процессов в зерне при хранении.

### ***Методология оценки внутренних дефектов зерна с применением метода рентгенографии***

При разработке методологии оценки дефектности зерна с применением метода рентгенографии, проанализированы виды и характеристики внутренних дефектов зерна и возможности рентгенографии для оценки данных дефектности. Установлено, что с помощью микрофокусной рентгенографии с использованием современного оборудования можно выявлять и количественно определять в партиях пшеницы дефектное зерно с внутренними (скрытыми) дефектами [6, 7]. Во-первых, зерна со скрытой внутренней поврежденностью, во-вторых, зерна с анатомо-морфологическими дефектами, к которым отнесены:

- 1) травмированные (с трещинами оболочек и эндосперма);
- 2) невыполненные (щуплых) в том числе с эндомикозным повреждением;
- 3) с механическими и биологическими дефектами зародыша, в.т.ч. скрытое прорастание.
- 4) с поврежденностью клопом-черепашкой.

Методология изучения скрытых дефектов зерна при хранении методом микрофокусной рентгенографии включает приборную базу для проведения испытаний, аттестованные или запатентованные методики определения отдельных видов дефектов, программное обеспечение для распознавания дефектов. Для рентгениспытаний используют программно-аппаратный рентгеновский комплекс с применением рентгениагностической установки ПРДУ-02. На приборы нами получены 2 патента: на полезную модель RU № 166175 и на промышленный образец RU № 104685.

Для определения анатомо-морфологических дефектов нами разработаны и запатентованы два способа определения внутренних дефектов (патент RU 2624705 и патент RU 2624322). В рамках выполнения работ по совершенствованию методологии рентгенографии также было проведено усовершенствование программного обеспечения для распознавания скрытых дефектов, зерна, при этом была запатентована программа для ЭВМ Агротест-зерно (патент RU 2016612920) [7].

Методология исследования мукомольных и хлебопекарных свойств пшеницы применяется нами на основе Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8].

### ***Методология оценки мукомольных свойств зерна***

Мукомольные свойства зерна определяют путем лабораторного размола. В результате размола пшеницы получают муку с трех драных систем, трех размольных систем, крупные и мелкие отруби. Рассчитывают выход муки с каждой системы, а затем общий выход муки.

Испытания полученной при лабораторном помоле пшеничной муки проводят после отлёжки.

### ***Методология оценки реологических свойств теста из полученной пшеничной муки из зерна пшеницы***

Данная методология включает показатели растяжимость теста, его упругость, водопоглотительная способность и другие, которые описывают состояние теста при замесе в течение всего технологического процесса [9] и могут считаться интегральными показателями. Определение реологических свойств теста из пшеничной муки проводят на фаринографе Брабендера и альвеографе Шопена. Реологические свойства теста: на фаринографе Брабендера проводят по ГОСТ ISO 5531-1-2013; на альвеографе Шопена – по ГОСТ Р 51415-99 (ISO 5531-4-91).

Фаринограф регистрирует образование теста и его поведение в условиях постоянной механической нагрузки в виде непрерывной кривой на диаграмме. Оценка качества муки на фаринографе проводится по следующим показателям:

1. В- время образования теста – период от начала замеса до момента образования гомогенного теста, мин.
2. С-устойчивость теста к замесу – время, в течение которого консистенция теста не изменяется, мин.

3. В+С – сопротивляемость теста – сумма времени образования и устойчивости теста, мин.

4. D – эластичность теста измеряется по ширине кривой в период устойчивости теста, мм

5. E – разжижение теста – величина изменения консистенции теста через 12 минут от начала снижения, е. ф.

На приборе «Alveograph» фирмы Chopin (Франция) осуществляют контроль динамики реологического поведения пшеничного теста при объемном растяжении определенной пробы с помощью воздуха. Основные показатели альвеографа – удельная работа деформации, упругость и растяжимость теста.

Показатель удельная работа деформации отражает салу муки. Зерно – как хороший улучшитель характеризуется удельной работой деформации теста свыше 400 е.а.

Упругость и растяжимость теста характеризуют максимальное сопротивление теста при растягивании блина, растяжимость теста уменьшается от начала кривой до разрыва пузыря теста.

Отношение упругости к растяжимости характеризует сбалансированность реологических свойств теста, оптимальное значение коэффициента конфигурации кривой P/L принято считать от 0,8 до 1,6.

### **Методология оценки хлебопекарных свойств**

Для исследования хлебопекарных свойств проводят пробную лабораторную выпечку формового и подового хлеба и оценку его по физико-химическим и органолептическим показателям. Стандартная лабораторная выпечка хлеба проводится по ГОСТ 27669. Пробные лабораторные выпечки хлеба проводят с учетом влажности муки и показателя водопоглотительной способности (ВПС) по фаринографу.

Оценивают формовой хлеб по объемному выходу хлеба см<sup>3</sup> из 100 г муки, по цвету и пористости. Подовый хлеб оценивают по диаметру, высоте и по устойчивости хлеба. Общую оценку хлеба в баллах проводят по совокупности показателей формового и подового хлеба.

По разработанной нами 5-ти балльной системе проводят дегустационную оценку хлеба по показателям: внешний вид хлеба (форма, цвет верхней корки, состояние верхней корки), состояние мякиша (цвет, пористость, эластичность), вкус хлеба, запах хлеба. По полученным данным оценки всех образцов выпеченного хлеба рассчитывают средние данные.

### **3. Результаты и обсуждение**

#### **Методология комплексной оценки**

На базе имеющихся разработок предложена комплексная система оценки качества зерна при хранении. Комплексный показатель объединяет большое число единичных показателей и при этом достаточно полно характеризует качество. Для расчета комплексного показателя использовали метод квалиметрии. Формирования комплексного показателя проведено по математической модели, согласно которой иерархическая классификация свойств пшеницы разделена на 4 группы:

- показатели сохраняемости, определяющие сохранность и безопасность зерна (влажность, кислотное число жира);

- технологические показатели, которые в большей степени характеризуют ценность зерна (количество и качество клейковины, натура, число падения, стекловидность);

- хлебопекарные показатели, в зависимости от цели использования зерна, являются достаточно важными свойствами (объемный выход хлеба, водопоглотительная способность, сила муки, пористость и цвет мякиша хлеба, органолептическая оценка хлеба);

- мукомольные показатели, в меньшей степени влияющие на оценку качества зерна (общий выход муки, кислотность муки, белизна, седиментация, твердозерность).

На основе приведенной классификации составлена среднеарифметическая модель расчета комплексного показателя качества:

$$K = Ma \sum_{i=1}^{i=l} mai * Kai + Mb \sum_{i=l+1}^{i=p} mbi * Kbi + Mc \sum_{i=p+1}^{i=g} mci * Kci + Md \sum_{i=g+1}^n mdi * Kdi ,$$

где **n** – количество свойств, характеризующих качество пищевых продуктов;

*Ma, Mb, Mc, Md* – коэффициенты весомости каждой группы свойств, характеризующих качество, причем  $\sum Mj = 1$ .



$mai, mbi, mci, mdi$  – комплексный показатель каждого  $i$ -го свойства в группах.

$Kai, Kbi, Kci, Kdi$  – значение показателя качества в каждой группе.

Для определения коэффициентов весомости применили экспертный метод ранжирования единичных показателей.

#### 4. Вывод

Усовершенствование методологии оценки качества зерна является перспективным и актуальным научным направлением в разработке технологических основ длительного хранения зерна.

Рекомендуемая методология с применением дополнительных показателей позволяет обеспечить комплексную оценку качества зерна при длительном хранении пшеницы [10]. По результатам исследований показано, что в период хранения мукомольные и хлебопекарные свойства зерна пшеницы подвергались минимальным изменениям, и практически не повлияли на значения комплексной оценки и технологический потенциал исследуемого зерна пшеницы после длительного хранения.

#### Библиографический список

1. Мелешкина Е.П. (2008). Развитие системы оценки качества хлебопекарной пшеницы. *Научные основы хранения и переработки зерна в современных условиях*, 377-394.
2. Шаймерденова Д.А. (2017). Влияние факторов на формирование технологического потенциала зерна мягкой пшеницы. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 1, 205-208.
3. Даулетбеков Б., Маукебаева Р.М. (2015) Совершенствование методологии оценки качества зерна. *Международный научно-исследовательский журнал*, 5 (36), 33-39.
4. Приезжева Л.Г. (2013). Установление норм свежести и годности пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта по кислотному числу жира. *Хлебопродукты*, 4, 56–59.
5. Приезжева Л.Г. (2015). Определение нормы свежести и годности гречневой крупы по кислотному числу жира. *Хлебопродукты*, 12, 56–58.
6. Белецкий С.Л., Хаба Н.А., Шилкова О.С. (2018). Новый аппаратно-программный рентгенодиагностический комплекс. Инновационные технологии производства и хранения материальных резервов для государственных нужд. Издательство: ФГБУ НИИП Росрезерв, М: Галлея-Принт, IX, 26-32.
7. Гурьева К.Б., Белецкий С.Л. (2020). Динамика скрытых дефектов зерна при длительном хранении определяемых методом микрофокусной рентгенографией. Инновационные технологии производства и хранения материальных резервов для государственных нужд. Издательство: ФГБНУ НИИПХ Росрезерва. М.: Галлея-Принт, XIII, 29-42.
8. М. А. Федина М.А. (1988). Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур, 121 с.
9. Сухоруков А.А., Шаболкин Е.Н., Пропович Л.В. (2017). Селекционное улучшение реологических свойств теста сортов озимой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*, 3(51), 28-31
10. Гурьева К.Б., Тарасова Е.А., Хаба Н.А., Корнева О.С., Белецкий С.Л. (2020). Комплексная оценка зерна пшеницы при длительном хранении. Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. Издательство: ФГБУ НИИПХ Росрезерва. М.: Галлея-Принт, XIV, 70-79.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КЕКСА ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

**Чубарова М.В.\*, Орловцева О.А.**

*\*e-mail: chudarovatasha74@mail.ru*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Орловцева О.А.*

*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г.Разумовского (первый казачий университет), Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *мучные кондитерские изделия, каротиноиды, возрастная макулярная дегенерация, разработка технологии.*

### АННОТАЦИЯ

Научная статья посвящена вопросам производства продуктов для персонализированного питания, в частности разработке рецептуры и технологии приготовления кекса для людей с предрасположенностью к возрастной макулярной дегенерации. Данная болезнь развивается у людей пожилого возраста, при этом наблюдается дегенерация макулы - наиболее значимой части сетчатой оболочки, отвечающей за остроту, резкость и уровень центрального предметного зрения. Однако развитие болезни можно приостановить в случае, если в рацион такого человека входят, в достаточном количестве, каротиноиды (лютеин и зеаксантин), а также для повышения их усвояемости полиненасыщенные жирные кислоты и комплекс витаминов (С и Е) и микроэлементов (цинк, селен, медь).

