



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
(КемГУ)**

650000, Кемерово, ул. Красная, 6

Телефон: 8(3842) 58-12-26. Факс: 8(3842) 58-38-85

E-mail: [rector@kemsu.ru](mailto:rector@kemsu.ru). <http://www.kemsu.ru>

№ \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
Доктор технических наук, доктор  
биологических наук, профессор,  
член-корреспондент РАН



**Ю. Прасков**

2023 г

## **ОТЗЫВ**

**ведущей организации – Федерального государственного  
образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«Кемеровский государственный университет» (КемГУ)**  
на диссертационную работу Агарковой Евгении Юрьевны на тему  
«Разработка комплексной стратегии трансформации вторичного молочного  
сырья для реализации новых биотехнологических решений в молочной  
промышленности» по специальности 4.3.3 Пищевые системы,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук в  
диссертационный совет 24.1.257.01 при ФБГНУ «Федеральный научный  
центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

### **Актуальность работы**

В Доктрине продовольственной безопасности, утвержденной указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 одной из ключевых позиций обозначена важность обеспечения населения Российской Федерации продуктами, обеспечивающими как полноценный рацион здорового населения, так и способствующих выздоровлению.

Белки молочной сыворотки, как наиболее ценные ее компоненты, сейчас находятся в тренде в качестве полноценного источника биоактивных пептидов. Пептиды, зашифрованные в последовательностях сывороточных белков, имеют огромный потенциал для создания на их основе ингредиентов функциональной направленности благодаря широкому спектру свойств: антиоксидантных, антигипертензивных, иммуностимулирующих, антимикробных и др. Высвобождение пептидов из матрицы белка может происходить различными способами, однако предпочтение отдается

ферментативному гидролизу, протекающему при более мягких условиях. Однако данный процесс достаточно затратный, и предварительный *in silico* анализ с последующей цифровой обработкой, позволяет спрогнозировать содержание биоактивных пептидов в потенциальных гидролизатах, снижая расходы и трудозатраты, в том числе и на доклиническую оценку с учетом верификации результатов.

Помимо функциональных, сывороточные гидролизаты обладают способностью к пенообразованию и эмульгированию, и эти свойства с успехом могут быть использованы для создания продуктов нового поколения стабильной аэрированной структуры.

**Достоверность, полнота опубликования и апробирования основных положений и результатов диссертации, полученных автором.**

Представленные в работе научные положения обоснованы и подтверждены значительным объемом теоретической базы, результатами экспериментальных исследований и использованием современного математического аппарата. Экспериментальные данные с достаточной степенью точности коррелируют с общетеоретическими концепциями, принятыми в данной области исследований.

Достоверность представленных в диссертации результатов обусловлена применением современных лабораторных методов и используемой автором методической базой, на основе которой осуществлялись постановка и анализ результатов экспериментальных исследований.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследований Агарковой Е.Ю. отражены в 79 печатных работах, из которых 2 монографии; 1 учебник, 10 статей в журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus; 19 статей в журналах, рекомендованных ВАК; 44 публикации в журналах, индексируемых в РИНЦ и доложены на научных конференциях.

**Научная новизна и практическая значимость исследований заключается в:**

- проведении биоинформационное программирования протеолиза с верификацией полученных экспериментальных данных *in vitro* и *in vivo*;
- получении закономерности формирования функционального потенциала белков молочных сывороток от пептидного профиля;
- разработке системного подхода к ранжированию ферментных препаратов по биологической активности и сенсорному профилю образующихся пептидов, базирующийся на инкорпорировании данных по идентифицированным основным и минорным монокритериям в интегральный критерий желательности и модели зависимости скорости ферментативного гидролиза от температуры и времени;
- получении зависимостей величин функциональной активности гидролизатов сывороточных белков от продолжительности протеолиза и фермент-субстратного соотношения; органолептических, структурно-

механических и функциональных свойств базового аэрированного продукта от дозы внесения гидролизатов.

