

На правах рукописи

ШУХАЛОВА ОЛЬГА МИХАЙЛОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИОЛОГО - БИОХИМИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ЗАКВАСОЧНЫХ
МИКРООРГАНИЗМОВ НА КАЧЕСТВО ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ**

Специальность 4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически
активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2024

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте маслоделия и сыроделия – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

- Научный руководитель:** доктор технических наук,
Свириденко Галина Михайловна
- Официальные оппоненты:** **Николаева Евгения Анатольевна**
доктор технических наук,
профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Технология продуктов питания», профессор
- Рожкова Ирина Владимировна**
кандидат технических наук, ФГАНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»,
лаборатория прикладной микробиологии и генетики микроорганизмов, заместитель заведующего, старший научный сотрудник
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет»

Защита диссертации состоится «16» мая 2024 г. В 13 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 24.1.257.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» Российской академии наук по адресу: 109316, Москва, ул. Талалихина, д.26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.vniimp.ru ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

А.Н. Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Ведущую роль в формировании сыра, как уникального пищевого продукта, играют микробиологические процессы. Успешное решение проблемы регулирования микробиологических процессов в сыре зависит от знания особенностей биологии конкретных видов заквасочной микрофлоры и их соответствия технологическим режимам производства, определяющим формирование качественных показателей продукта.

Состав микрофлоры заквасок для сыров формировался в процессе разработки конкретных технологий. К настоящему времени сложились требования к составу основной микрофлоры заквасок для сыроделия, что является основой для формирования ассортимента выпускаемых бактериальных заквасок. При этом спектр видов молочнокислых бактерий, используемый в качестве микрофлоры заквасок, постоянно расширяется, что связано как со стремлением производителей улучшить органолептические показатели сыров, повысить их питательную и биологическую ценность, устойчивость к биоповреждениям, интенсифицировать процесс выработки и ускорить созревание, так и со стремлением расширить ассортимент сыров с новыми органолептическими характеристиками.

Расширение спектра заквасочных микроорганизмов, включаемых в состав бактериальных заквасок для сыроделия, без оценки их соответствия технологическим параметрам производства может отразиться на безопасности, качестве и снизить органолептические показатели сыра.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие микробиологии сыроделия, как биотехнологического производства, базирующегося на микробиологических процессах, проходящих под действием заквасочных культур и их метаболитов, внесли Гибшман М.Р., Богданов В.М., Гудков А.В., Свириденко Ю.Я., Климовский И.И., Перфильев Г.Д., Королев С.А., Уманский М.С., Белова Г.А., Остроумов Л.А., Свириденко Г.М., Сорокина Н.П., а также их многочисленные ученики и другие отечественные и зарубежные ученые. Тем не менее, теория и практика управления микробиологическими процессами в сыроделии нуждается в непрерывном развитии.

Целью исследований является комплексная оценка динамики развития и метаболизма конкретных видов МКМ, как в модельных молочных средах, в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыров, так и в модельных полутвердых сырах, для прогнозирования рисков снижения качественных показателей продукта.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Провести мониторинг динамики развития и кислотообразования коллекционных штаммов молочнокислых заквасочных микроорганизмов видов *Lc. lactis* subsp. *lactis*, *Lc. cremoris*, *Str. thermophilus*, *Lc. lactis* subsp. *diacetylactis*, *Leuconostoc* subsp., *L. plantarum*, *L. casei*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. helveticus* в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания полутвердых сыров, для прогнозирования влияния конкретных культур МКМ на качественные показатели сыров.

2. Исследовать динамику развития и кислотообразования заквасочных микроорганизмов конкретных видов в процессе выработки модельных сыров.

3. Исследовать влияние условий созревания модельных сыров на динамику развития и метаболизм МКМ конкретных видов, в том числе направленность и интенсивность процессов гликолиза, протеолиза, накопление вкусоароматических веществ.

4. Оценить органолептические показатели модельных сыров, выработанных с использованием моновидовых культур, и риски снижения потребительских показателей полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формируемых из пласта при использовании того или иного вида МКМ.

5. Разработать методические положения, включающие оценку видового состава бактериальных заквасок с учетом особенностей развития и метаболизма конкретных видов заквасочных микроорганизмов в процессе выработки и созревания, а также их влияние на органолептические показатели и риски формирования пороков сыра.

Научная новизна. Получены новые знания о динамике развития и кислотообразования конкретных видов заквасочных микроорганизмов в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыров, а также процессах развития и метаболизма, включающих гликолиз, протеолиз, накопление вкусоароматических веществ и формирование органолептических показателей в модельных полутвердых сырах.

Теоретическая и практическая значимость работы. Выявлены особенности развития и метаболизма конкретных видов заквасочных культур, как в модельных молочных средах, в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыров, так и в модельных полутвердых сырах, что дает возможность прогнозировать влияние культур на органолептические показатели сыров и оценивать степень рисков формирования пороков и снижения качества готового продукта.