## DEVELOPMENT OF CAKE TECHNOLOGY FOR PEOPLE WITH A PREDISPOSITION TO AGE-OF-MACULAR DEGENERATION

**Chubarova M.V.\*, Orlovtseva O.A.**

*\*e-mail: p.petrov@fncps.ru*

*Supervisor of studies: Orlovtseva O.A*

*Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (the first Cossack university), Russia*

**KEYWORDS:** *flour confectionery, carotenoids, age-related macular degeneration, technology development.*

### ABSTRACT

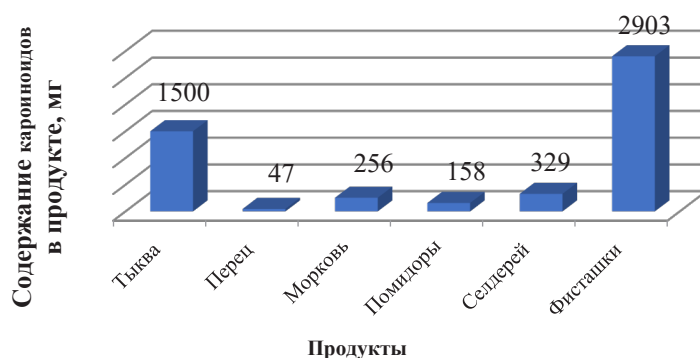
The scientific article is devoted to the production of products for personalized nutrition, in particular, the development of a recipe and technology for preparing a cake for people with a predisposition to age-related macular degeneration. This disease develops in elderly people, while there is degeneration of the macula - the most significant part of the retina, which is responsible for the sharpness, sharpness and level of central object vision. However, the development of the disease can be stopped if the diet of such a person includes a sufficient amount of carotenoids (lutein and zeaxanthin, as well as polyunsaturated fatty acids and a complex of vitamins (C and E) and microelements (zinc, selenium, copper).

### 1. Введение

В настоящее время кондитерская отрасль одна из самых больших и разнообразных по предоставлению ассортимента потребителям. Кондитерский ассортимент пользуется спросом, но при всем многообразии данного направления, почти всей продукции свойственно большое содержание легкоусвояемых углеводов, жиров и белковых веществ. Это делает кондитерскую продукцию легко доступным источником энергии, однако бедной по содержанию макро-, микронутриентов и витаминов, необходимых для нормального функционирования организма. Несмотря на вышеописанные недостатки, кондитерская отрасль находится на высоком уровне по спросу. Большинство людей ведут здоровый образ жизни и следят за составом продуктов питания, однако риски развития заболеваний не уменьшаются. Известно, что сегодня большую часть времени люди проводят за компьютерами, планшетами или смартфонами. Работа, связанная непосредственно с «гаджетами», ведёт за собой ряд последствий, это не только неосознанное большое потребление калорий, но и значительный рост заболеваний, связанных со

зрительной системой. Нарушение зрения происходит, когда заболевание глаз оказывает негативное влияние на зрительную систему, что и было описано ранее. Самое распространено глазное заболевание в России – возрастная макулярная дегенерация (ВМД) [1]. За остроту и цветовое зрение отвечает макула, состоящая из макулярного пигмента (МП), который в свою очередь состоит из трех каротиноида: лютеина, зеаксантина и мезозеаксантина. Известно, что синий свет и свободные радикалы способствуют развитию ВМД, вполне очевидно, что макулярный пигмент может сыграть определенную роль в защите от этой патологии, а истощение макулярного пигмента приводит к увеличению риска развития ВМД [2]. Соответственно употребление с пищей данных каротиноидов в значительном количестве, поможет предотвратить истощение МП, тем самым предотвратить возникновение ВМД.

Следует учесть, что каротиноиды в чистом виде характеризуются большой лабильностью – они достаточно чувствительны к воздействию солнечного света, кислорода воздуха, кислот и щелочей, а также к нагреванию. [3] Для того, чтобы не только обеспечить сохранность лютеина и зеаксантина, но и усилить действие каротиноидов необходимо ввести нутриенты, которые будут содержать в себе аналогичные действие. Нутриенты, которые обладают антиоксидантными характеристиками, витамины Е и С. Они предотвращают окислительные процессы в сетчатке глаза и могут быть использованы в связке с каротиноидами [4]. Не стоит забывать о коферментах, таких как цинк, медь и селен, которые также чрезвычайно важны для антиоксидантной защиты. Известно, что наибольшее количество каротиноидов содержится в овощах и фруктах оранжевого, красного, зеленого и желтого цвета. На основании этого выбраны несколько вариантов, которые содержат в химическом составе лютеин и зеаксантин (рис. 1).



**Рисунок 1.** Уровень содержания каротиноидов в продуктах питания

В качестве источника каротиноидов для создания функционального мучного кондитерского изделия была выбрана тыква и фисташки. Данный выбор обусловлен тем, что тыква имеет высокое содержание каротиноидов, также изделия из нее обладают высокими органолептическими показателями. Стоит отметить, что при термической обработке, тыква сохраняет большинство витаминов и минералов, которые свойственны сырой культуре. Как известно, каротиноиды хорошо усваиваются в продуктах, которые богаты полиненасыщенными жирными кислотами. Фисташки – это единственный вид орехов, где присутствуют каротиноиды, а именно лютеин и зеаксантин. Ядра фисташки содержат до 70% жиров, витамины С и Е, а также селен, медь и цинк [5]. При создании продукта, обогащённого каротиноидами, важно обеспечить должное содержание белковых веществ. Несмотря на то, что белки не действует напрямую на всасывание провитамина А, недостаток их в рационе сказывается на усвоении каротиноидов негативно. В качестве источников молочного белка и жиров было решено использовать творог.

Решающим фактором для ресорбции каротина является наличие жировой среды. При бедной ПНЖК пищей чистый кристаллический каротин, принятый внутрь без жира, не обладает почти никаким физиологическим действием [6]. Отсюда ясно, что наилучшей формой препарата каротина является его масляный раствор или концентрат. Рассмотрим сравнение химического состава различных масел в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав масел				
ПНЖК	Содержание компонентов в сырье, мг			
	подсолнечное	льняное	рыжиковое	оливковое
Омега-3	-	18,0	35,0	0,8
Омега-6	59,8	14,2	18,0	12,0
Омега-9	23,7	-	7,0	64,9

Как видно из таблицы 1, такие масла как: подсолнечное и льняное имеют несбалансированное сочетание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). В то время как рыжиковое и оливковое масло имеют уравновешенное количество ПНЖК.

Витамин С выполняет очень важные функции в организме человека, но не синтезируется в организме человека, а поступает только с пищевыми продуктами преимущественно с фруктами и овощами. Наибольшее содержание витамина С имеется в перце чили, поэтому было решено взять его в качестве источника данного витамина [7].

Цинк, медь и селен, дополняющие антиоксидантные свойства каротиноидов, в значительном количестве присутствуют во всех вышеописанных продуктах, а также в муке из кукурузы, пшеницы и тыквенных семечек.

## 2. Материалы и методы

Органолептические и физико-химические исследования свойств сырья и готовой продукции выполнялись в соответствии методами, регламентированными стандартами.

Исследования проводились по стандартным методам исследований. Отбор проб и подготовку сырья проводили согласно единой методике изучения отечественных пищевых продуктов по ГОСТ 5904-2019 [8]. Для получения достоверных данных, анализы проводились в трёхкратных измерениях в двух одновременных определениях при каждом эксперименте.

## 3. Результаты и обсуждение

Для эффективной профилактики ВМД необходимо обогатить изделие оптимальным количеством каротиноидов и обеспечить их сохраняемость и усваиваемость за счёт увеличения содержания цинка, меди, селена и полиненасыщенных жирных. На основании перечисленных критериев разработаны 3 образца кекса.

Технологический процесс производства кекса включает в себя следующие операции: подготовка сырья, замес теста, формование, выпечка, охлаждение и упаковка.

Для разработанных образцов был произведен расчет биологической ценности, который показал, что белок кекса имеет лимитирующую аминокислоту метионин+цистин и биологическая ценность составляет 46,41, а биологическая эффективность имеет  $\psi = 0,16$ . Для разработанного изделия был произведён расчёт содержания ключевых компонентов - каротиноидов и других веществ, дополняющих их действие и повышающих их усвояемость (табл. 2).