- установлении закономерностей формирования газодисперсной структуры базового аэрированного продукта от технологически-аппаратурных параметров его получения;

- разработке документов по стандартизации на пептидный гидролизат и шести видов обогащенных продуктов.

### **Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов:**

Предложенная Агарковой Е.Ю. комплексная стратегия к созданию функциональных ингредиентов белковой природы может быть применима не только к молочным и сывороточным белкам, но и к другим белкам, находящимся в открытых пептидных базах. Как и представленная в работе последовательность действий при проведении доклинической оценки продуктов и ингредиентов может использоваться при процедуре доказательства функциональности пищевых объектов любой природы

Также полученный функциональный ингредиент (пептидный гидролизат СТО 00419785-044-2019) может быть интегрирован в другие виды и типы обогащенных продуктов, что доказывает успешное внедрение разработанных на его основе шести видов обогащенных продуктов на 4-х молокоперерабатывающих предприятиях.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенности в целом**

Диссертационная работа Агарковой Е.Ю. выполнена в соответствии с требованиями ВАК РФ, состоит из введения, аналитического обзора литературы, методологической части, включая схему организации научных исследований; пяти экспериментальных глав, содержащих результаты собственных исследований, заключения по работе, списка использованной литературы и приложений.

Основное содержание диссертации изложено на 260 страницах и включает в себя 112 таблиц и 63 рисунка. Библиографический список литературы содержит 285 наименований, включая 70 ссылок на отечественных авторов,

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи, необходимые для реализации этой цели, научная новизна практическая значимость, представлены сведения об апробации.

**В первой главе** проанализирован российский и зарубежный опыт по теме исследования, в результате которого обозначены наиболее востребованные направления и приемы в области создания продуктов функционального потенциала на основе молочной сыворотки. Также определены методы и условия тестирования при доказательстве функциональных свойств гидролизатов сывороточных белков, изучены аспекты пенообразования в гидролизованных белковых системах.

**Во второй главе** изложена организация проведения научных экспериментов, представлена схема проведения научных исследований. Приведены объекты исследований, оборудование и методы, применяемые диссертантом при выполнении работы. Агаркова Е.Ю. использует как стандартизованные методы, так и *in vitro* и *in vivo* методы тестирования.

**В третьей главе** представлен алгоритм проведения протеолиза молочной сыворотки, направленный на получение функциональных белковых компонентов, программа системного анализа и выбора оптимальных ферментных препаратов для высвобождения биоактивных пептидов с возможностью автоматической загрузки данных из базы ВЮРЕР. При помощи биоинформационного программирования доказана возможность использования в качестве источника биоактивных пептидов белков молочной сыворотки.

**В четвертой главе** представлена характеристика ГСБ *in vitro* и *in vivo*. В качестве основных биологических активностей при тестировании гидролизатов выбраны антиоксидантная, антигипертензивная и антимикробная. Показан гипотензивный эффект на фоне приема животными гидролизата -  $\Delta P=27$  мм. рт. ст., возрастание антиоксидантной емкости, и антимикробной активности, наиболее ярко выраженный при кормлении животных гидролизатом сыворотки от твердых сыров.

**В пятой главе** описано влияние гидролизата на структурно-механические и на органолептические свойства базового аэрированного продукта и проведено тестирование функциональных свойств на моделях *in vivo*. Тестирование показало, что внесение гидролизатов в матрицу базового продукта ухудшило реологические и органолептические показатели, заметно улучшило АПФ-ингибирующую активность. Описан полнофакторный эксперимент, позволивший установить оптимальные дозы внесения выбранного гидролизата и пектина в составе стабилизационной системы.

**В шестой главе** представлены результаты тестирования *in vivo* на моделях индуцированного окислительного стресса. Автором отмечено снижение содержания ТБК-реактивных продуктов на фоне приема образцов продукта с гидролизатом и статистически достоверное увеличение относительного содержания полезной микрофлоры у животных, получавших на фоне приема антибиотика опытные образцы экспериментального продукта; а также снижение сывороточной концентрации триглицеридов и атерогенной фракции липопротеидов на фоне приема базового аэрированного продукта.