Таблица 2

Степень удовлетворения норм потребления

Наименование показателей	Содержание в 100 г продукта	Нормы потребления, г	Степень удовлетворенности, % от нормы 100 г продукта
Белки	11,0	87,0	14,68
Жиры	9,3	90,0	17,0
Углеводы	47,7	300,0	8,52
Лютеин	0,24	0,01	2,0
$\beta$ -каротин	0,24	0,6	40,0
Зеаксантин	0,24	0,6	40,0
<b>Витамины, мг</b>			
Витамин С	4,1	2,0	6,07
Витамин Е	1,4	1,0	5,78
<b>Минеральные вещества, мг</b>			
Цинк	1,4	15,0	7,25
Медь	0,3	1,0	8,20
Селен	0,02	0,07	14,29
Омега-3	1500,0	3500,0	233,3
Омега-6	4500,0	3500,0	77,8

#### 4. Выводы

Разработанное мучное кондитерское изделия обладает необходимыми нутриентами для купирования и профилактики ВМД на ранних стадиях развития. Данное изделие содержит в себе в 5 раз больше витаминов и минералов, чем в традиционном кексе, за счет введения в рецептуру тыквенного пюре и муки, фисташек, перца чили и творога, покрывая тем суточную потребность в данных веществах на 65,3%. Содержание каротиноидов в разработанном кексе полностью удовлетворяют суточную норму. Из расчета коэффициента биологической эффективности можно сделать вывод что, содержания полиненасыщенных жирных кислот в изделии не только покрывает потребность, но и увеличен в 3,4%. Также был произведен расчет энергетической ценности кекса, он составляет 315 ккал или 1319 кДж на 100 г готового изделия.

#### Библиографический список

1. Будзинская, М.В. (2018). Макулярные пигменты при дегенеративных процессах сетчатки. *Вестник офтальмологии*, 134(5), 135-140. <https://doi.org/10.17116/oftalma2018134051135>
2. Белехова, С.Г., Астахов, Ю.С. (2015). Изменение толщины хориоидеи при разных формах и стадиях возрастной макулярной дегенерации. *Офтальмологические ведомости*, 3(8), 13-19. <https://doi.org/10.17816/OV2015313-19>
3. Корнеева, А.В. (2019). Лютеин-зеаксантиновый комплекс: выбор офтальмологов. *РМЖ «Клиническая офтальмология»*, 1, 54-58. <https://doi.org/10.31857/S0044450220120063>
4. Гветадзе, А.А., Рабаданова, М.Г. (2019). К вопросу о клинических исследованиях каротиноидов и витаминно-минеральных комплексов в офтальмологии. *РМЖ «Клиническая офтальмология»*. 1, 38–41. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2021-2-139-142>
5. Котельников, А.В. (2005). Влияние витамина Е на функцию гистогематических барьеров эндокринных желез у животных разных возрастных групп. *Проблемы Эндокринологии*. 51(6), 38-40. <https://doi.org/10.14341/probl200551638-40>
6. Балабаева, Е.С., Муртазина, Л.Р. (2020) Витамины Е и К и их применение в клинической практике. Бюллетень медицинских Интернет-конференций (ISSN 2224-6150), Саратов.
7. Ключников, С.О., Гнетнева, Н.Л., Нечаева, Е.С (2007). Витамин А и β – каротин: целесообразность применения в педиатрической практике. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 6 (89), 117-122. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10026>
8. ГОСТ 5904-2019 «Изделия кондитерские. Правила приемки и методы отбора проб» – М.: Стандартинформ, 2019. – 17 с.



## РАЗРАБОТКА ШКАЛЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СЫРОВ ДЛЯ ПИЦЦЫ

Шишкина А.Н.

*e-mail: anastasiashishkina95@mail.ru*

*Научный руководитель: док. техн. наук, Свириденко Г.М.*

*Всероссийский научно – исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал  
Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Углич, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *функциональные свойства, сыры для пиццы, шкала оценки*

### АННОТАЦИЯ

В работе представлены критерии оценки функциональных свойств сыров для возможности использования в качестве основного сырья для производства пиццы. Объектами исследований являлись различные группы натуральных сыров и термизированные сыры для пиццы. Натиримость оценивали при измельчении на измельчителе для пищевых продуктов. К функциональным свойствам относят натиримость, плавимость, сгораемость, выделение свободного жира, количество и цвет блистеров, растяжимость. Плавимость, сгораемость, выделение свободного жира, образование блистеров и растяжимость сыров исследовали после выпечки. Плавимость определяли с помощью модифицированного метода, описанного Muthukumarappan, а растяжимость с помощью вилочного теста. Сгораемость, выделение свободного жира, образование блистеров определяли визуально. На основе результатов научного исследования разработана бальная шкала оценки функциональных свойств сыров, которая позволит определить соответствие сыров для приготовления пиццы.

**Финансирование:** Научно-исследовательская работа проведена в рамках темы исследования № FNEN-2019-0011 государственного задания Федерального исследовательского центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН.

## DEVELOPMENT OF A SCALE FOR ASSESSING THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF CHEESES FOR PIZZA

Shishkina A.N.

*e-mail: anastasiashishkina95@mail.ru*

*Supervisor of studies: Sviridenko G.M.*

*All-Russian Scientific-Research Institute of Butter –and Cheesemaking – Branch of V.M. Gorbатов  
Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia*

**KEYWORDS:** *functional properties, pizza cheeses, rating scale*

### ABSTRACT

The paper presents the criteria for evaluating the functional properties of cheeses for the possibility of using them as the main raw material for the production of pizza. The objects of research were various groups of natural cheeses and heat-treated pizza cheeses. The rubbing was evaluated by grinding on a food grinder. The functional properties include rubbing, melting, combustibility, release of free fat, the number and color of blisters, extensibility. Meltability, combustibility, release of free fat, blister formation and extensibility of cheeses were examined after baking. Meltability was determined using a modified method described by Muthukumarappan and extensibility using a fork test. Combustibility, release of free fat, formation of blisters were determined visually. Based on the results of a scientific study, a point scale for evaluating the functional properties of cheeses has been developed, which will determine the suitability of cheeses for making pizza.

**Funding:** The research work was carried out within the framework of the research topic No. FNEN-2019-0011 of the state order of the Federal Research Center for Food Systems named after. V.M. Gorbатов RAS.

### 1. Введение

Одним из популярных направлений в HoReCa - производство пиццы, основным и обязательным ингредиентом которой является сыр. Традиционно для приготовления пиццы используются натуральные сыры. Однако в настоящее время в сегменте HoReCa на замену натуральным сырам все чаще приходят термизированные сыры. Термизированный сыр для

пиццы – продукт молочный или молочный составной, производимый на основе натуральных сыров с использованием эмульгирующих солей и иных компонентов, подвергнутый процессу термизации при температуре  $73\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Термизированные сыры применяются при производстве пиццы взамен натуральных сыров с целью снижения затрат на сырье при сохранении необходимых органолептических и функциональных свойств [1,2].

Как натуральные сыры, так и термизированные при приготовлении пиццы должны обладать комплексом специфических функциональных свойств после выпечки, определяющих их целевую пригодность. Поэтому при оценке сыров кроме общепринятых органолептических показателей, необходимо проводить оценку функциональных свойств после выпечки.

К целевым функциональным свойствам сыров для пиццы относятся натираемость, плавимость, выделение свободного жира, образование блистеров, сгораемость и растяжимость [3-5].

В настоящее время нет единой шкалы для оценки сыров с целью их применения при производстве пиццы. Поэтому целью исследования является разработка шкалы оценки функциональных свойств сыров для определения возможности их применения для производства пиццы.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследований являлись натуральные и термизированные сыры, выработанные в экспериментальном цехе ВНИИМС и приобретенные в торговой сети.

Измельчение и исследование натираемости сыров проводили с помощью кухонного инструмента для измельчения пищевых продуктов. Перед натираемостью образец сыра охлаждали до температуры  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Оценивали способность к измельчению, налипаемость образцов на измельчитель, однородность и липкость стружки.

Плавимость измеряли с помощью модифицированного метода, описанного Muthukumarappan с соавторами [6]. 80-90 г образца сыра измельчали и помещали в середину фарфоровой тарелки, формируя окружность диаметром  $80\pm 2$  мм. Тарелку с сыром помещали в лабораторный шкаф с конвекцией и выпекали при  $200\pm 5^{\circ}\text{C}$  в течение 12 мин. Образец охлаждали при комнатной температуре 2-5 мин и измеряли диаметр. Плавимость определяли как разность диаметров сыра после и до выпечки.

Сгораемость, выделение свободного жира и образование блистеров исследовали визуально после выпечки.

Растяжимость определяли вилочным тестом после выпекания [7,8]. Для этого 100 г измельченного сыра помещали на фарфоровую плоскую поверхность и отправляли выпекаться в сушильный шкаф при температуре  $200\pm 5^{\circ}\text{C}$  в течение 12 мин. По истечении времени выпекания сыр охлаждали при комнатной температуре в течении 1-3 мин. Затем вилку погружали в сыр на 1-3 мм и медленно, с постоянной скоростью поднимали вверх до разрыва всех нитей. Растяжимость определяли по средней длине сырных нитей, взятых из трех различных мест расплавленного сыра.

## 3. Результаты и обсуждение

Функциональные свойства сыров для пиццы являются ключевыми показателями, определяющими возможность их целевого использования. В зависимости от того как продукт ведет себя после повторной переработки в HoReCa, определяют его потребительские свойства. Учитывая значимость функциональных свойств, наряду с органолептическими показателями, их суммарная максимальная оценка также условно принята за 50 баллов. Порядок расположения балльной оценки функциональных свойств обусловлен последовательностью их определения в сыре (табл. 1). Определения всех функциональных свойств, кроме натираемости для различных натуральных и термизированных сыров, проводили в стандартных условиях: температура выпекания -  $200\pm 5^{\circ}\text{C}$ ; время выпекания – 12 минут; диаметр натертого сыра до выпечки -  $80\pm 10$  мм.

Таблица 1

<b>Шкала оценки функциональных свойств сыров для пиццы</b>	
<b>Наименование показателя</b>	<b>Максимальная оценка, балл</b>
Натираемость (измельчение, нарезаемость)	5
Плавимость	10
Выделение свободного жира	5
Количество и цвет блистеров	5
Сгораемость	10
Растяжимость	15

Проводя комплексную оценку качества и пригодности как натуральных, так и термизованных сыров для производства пиццы, первоначально определяют натираемость (измельчение, нарезаемость) сыра. Оценивают следующие параметры и пороки: способность к натиранию сыра (плотность сыра), прилипание сыра к измельчителю, крошливость сыра или стружки, однородность и слипаемость стружки. Стружка сыра считается однородной, если более 90 % частиц имеет одинаковый размер и толщину. Прилипание сыра к измельчителю приводит к большим потерям при производстве.

На основании накопленного опыта разработана пяти бальная шкала оценки функционального свойства – натираемость (измельчение, нарезаемость). При отсутствии пороков балльная оценка для сыра составляет 5 баллов (сыр хорошо натирается, не налипает на измельчитель, при натирании формируется однородная не слипающаяся при легком сжатии стружка, крошливость сыра и стружки отсутствует). Снижение балльной оценки относительно максимальной (5 баллов) осуществляют в соответствии с количеством выявленных пороков: наличие легкой крошливости или налипания сыра на измельчитель или слипание стружки после натирания снижает оценку на 1 балл, при наличии двух и более пороков – оценка снижается на 2-3 балла соответственно. При отсутствии возможности натирания, что связано с пороком консистенции, оценка сыра снижается до 1 балла. Сыр, который невозможно натереть за счет излишне плотной консистенции, может быть измельчен путем нарезания, в то время как сыр с излишне мажущейся консистенцией измельчению не подлежит. При оценке натираемости сыра ниже 2 баллов сыр считается непригодным для производства пиццы.

Функциональные свойства: плавимость, выделение свободного жира, количество и цвет блистеров, стораемость, растяжимость (длина сырной нити) оценивают после выпечки пиццы. Оценку показателей, характеризующих поверхность расплавленного сыра, проводят до оценки растяжимости сырной массы.

Способность к плавлению (плавимость) является одним из основных функциональных свойств сыров для пиццы. При крайних проявлениях данного свойства сыры могут быть как термостойкими, так и способными переходить в жидкое состояние. Термостойкие сыры используют в качестве начинок и продуктов для жарки, а наиболее текучие в качестве топпинга. При приготовлении горячих бутербродов и пиццы в HoReCa востребованы сыры с ограниченной текучестью. Таким образом, сыры для HoReCa характеризуются разной степенью растекания продукта при выпечке, а способность к плавлению сыра считают трудно регламентируемым функциональным свойством.

В таблице 2 представлена условная оценка сыров для пиццы по показателю плавимости, выраженная в баллах. Наиболее низкие баллы даются за крайние отклонения от искомым значений плавимости: слабую плавимость - когда увеличение диаметра расплавленного сыра составляет менее 10 мм от исходного ( $80 \pm 10$  мм натертого сыра до выпечки) или излишнюю плавимость – когда диаметр увеличивается более чем на 70 мм от исходного.

Таблица 2

**Характеристика и условная балльная оценка плавимости сыров для пиццы**

<b>Характеристика</b>	<b>Увеличение диаметра поверхности сыра после выпечки, мм</b>	<b>Баллы</b>
Отлично	30-50	10-9
Хорошо (слегка тугоплавкая)	20-29	8-6
Удовлетворительно (текучая)	60-70	7-4
Удовлетворительно (тугоплавкая)	11-19	5-3
Неудовлетворительно (отсутствие текучести)	менее 10	3-1
Неудовлетворительно (излишне текучая)	более 70	3-1

Сыры, получающие оценку плавимости ниже 3 баллов не пригодны для производства пиццы. Во время выпечки за счет теплового воздействия происходит разрушение матрицы казеинов и свободный жир вытекает. Количество выделившегося свободного жира зависит от массовой доли жира в сыре. Большое скопление свободного жира приводит к забраковке готовой пиццы. Оценку выделения свободного жира проводят одной из первых после выпечки пиццы, когда можно наблюдать кипение жира под корочкой. Условная шкала оценки выделения свободного жира сыров для пиццы указана в таблице 3.

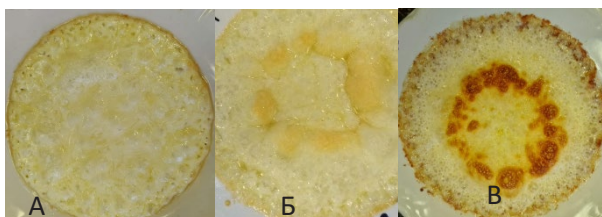
## Шкала оценки выделения свободного жира в сырах для пиццы

Характеристика показателя	Оценка, балл
Отлично (явное выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая)	5
Хорошо (небольшое выделение жира, поверхность расплавленного сыра глянцевая, отмечаются единичные капли жира)	4
Удовлетворительно (выделившийся жир покрывает менее 50% поверхности расплавленного сыра, возможно образование жировых скоплений)	3
Неудовлетворительно (выделившийся жир покрывает более 50% поверхности расплавленного сыра или свободный жир вытекает за края испытуемого образца пиццы))	2-1
Неудовлетворительно (отсутствие выделения свободного жира и глянца на поверхности расплавленного сыра)	2-1

Натуральные или термизированные сыры, получающие оценку по показателю «выделение свободного жира» ниже 2 баллов не пригодны для производства пиццы.

Наличие блистеров и их цвет не являются обязательными условиями, определяющими пригодность сыров для пиццы, так как на данный показатель оказывают влияние условия выпекания пиццы.

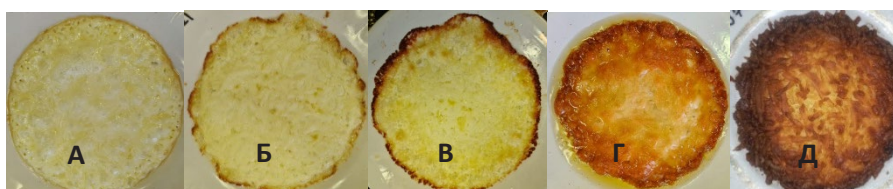
Рисунок 1 содержит изображение блистеров на поверхности пиццы, приготовленной с использованием разных сыров в стандартных условиях выпекания, и их оценка.



**Рисунок 1.** Блистеры на поверхности пиццы после выпечки в стандартных условиях  
А – отсутствие блистеров (5 баллов), Б – блистеры светло-желтого цвета соединены в крупные скопления (4-3 балла), В – блистеры размером более 30 мм коричневого цвета (2-1 балла)

Блистеры тесно связаны с оценкой сгораемости. На сгораемость влияет массовая доля остаточной лактозы в сыре: чем больше лактозы, тем темнее сыр после выпечки.

На рисунке 2 показана интенсивность сгорания сыров после выпечки в стандартных условиях и их оценка.



**Рисунок 2.** Интенсивность сгораемости как натуральных, так и термизированных сыров для пиццы: А - признаков сгораемости не наблюдается, цвет светло-желтый (10 баллов),  
Б - сыр подрумянился по краю (8 баллов), В - подгорелые края сыра (4 балла),  
Г - коричневый цвет всей поверхности сыра (3 балла), Д - сыр сгорел (0 баллов)  
При оценке сгораемости сыра ниже 3 баллов сыр считается непригодным для производства пиццы.

Одним из наиболее значимых функциональных свойств сыров для пиццы является растяжимость. Свойство растяжимости является сочетанием критериев эластичности и вязкости.

В таблице 4 предоставлена условная шкала оценки растяжимости, как натурального сыра, так и термизированного сыра, после выпечки в стандартных условиях.



**Условная оценка растяжимости сыров для пиццы, выраженная в баллах**

<b>Характеристика показателя</b>	<b>Оценка, балл</b>
Отлично (длина сырной нити 30-50 см, нить из множественных волокон не менее 2-3 шт)	15
Хорошо (длина сырной нити 20-29 см, нить из множественных волокон не менее 2-3 шт)	14-12
Удовлетворительно (длина сырной нити более 50 см)	11-9
Удовлетворительно (длина сырной нити 10-19 см)	11-7
Неудовлетворительно (длина сырной нити 5 – 9 см, одиночная нить)	6-2
Неудовлетворительно (длина сырной нити менее 5 см)	2-1
Нить отсутствует	0

**4. Выводы**

Разработанная ВНИИМС шкала оценки как натуральных, так и термизированных сыров для пиццы позволит определить соответствие конкретного сыра необходимым органолептическим и функциональным свойствам, оценить риски снижения качества пиццы с учетом предпочтений потребителя и, как следствие, повысить конкурентоспособность готовой продукции.