**В седьмой главе** представлена общая технологическая схема получения обогащенных продуктов описана разработка и исследование обогащенных ГСБ продуктов: мусс, суфле, крем, паста, напиток, кисель. При этом отмечено улучшение структурно-механических и органолептических свойств.

В конце работы представлено **заключение**, в котором обобщены результаты экспериментальных исследований, выполненных автором.

**Основные результаты и выводы** соответствуют целям и задачам, поставленным в работе, экспериментальным данным и их анализу, представленным в диссертации.

Таким образом, основные положения диссертации подтверждены последовательностью проведенных экспериментов и исследований и получили полное обоснование в тексте работы.

Представленный на рассмотрение автореферат диссертации включает в себя краткое описание основного содержания работы, по оформлению и содержанию соответствует требованиям ВАК РФ.

Наряду с отмеченными выше положительными моментами диссертационной работы, научной и практической значимостью полученных результатов, по работе имеются следующие замечания и вопросы:

#### **Замечания и рекомендации**

1. Автором установлено, что состав сывороток из-под мягких сыров в отличие от сычужных преимущественно представлен фракциями казеина (стр. 13 автореферата), при этом необходимо пояснение причины этого.

2. В таблице оценки частоты встречаемости биоактивных и горьких пептидов (таблица 3.52) не указаны единицы измерения.

3. Не совсем понятно, на каком основании автор определил высокую антигипертензивную активность пептидов KW, VF и VY и притиводиабетическую активность пептида VL?

4. Непонятно, планирует ли автор использовать ферментные препараты на основе субтилизина для гидролиза сывороток в вариантах 1-4, либо намерение уже реализовано в данной работе?

5. На стр. 20 автореферата в 3-м снизу абзаце приведена, вероятно, ошибочная ссылка на формулу (1), не имеющую отношения к упоминаемым в абзаце температурным колебаниям.

6. Автор указывает на наличие выраженной антимикробной активности в отношении *E. coli* и *S. aureus* для ГСБ 4 и 5, что "... коррелирует с данными *in silico* прогнозирования". При этом ни данных, на которых основан этот вывод, ни использованного механизма *in silico* прогнозирования не приведено.

7. Чем можно объяснить достаточно высокую температуру аэрирования при получении мусса и суфле?

8. Стоит пояснить, почему внесение гидролизата в базовый аэрированный продукт значительно ухудшало его реологические характеристики?

Указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы

#### **Заключение**

Диссертационная работа Агарковой Евгении Юрьевны «Разработка комплексной стратегии трансформации вторичного молочного сырья для реализации новых биотехнологических решений в молочной промышленности» соответствует требованиям ВАК при Минобрнауки

России, предъявляемым к диссертациям согласно пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (в ред. от 01.10.2018), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы.

Отзыв подготовлен доктором технических наук Курбановой Мариной Геннадьевной.

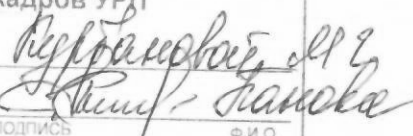
Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Технологического института пищевой промышленности, ФГБОУ ВО КемГУ.

Присутствовало на заседании 10 чел. Результаты голосования: «за» - 10 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 12 от «30» июня 2023 г.

Заведующая кафедрой ТППЖП  
Кемеровского государственного  
университета, докт. техн. наук,  
доцент ВАК

  
подпись

М.Г. Курбанова

ФГБОУ ВО «КемГУ» Отдел кадров УРП		
ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ		
должность	подпись	ф.и.о.
«18» 07	2023 г.	

**Контактные данные:**

Федеральное государственное бюджетное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»,  
Технологический институт пищевой промышленности  
650000, г. Кемерово ул. Красная, 6  
Email: [tppgs@kemsu.ru](mailto:tppgs@kemsu.ru)  
Тел: +7(3842)39-68-58