**Библиографический список**

- ГОСТ Р 59212-2020 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
- Рыбалова, Т.И. (2020). Правильный сыр – главный секрет успеха пиццы. *Сыростроение и маслоделие*, 2, 8-12
- Ma, X.X., James, B., Balaban, M.O., Zhang, L., Emanuelsson-Patterson, E.A.C. (2013). Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part I: Cheese made with different starter cultures. *Food Research International*, 54(1), 912-916. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.007>
- Свириденко, Г.М., Калабушкин, В.В., Шишкина, А.Н. (2020). Анализ потребительских свойств сыров для HoReCa. *Сыростроение и маслоделие*, 4, 6-9
- Dharaiya, C.N., Jana, A.H., Aparnathi, K.D. (2019). Functionality of Mozzarella cheese analogues prepared using varying protein sources as influenced by refrigerated storage. *Food Science and Technology*, 56, 5243–5252. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03993-2>
- Muthukumarappan, K., Wang, Y.C., Gunasekaran, S. (1999). Short communication: modified schreiber test for evaluation of mozzarella cheese meltability. *Dairy Science*, 82, 1068-1071. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75328-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75328-2)
- Fife, R.L., McMahon, D.J., Oberg, C.J. (2002). Test for measuring the stretchability of melted cheese. *Dairy Science*, 85, 3539–3545. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74444-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74444-5)
- Mizuno, R. Lucey, J.A. (2005). Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat Pasta Filata cheese. *Dairy Science*, 88, 3411–3425. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73025-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73025-3)



## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ МОЛОКА ПЬЕЗОСЕНСОРАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Шуба А.А. \*, Богданова Е.В., Дорохова Я.А., Зюзина Н.В.

\*e-mail: shuba1nastya@gmail.com, shuba@vsuet.ru

*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** молоко, летучие соединения, пьезосенсоры, микробиологические показатели, параметр сорбции

### АННОТАЦИЯ

В работе обсуждается применение химических пьезокварцевых сенсоров с композитными покрытиями (пьезосенсоров) для оценки общей микробиологической обсемененности, наличия дрожжей и грибков в пробах сырого молока. Принцип определения микробиологических показателей с помощью пьезосенсоров основан на суммарном и покомпонентном детектировании летучих соединений газовой фазы молока, связанных с наличием условно-патогенных микроорганизмов, дрожжей, плесневых грибов в пробе сырого молока. Изучено также влияние других физико-химических показателей молока и ультразвука на сигналы сенсоров. Установлено, что выходные данные пьезосенсоров при измерении газовой фазы нативного сырого молока с предварительным нормированием по пробе-стандарту (бидистиллированная вода) статистически значимо коррелируют с микробиологическими показателями проб молока. Применение ультразвука для обработки молока наиболее значительно влияет на содержание летучих соединений, выделяемых плесневыми грибами.

**Финансирование:** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-76-10048.

**Благодарности:** Авторы благодарят сотрудников ВГУИТ за помощь в проведении исследований: с.н.с. Анохину Е.П. и м.н.с. Виткалову И.Ю. метагеномики и пищевых биотехнологий, доц. Умарханова Р.У. за техническую поддержку исследований, проф. Корнееву О.С. за предоставление лаборатории по микробиологии для исследований; проф. Варламова В.П. (ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН) за предоставление хитозана и проф. Мельникову Е.И. (АО «Молвест») за предоставление концентрата мицеллярного казеина (КМК) для изготовления сенсоров.

## STUDY OF THE GAS PHASE OF MILK WITH PIEZOSENSORS TO EVALUATE ITS MICROBIOLOGICAL INDICATORS

Shuba A.A. \*, Bogdanova E.V., Dorokhova Ya.A., Zyuzina N.V.

\*e-mail: shuba1nastya@gmail.com, shuba@vsuet.ru

*Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia*

**KEYWORDS:** milk, volatile compounds, piezosensors, microbiological indicators, sorption parameters

### ABSTRACT

The paper discusses the use of chemical piezoelectric sensors with composite coatings (piezosensors) to evaluate the overall microbiological contamination, the presence of yeast and mould in raw milk samples. The principle of determining microbiological indicators using piezosensors is based on the total and component-by-component detection of volatile compounds in the gas phase of milk associated with the presence of opportunistic microorganisms, yeasts, and mould in a raw milk sample. The influence of other physicochemical parameters of milk and ultrasound on the sensor signals was also studied. It has been established that the output data of piezosensors, when measuring the gas phase of native raw milk with preliminary normalization to the values ones for standard sample (bidistilled water), statistically significantly correlates with the microbiological parameters of milk samples. The use of ultrasound for milk processing most significantly affects the content of volatile compounds released by mould.

**Funding:** This work was supported by the Russian Science Foundation grant no. 22-76-10048.

**Acknowledgements:** The authors would like to thank the VSUET staff for their help in conducting the research: Senior Researcher Anokhina E.P. and junior researcher Vitkalova I.Yu. of metagenomics and food biotechnology laboratory. Assoc. prof. Umarchanov R.U. for technical research support, prof. Korneeva O.S. for providing a microbiology laboratory; prof. Varlamov V.P. (FRC "Fundamental Foundations of Biotechnology" RAS) for providing chitosan and prof. Mel'nikova E.I. (JSC Molvest) for providing micellar casein concentrate (CMC) for the manufacture of sensors.

## 1. Введение

Молоко - благоприятная среда для развития микроорганизмов. Кроме того, оно характеризуется непостоянством состава, что оказывает влияние на потенциальный рост и развитие в нем как нативной, так и посторонней микрофлоры. Это дополнительно обуславливает сложности с определением направлений переработки молока при поступлении на предприятие. При этом важно и необходимо определять микробиологические показатели в соответствии с ТР ТС 033 "О безопасности молока и молочных продуктов" с учетом рекомендаций ГОСТ Р 52054-2003, ГОСТ 31449-2013. Одним из основных недостатков микробиологических методов анализа является их длительность, поэтому необходимо разрабатывать альтернативные методы контроля микробиологических показателей. Среди этих методов применение газовых сенсоров весьма перспективно, так как анализ проводится бесконтактно и может быть встроен в технологическую линию на важных этапах производства молока и молочных продуктов. Появление в газовой фазе молока характерных летучих соединений может выступать в качестве индикатора для оценки микробиологических показателей. Так при микробиологической порче или контаминации молока в газовой фазе появляются сернистые соединения, кратно увеличивается содержание органических кислот, кетонов, альдегидов, спиртов, в первую очередь с разветвленной структурой [1-3]. Распознавание в газовой фазе молока этих соединений с помощью сенсоров позволяет выявить раннюю порчу молока [4], прогнозировать срок годности, классифицировать молоко по марке и типу, жирности, проводить контроль качества молока путем обнаружения постороннего привкуса [5,6]. Были предприняты попытки применения газовых сенсоров и их массивов для определения общего микробного числа [7], дифференциации отдельных бактерий, дрожжей и их роста в молоке [8,9], идентификации молока от коров с маститом [10]. Поэтому разработка способов применения газовых сенсоров для оценки микробиологических показателей молока является перспективным направлением исследований. В связи с этим целью данной работы было исследование газовой фазы сырого молока с помощью массива химических пьезосенсоров для оценки значимых корреляций с микробиологическими показателями.

## 2. Материалы и методы

Для исследования была составлена выборка из проб охлажденного сырого коровьего молока ночного доения из частных фермерских хозяйств Воронежской области (n=9). Каждую пробу молока делили на четыре части и анализировали параллельно. Определяли физико-химические показатели (титруемую кислотность, массовую долю жира, сухих веществ, общего белка, плотность) согласно рекомендациям из ГОСТ Р 52054-2003 [11], микробиологические показатели (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов КМАФАнМ, количество дрожжей и плесневых грибов) согласно [12,13]. Также проводили молекулярно-генетический анализ методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридизационно-флуорисцентной детекцией на приборе Mastercycler personal (Eppendorf, Германия) на наличие патогенных микроорганизмов (*E.coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.) с помощью тест-систем «АмплиСенс» с положительным контролем по протоколу производителя (ООО «Интерлабсервис», Россия).

Исследование газовой фазы над пробами молока проводили на приборе «МАГ-8» (ООО «Сенсорика – Новые Технологии», Россия) с восьмью пьезосенсорами. В качестве чувствительных покрытий электродов пьезокварцевых резонаторов (ПКР) с базовой частотой колебания 14,0 МГц использовали композитные покрытия, состоящие из нескольких сорбентов (обозначение - ½). Для этого готовили растворы сорбентов в подходящих растворителях и смешивали растворы в соотношении по массе 1:1. Покрытия формировали путем дисперсионного напыления из растворов смеси сорбентов [14]. Массу полученных покрытий рассчитывали по уравнению Зауэрбрея [15]. Полученный массив из восьми сенсоров перед анализом газовой фазы молока тренировали по летучим органическим соединениям различных классов (спирты, кетоны, этилацетат, ацетальдегид, карбоновые кислоты (ч.д.а. ООО «Реахим»)

и бидистиллированная вода) для оценки их сорбционных характеристик. Исследовали равновесную газовую фазу над чистыми веществами и пробами сырого молока по методике описанной в [16], время измерения составило 80 с. В специальном программном обеспечении фиксировали изменение частоты колебания пьезосенсора при сорбции газовой фазы пробы молока с шагом в 1 с, по которой определяли максимальное изменение сигнала сенсора ( $\Delta F_{\max,i}$ , Гц) за время сорбции. Для интенсификации выделения летучих соединений из молока и гомогенизации ее жировой фазы пробу молока обрабатывали ультразвуком (УЗ) (50 Вт, 3 минуты). По полученным сигналам сенсоров после измерения рассчитывали также параметры эффективности сорбции  $A_{ij}$  [17], которые отражают в большей степени качественный состав газовой фазы и могут при выполнении определенных требований использоваться для идентификации летучих соединений в смеси газов [18]. Для оценки корреляции выходных данных сенсоров с физико-химическими и микробиологическими показателями рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона с оценкой его статистической значимости по t-критерию [19].

### 3. Результаты и обсуждение

По полученным результатам определения микробиологических и физико-химических показателей установлено, что только проба 4 соответствует нормативным показателям молока второго сорта, в остальных пробах, кроме пробы 9, микробиологические показатели превышают норму (табл. 1). В пробе 9 занижена массовая доля общего белка, менее 2,8 %, по остальным показателям она соответствует второму сорту. По результатам ПЦР-анализа в исследуемых пробах молока не выявлено наличие патогенных микроорганизмов (*E.coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*). Для анализа газовой фазы использовали массив сенсоров, для которого оценили чувствительность и селективность к парам летучих соединений, являющихся маркерами микробиологических изменений в молоке. Некоторые характеристики полученных сенсоров представлены в таблице 2.

Таблица 1

**Физико-химические и микробиологические показатели проб сырого молока**

Номер пробы	Титруемая кислотность, °Т	Массовая доля жира, %	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля общего белка, %	КМАФАнМ, КОЕ/см <sup>3</sup>	Количество дрожжей, КОЕ/см <sup>3</sup>	Количество плесневых грибов, КОЕ/см <sup>3</sup>
1	19	7,5	16,02	3,46	10000000	10000	0
2	20	3,8	12,22	3,74	4000000	10000	0
3	19	4,8	13,36	3,45	4500000	1000	10
4	15	7,5	15,15	3,26	340000	0	0
5	19	3,5	11,63	3,01	2400000	1500	160
6	19	3,1	11,77	3,30	590000	650	900
7	15	3,9	10,85	2,40	4640000	5680	0
8	18	3,7	12,31	3,10	98000000	8004	60
9	15	3,2	11,41	2,00	480000	0	10

Таблица 2

**Характеристики покрытий сенсоров и их коэффициенты селективности к парам летучих соединений относительно паров воды**

Номер сенсора	Покрытие (1/2)	Растворитель	Масса, мкг	Коэффициент селективности покрытий		
				Масляная кислота	Бутанон-2	Изопентанол
1	18К6*/Хитозан	Толуол	28,7	12,4	1,33	1,65
2	ДГК/Хитозан	Этанол	14,7	1,13	1,29	1,34
3	Хитозан/КМК	Этанол	12,5	1,34	1,43	2,55
4	Холин/Сорбит	Этанол	15,2	1,38	1,62	1,33
5	Холин/Эритрит	Этанол	5,29	1,72	1,52	1,20
6	ПВП/Хитозан	Ацетон	12,0	2,46	0,46	1,75
7	ПЭГ-2000/Хитозан	Ацетон	3,41	1,25	1,49	1,36
8	Сорбит/АОК	Этанол	7,97	1,54	1,63	3,72

\* - 18К6 – дициклогексан-18-краун-6, ДГК – дигидрохверцетин, КМК – концентрат мицеллярного белка, ПВП – поливинилпирролидон, АОК – аморфный оксид кремния.

Полученный массив сенсоров характеризуется селективностью к парам летучих соединений в сравнении с водой (табл. 2), следовательно, данные летучие соединения могут быть определены в присутствии большого избытка воды, в том числе в газовой фазе над пробами молока. Для установления особенностей изменения газовой фазы над пробами молока рассчитывали дополнительно относительное изменение сигналов сенсоров ( $\Delta_i$ ) при измерении проб сырого молока до и после обработки его ультразвуком по формуле:

$$\Delta_i = (\Delta F_{\max,i(\text{сырое молоко})} - \Delta F_{\max,i(\text{после ультразвука})}) / \Delta F_{\max,i(\text{сырое молоко})}, \quad (1)$$

Оценили степень взаимосвязи всех полученных выходных данных сигналов сенсоров с физико-химическими и микробиологическими показателями проб молока по коэффициенту корреляции Пирсона ( $r$ ) (табл. 3). Установлено, что сигналы сенсоров и рассчитанные параметры эффективности сорбции при измерении газовой фазы над пробами сырого молока тесно связаны с его физико-химическими показателями, такими как жирность, содержание сухих веществ, что согласуется с исследованием о влиянии степени гомогенизации жировой фракции молока на состав его летучих веществ [20].

Таблица 3

**Статистически значимые коэффициенты корреляции Пирсона ( $r$ ) между выходными данными сенсоров и показателями качества проб молока**

Показатель качества	Параметр сенсоров	$r$	Показатель качества	Параметр сенсоров	$r$
Нативное сырое молоко			После обработки ультразвуком		
Массовая доля жира	$A_{34}$	0,875	Массовая доля жира	$A_{18}$	-0,689
	$\Delta F_{\max,8}$	0,718		$\Delta F_{\max,1}$	-0,673
	$\Delta F_{\max,7}$	-0,682	Массовая доля сухих веществ	$\Delta F_{\max,1}$	-0,675
Массовая доля сухих веществ	$\Delta F_{\max,8}$	0,708	Количество плесневых грибов	$\Delta F_{\max,6}$	-0,810
	$A_{34}$	0,876		$\Delta F_{\max,7}$	-0,814
По нормированным данным сенсоров			По нормированным данным сенсоров		
КМАФАнМ	$A_{17}$	0,854	Количество плесневых грибов	$\Delta F_{\max,1}$	-0,674
	$A_{25}$	0,858		$A_{45}$	0,764
	$A_{26}$	0,836	Титруемая кислотность	$A_{16}$	-0,796
Количество дрожжей	$A_{37}$	0,797	Массовая доля сухих веществ	$A_{67}$	0,811
Относительное изменение сигналов сенсоров до и после обработки ультразвуком					
Массовая доля общего белка	$\Delta_1$	0,678	Количество плесневых грибов	$\Delta_3$	0,937
	$\Delta_2$	0,686		$\Delta_5$	0,882

После обработки проб ультразвуком статистически значимыми становятся также корреляции сигналов сенсоров с содержанием плесневых грибов в пробах (табл. 3). Ранее было показано, что снизить влияние матрицы на сигналы сенсоров при анализе биопроб можно при использовании нормированных сигналов сенсоров [21]. Для этого в процессе измерения газовой фазы проб молока с определенной частотой проводится измерение пробы стандарта, поскольку молоко – это эмульсия типа М/В, то в качестве стандарта использовали бидистиллированную воду. При оценке степени взаимосвязи нормированных сигналов сенсоров и их расчетных параметров с показателями проб молока установлена статистически значимая корреляция ( $t_{кр.>t(0,95;7)}=2,364$ ) с микробиологическими показателями – общей микробной обсемененностью, количеством дрожжей (табл. 3). Примечательно, что наблюдается корреляция показателя КМАФАнМ с расчетными параметрами эффективности сорбции  $A_{ij}$ , то есть по соотношению летучих гидрофильных соединений, выделяемых мезофильными анаэробами в газовую фазу, можно оценить их количество в пробах молока. При сравнении относительных изменений сигналов сенсоров при обработке молока ультразвуком установлена значимая корреляция с содержанием белка и плесневых грибов в пробах. Следовательно, при обработке проб молока ультразвуком влияние других показателей на газовый состав нивелируется, а летучие соединения, выделяемые грибами, превалируют в газовой фазе над летучими соединениями, выделяемыми другими микроорганизмами.



#### 4. Выводы

Установлено, что выходные данные пьезосенсоров при измерении газовой фазы нативного сырого молока с предварительным нормированием по пробе-стандарту статистически значимо коррелируют с микробиологическими показателями проб молока. Применение ультразвука для обработки молока наиболее значительно влияет на содержание летучих соединений, выделяемых плесневыми грибами.

#### Библиографический список

1. Poghossian, A., Geissler, H., Schöning, M. J. (2019). Rapid methods and sensors for milk quality monitoring and spoilage detection. *Biosens Bioelectron*, 140, Article: 111272. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.04.040>
2. Li, H., Xi, B., Yang, X., Wang, H., He, X., Li, W., Gao, Y. (2022). Evaluation of change in quality indices and volatile flavor components in raw milk during refrigerated storage. *LWT*, 165, Article 113674. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113674>
3. Hettinga, K. A., van Valenberg, H.J.F, Lam, T J G M, van Hooijdonk A C M. (2008). Detection of mastitis pathogens by analysis of volatile bacterial metabolites. *J Dairy Sci.*, 91(10), 3834-9. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0941>
4. Kalit, M.T., Markovic, K., Kalit, S., Vahcic, N., Havranek, J. (2014). Application of electronic nose and electronic tongue in the dairy industry. *Mljekarstvo*, 64, 228–244. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2014.0402>
5. Gomes, M.T.S.R. (2016). Electronic Nose in dairy products. Chapter in a book: *Electronic Noses and Tongues in Food Science*: Elsevier: Netherlands. 2016. pp. 20–30.
6. Sliwinska, M., Wisniewska, P., Dymerski, T., Namiesnik, J., Wardencki, W. (2014) Food analysis using artificial senses. *J. Agric. Food Chem.* 62, 1423–1448. <https://doi.org/10.1021/jf403215y>
7. Yang, Y., Wei, L. (2021). Application of E-nose technology combined with artificial neural network to predict total bacterial count in milk. *Journal of Dairy Science*, 104(10), 10558-10565. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19987>
8. Magan, N., Pavlou, A., Chrysanthakis, I. (2001). Milk-sense: a volatile sensing system recognises spoilage bacteria and yeasts in milk. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 72(1), 28-34. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(00\)00621-3](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(00)00621-3)
9. Haugen, J. E., Knut, R., Solveig, L., Bredholt, S. (2006). Application of gas-sensor array technology for detection and monitoring of growth of spoilage bacteria in milk: A model study. *Analytica Chimica Acta*, 565(1), 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.02.016>
10. Eriksson, A., Waller, K. P., Sjaunja, K. S., Haugen, J. E., Lundby, F. and Lind, O. (2005). Detection of mastitic milk using a gas-sensor array system (electronic nose). *Int. Dairy J.*, 15(12), 1193–1201. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.12.012>
11. ГОСТ Р 52054–2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия». – М.: Стандартинформ, 2003. – 11 с.
12. ГОСТ Р 33566–2015 «Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов». – М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.
13. ГОСТ Р 32901–2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа». – М.: Стандартинформ, 2016. – 24 с.
14. Shuba, A., Kuchmenko, T., Umarchanov, R., Bogdanova, E. (2023, 24–25 April). *Composite Coatings of Piezoelectric Quartz Sensors Based on Viscous Sorbents and Casein Micelles*. Conference Proceedings of the XVII International research conference proceedings, Istanbul, Türkiye.
15. Sayerbrey G. (1964). Messung Von Plattenschwingungen Sehr Kleiner Amplitude Durch Lichtstrommodulation, *Zeitschrift Fuer Physik*, 178, 457-471.
16. Кучменко, Т.А., Шуба, А.А., Матвеева, Н.А., Битюкова, В.В. (2018). Применение массива химических сенсоров для оценки наличия новообразований по запаху крови. *Журнал аналитической химии*, 73(1), 60-72.
17. Shuba, A., Kuchmenko, T., Umarchanov, R. (2022). Piezoelectric Gas Sensors with Polycomposite Coatings in Biomedical Application. *Sensors*; 22, Article: 8529. <https://doi.org/10.3390/s22218529>
18. Кучменко, Т.А., Шуба, А.А., Бельских, Н.В. (2012). Пример решения идентификационных задач в методе пьезокварцевого микровзвешивания смесей некоторых органических соединений. *Аналитика и контроль*, 16(2), 151 -161.
19. Дёрффель К. (1994). *Статистика в аналитической химии*. М.: Мир, 268 с.
20. Reis, M.G. Harris, P., Berry, C., Nguyen, H., Maclean, P., Weeks M. (2020). Tracking changes in volatile components and lipids after homogenisation and thermal processing of milk. *International Dairy Journal*, 103, Article: 104624. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104624>
21. Shuba, A., Kuchmenko, T., Menzhulina D. (2021). Drift Compensation of the Electronic Nose in the Development of Instruments for Out-of-Laboratory Analysis. *Chemistry Proceedings*, 5, Article: 68. <https://doi.org/10.3390/CSAC2021-10464>



## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНЦЕНТРАТОВ БЕЛКОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ОТ СЫРОВ С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ

**Юрасов А.О.**

*e-mail: ao.yurasov@yandex.ru*

*Научный руководитель: док. техн. наук, проф. Тихомирова Н.А.*

*Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Образования Российский Биотехнологический Университет, Москва, Россия*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *реологические свойства, концентрат сывороточных белков, термокислотная коагуляция, хлоркальциевая коагуляция*

### АННОТАЦИЯ

С целью разработать решение производства сырья для биологически активных веществ из коровьего молока исследованы реологические характеристики концентратов сывороточных белков, полученных термокислотной и хлоркальциевой коагуляциями из молочной сыворотки из-под сыров с чеддеризацией сырной массы, а именно «буррата» и «моцарелла». Исследования проводились методом ротационной вискозиметрии с помощью прибора Реотест-2. Для исследования образцов был выбран режим работы Ia, цилиндр S и поршень N. Каждый образец имел температуру 20 °С и вес 10 г. Для образцов проведены измерения для выбранного размера цилиндрической системы в зависимости от скорости вращения цилиндра (ступени 1а – 12а и 1в – 12в). Время переключения между ступенями составляло 30 секунд. На основании полученных результатов произведены расчеты эффективной вязкости и напряжения сдвига. Построены графики зависимости эффективной вязкости и напряжения сдвига сгустков от скорости сдвига. Установлено, что исследуемые образцы относятся к псевдопластичным реологическим телам и имеют коагуляционно-конденсационную структуру.

## RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WHEY PROTEIN CONCENTRATES FROM CHEDDARIZED CHEESES

**Yurasov A.O.**

*\*e-mail: ao.yurasov@yandex.ru*

*Supervisor of studies: Tichomirova N.A.*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University, Moscow, Russia*

**KEYWORDS:** *rheological properties, whey protein concentrate, thermal acid coagulation, calcium chloride coagulation*

### ABSTRACT (на английском языке)

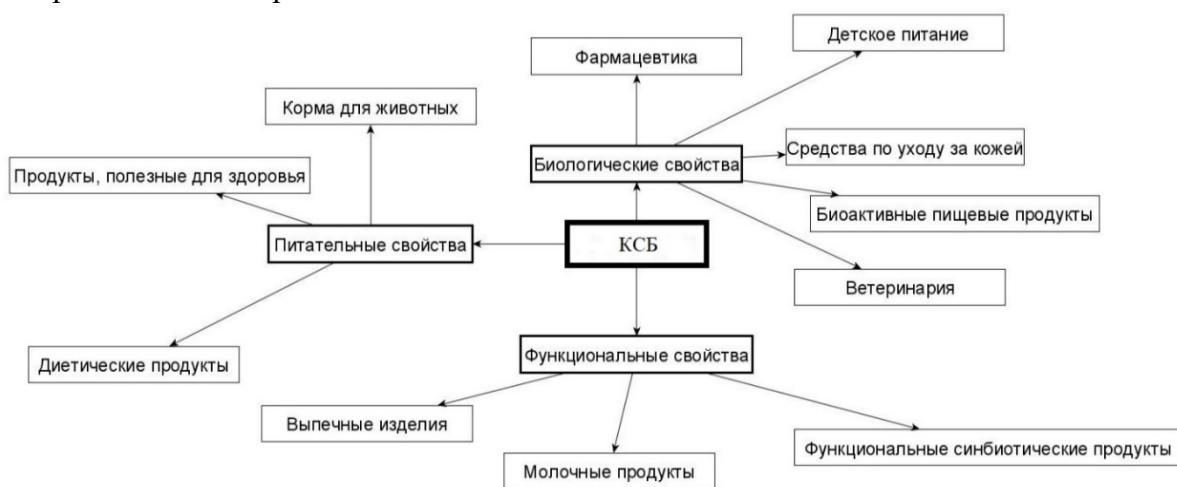
In order to develop a solution for the production of raw materials for biologically active substances from cow's milk, the rheological characteristics of whey protein concentrates obtained by thermal acid and calcium chloride coagulation from whey from cheeses with cheddarized cheese mass, namely "burrata" and "mozzarella", were studied. The studies were carried out by the method of rotational viscometry using the device Reotest-2. To study the samples, the operating mode Ia, cylinder S and piston N were selected. Each sample had a temperature of 20 °C and a weight of 10 g. Measurements were taken for the samples for the selected size of the cylindrical system depending on the rotation speed of the cylinder (stages 1a - 12a and 1c - 12c). The switching time between stages was 30 seconds. Based on the obtained results, calculations of the effective viscosity and shear stress were made. Graphs of the dependence of the effective viscosity and shear stress of bunches on the shear rate are plotted. It has been established that the studied samples belong to pseudoplastic rheological bodies and have a coagulation-condensation structure.

### 1. Введение

С точки зрения наносимого ущерба окружающей среде, молочная сыворотка является одним из наиболее проблемных объектов. Ее переработка позволяет не только улучшить экологические показатели предприятия, но и получать инновационные функциональные

продукты, так как особенностью молочной сыворотки является повышенное содержание сывороточных белков, имеющих высокую биологическую ценность. С каждым годом в России увеличивается количество произведенного сыра, а соответственно и количество подсырной сыворотки. В 2021 году эта цифра составила 4,83 млн т [1].

Концентраты сывороточных белков обладают очень важными для человека свойствами, такими как антибактериальные, противовоспалительные, противовирусные, антиоксидантные, регенеративные и т. д. Области применения концентратов сывороточных белков достаточно широки и представлены на рис. 1.



**Рисунок 1.** Области применения КСБ [2]

Вопросами исследования реологических свойств различных концентратов сывороточных белков в России занимались Баранов С.А., Абабкова, А.А., Кирсанов Е.А., Мельникова Е.И., Горбатов А.В. За рубежом эти исследования описаны в работах Yamada Y. Fujio, Kun Liu, De Kruif C.G. Однако в исследованиях речь идет, в основном, о молочной сыворотке, полученной от производства более традиционных видов сыра.

Качественные показатели концентрата сывороточных зависят от состава и физико-химических изменений его компонентов в ходе технологических операций. Технологическими режимами производства обуславливаются основные физико-химические показатели, такие как содержание влаги, растворимость, смачиваемость, насыпная плотность и др. [3]. Большой практический интерес представляют исследования реологических характеристик концентрата сывороточных белков, обеспечивающих их применимость в пищевых технологиях. Исследования реологических свойств КСБ из молочной сыворотки, полученной от сыров с чеддеризацией сырной массы, позволят также получить новый белковый ингредиент, сократив потери сырья, и расширить ассортимент функциональных продуктов.

Задачей исследования является изучение реологических характеристик образцов концентратов сывороточных белков из молочной сыворотки из-под сыров моцарелла и буррата. Выяснить, являются ли образцы псевдо-пластичными телами.

## 2. Материалы и методы

Исследования были проведены в условиях физико-химической лаборатории Кафедры «Технологии молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» Российского Биотехнического университета (РОСБИОТЕХ). В качестве объектов исследования рассматривали концентраты сывороточных белков, полученные термокислотной и хлоркальциевой коагуляцией из молочной сыворотки из-под сыров с чеддеризацией сырной массы, а именно «моцарелла» и «буррата». Термокислотный способ коагуляции осуществляли путем добавления 9%-го раствора уксусной кислоты, в нагретую до 95–97 °С молочную сыворотку. Нагревание подсырной сыворотки до высокой температуры обеспечивает денатурацию сывороточных белков и совместную коагуляцию при увеличении концентрации ионов водорода в среде [4]. Хлоркальциевый способ коагуляции осуществляли путем добавления 40% -го водного раствора хлористого кальция в нагретую до 95–97 °С молочную сыворотку. Образуются рыхлые скопления белков, которые по мере насыщения кальцием, резко снижают термоустойчивость [5]. Реологические характеристики концентратов сывороточных белков определяли на ротационном вискозиметре Реотест-2. Для исследования образцов был выбран режим работы Ia, цилиндр S и поршень N. Каждый образец имел температуру 20 °С и вес 10 г. Для образцов проведены измерения для выбранного размера цилиндрической системы в

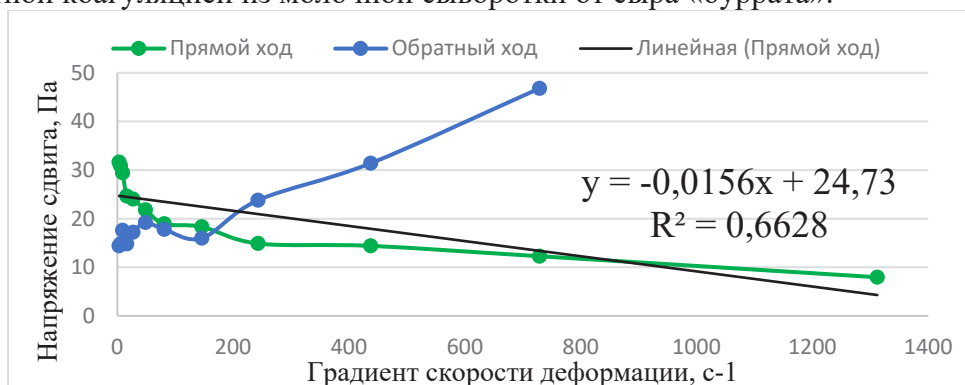
зависимости от скорости вращения цилиндра (ступени 1а – 12а и 1в – 12в). Время переключения между ступенями составляло 30 секунд

Были изучены основные реологические характеристики (напряжение сдвига, коэффициент эффективной вязкости, индекс течения) концентратов сывороточных белков, полученных из сыворотки от сыров «моцарелла» и «буррата». Изучение реологических свойств основано на анализе протекающих в этих продуктах деформационных процессов под влиянием приложенного напряжения. Это позволяет определить характер образовавшихся структур и их изменение во времени, что имеет большое практическое значение [6].

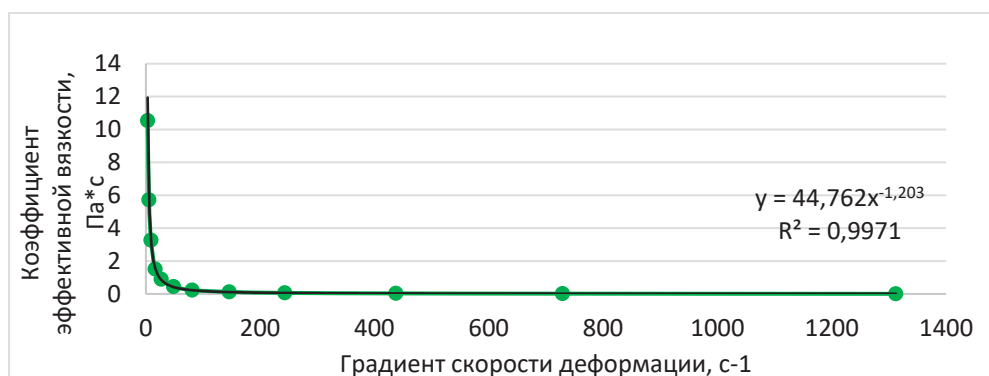
### 3. Результаты и обсуждение

В результате измерения для цилиндрической системы S в зависимости от скорости вращения цилиндра N (ступени 1а – 12а и 1в – 12в) получены значения напряжения сдвига и коэффициента эффективной вязкости для каждого образца.

На рис. 2 и 3 представлены зависимости напряжения сдвига и коэффициента эффективной вязкости от градиента скорости деформации концентрата сывороточных белков, полученного термокислотной коагуляцией из молочной сыворотки от сыра «буррата».

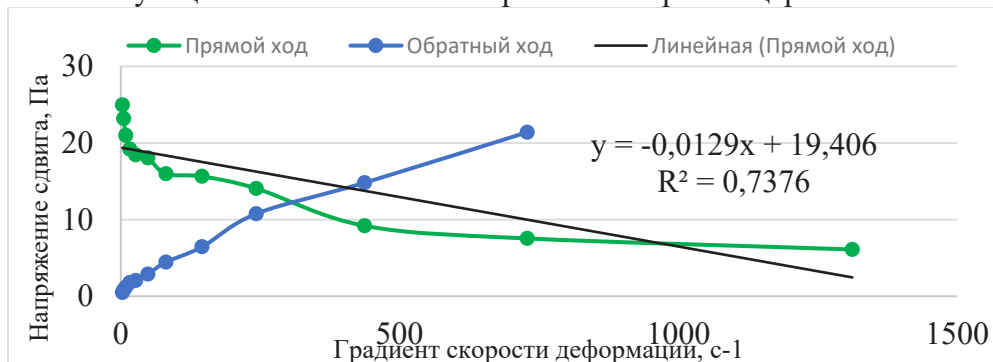


**Рисунок 2.** Влияние скорости сдвига на напряжение сдвига концентрата сывороточных белков, полученного термокислотной коагуляцией из молочной сыворотки от сыра «буррата»

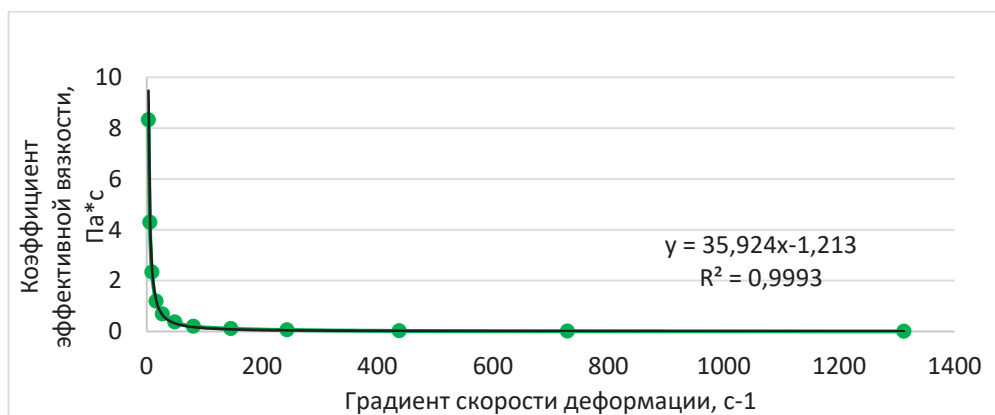


**Рисунок 3.** Влияние скорости сдвига на эффективную вязкость концентрата сывороточных белков, полученного термокислотной коагуляцией из молочной сыворотки от сыра «буррата»

На рис. 4 и 5 представлены зависимости напряжения сдвига и коэффициента эффективной вязкости от градиента скорости деформации концентрата сывороточных белков, полученного хлоркальциевой коагуляцией из молочной сыворотки от сыра «моцарелла».



**Рисунок 4.** Влияние скорости сдвига на напряжение сдвига концентрата сывороточных белков, полученного хлоркальциевой коагуляцией из молочной сыворотки от сыра «моцарелла»



**Рисунок 5.** Влияние скорости сдвига на эффективную вязкость концентрата сывороточных белков, полученного хлоркальциевой коагуляцией из молочной сыворотки от сыра «моцарелла»

На рис. 2 и 4 видно, что характер изменения кривых одинаков во всех случаях: зависимости подчиняются степенному закону, что подтверждает их принадлежность к псевдопластичным жидкостям. Особенностью псевдопластичных структурированных дисперсных систем коагуляционного типа является наличие петель гистерезиса [7].

#### 4. Выводы

По экспериментальным данным, полученным в результате реологических исследований образцов концентратов сывороточных белков из молочной сыворотки из-под сыров «буррата» и «моцарелла», рассчитаны эффективная вязкость и напряжение сдвига. Построенные графики зависимостей эффективной вязкости и напряжения сдвига от скорости сдвига показывают, что все образцы относятся к псевдопластичным реологическим телам, которые описываются уравнением Оствальда и имеют коагуляционно-конденсационную структуру. Полученные концентраты сывороточных белков имеют высокую биологическую ценность и могут быть использованы в производстве специализированной продукции, в частности, для детского, спортивного и функционального питания.

#### Библиографический список

1. Белов А.С., Воронин А.А., Груздев А.В., Жебит М.Э., Рожков Р.С. (2021). Молочная отрасль 2021: справочник. Москва. – 388 с.
2. Тамим А.И. (2016). Мембранные технологии в производстве напитков и молочных продуктов. Санкт-Петербург. – 420 с.
3. Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Шабалова Е.Д. (2022). Функционально-технологические свойства термостабильного концентрата сывороточных белков. *Вестник ВГУИТ*, 84(2), 52-56.
4. Тихомирова Н.А. (2007). Технология и организация производства молока и молочных продуктов. Москва. – 560 с.
5. Смирнова И.А., Гралева И.В., Штригуль В.К., Смирнов Д.А. (2012). Исследование способов коагуляции молока с целью формирования микропартикулятов белка молока. *Техника и технология пищевых производств*, 26(3), 112–120.
6. Кирсанов Е.А., Матвеев В.Н. (2022). Вязкость и упругость структурированных жидкостей. Москва. – 284 с.
7. Горбатов А.В. (1979). Реология мясных и молочных продуктов. Москва. – 383 с.