Результаты исследований использованы при разработке МП 021–2023 «Общие и специфические требования к бактериальным закваскам с учетом состава микрофлоры, количества жизнеспособных клеток, физического состояния и особенностей технологии производства сыров» для научно обоснованного подбора поливидовых бактериальных заквасок молокоперерабатывающими предприятиями, с учетом их видового состава и соотношения культур, исходя из возможности их развития и метаболизма в условиях конкретных технологических режимов производства и требований к готовому продукту.

Методология и методы исследования. Основу методологии составляют исследования динамики развития и метаболизма производственных штаммов заквасочных МО в модельных молочных средах, в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания полутвердых сыров, а также в процессе экспериментальных выработок и созревания модельных сыров. Оценивалось влияние штаммов каждого вида микроорганизмов в отдельности на ход

ферментативных процессов гликолиза, протеолиза и накопление вкусоароматических веществ, а также органолептические показатели. В работе использованы как общепринятые, так и специальные микробиологические, физико-химические, биохимические и органолептические методы исследований.

Научные исследования по диссертационной работе проводились в рамках темы по Гос. заданию № 0585 – 2019 – 0010 «Разработать требования к видовому составу и биологическим свойствам бактериальных заквасок для производства ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров, с целью обеспечения национальной продовольственной безопасности и стабилизации качества продукции».

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- результаты мониторинга динамики роста и метаболизма коллекционных штаммов молочнокислых микроорганизмов в модельных молочных средах, в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыров по скорости развития и кислотообразования при технологически значимых температурных и временных режимах, а также психротрофности и солеустойчивости;

- результаты оценки микробиологических, биохимических и физико-химических процессов во время выработки и созревания модельных сыров под действием моновидовых культур и их влияние на формирование органолептических показателей;

- результаты сравнительной оценки процессов развития и метаболизма молочнокислых заквасочных культур в модельных молочных средах, имитирующих режимы выработки и созревания сыров и в реальных условиях производства.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных данных подтверждается проведением экспериментов не менее, чем в 3-х кратной повторности, а также статистической обработки результатов исследований с использованием пакета программ Microsoft Excel. Результаты экспериментальных данных представлены в формате «среднее значение ± стандартное отклонение».

Апробация результатов. Основные результаты работы были представлены и обсуждены на российских и международных конференциях: «Перспективные исследования и новые подходы к производству и переработке сельскохозяйственного сырья и продуктов питания» (г. Углич, 2019); «Современные пищевые тенденции глазами молодых ученых: перспективы, инновации и прогрессивные технологии» (г. Санкт-Петербург, 2021); «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства» (г. Углич, 2021); «Направленная трансформация продовольственного сырья при производстве продуктов питания, пищевых и биологически активных добавок, обеспечение контроля качества и безопасности» (г. Краснодар, 2022).

Результаты работы, доложенные на конференции молодых ученых «Передовые достижения науки в молочной отрасли» в секции «Инновационные технологии в переработке молока», отмечены дипломом III степени в номинации «Аспиранты и молодые ученые» (г. Вологда, 2021); на конференции молодых

учёных и специалистов «Актуальные вопросы и современные решения в области пищевых систем» – дипломом «За перспективное направление научно-исследовательской работы» (Москва, 2022).

Публикации. По материалам научной работы опубликовано 21 печатная работа, в том числе: 15 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в RSCI, 2 статьи в рецензируемых журналах входящих в список ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 2 – в международных изданиях, входящих в наукометрические базы Scopus и Web of Science, и в сборниках материалов российских и международных конференций – 2 статьи.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора научно-технической литературы, описания методов и объектов исследований, представления и обсуждения полученных результатов, заключения, списка использованной литературы, содержащей 156 источников. Работа изложена на 159 страницах, содержит 69 рисунков, 35 таблиц и 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, определена степень научной разработанности, сформулированы цель и задачи исследований, необходимые для ее реализации, научная новизна, практическая значимость работы.

В первой главе представлен анализ научно-технической литературы, освещающих особенности развития, метаболизм и практическое использование различных видов заквасочных микроорганизмов для сыроделия.

Во второй главе приведены сведения об организации работы, объекты, методы и схема проведения исследований (рисунок 1).

На различных этапах объектами исследований являлись: коллекционные штаммы МКМ: *Lc. lactis* (10 штаммов), *Lc. cremoris* (10 штаммов), *Str. thermophilus* (10 штаммов), *Lc. diacetylactis* (15 штаммов), *Leuconostoc.* (15 штаммов), *L. plantarum* (8 штаммов), *L. casei* (10 штаммов), *L. bulgaricus* (8 штаммов), *L. acidophilus* (10 штаммов), *L. helveticus* (10 штаммов); модельные молочные среды; молоко коровье сырое; модельные сыры.

При выполнении экспериментальной части работы применялись стандартные и общепринятые методы исследований физико-химических, органолептических и микробиологических показателей, а также специальные методы: молекулярно-массовое распределение растворимых азотистых соединений в водном экстракте сыров определяли методом гель-фильтрации; летучие вкусоароматические вещества в паровой фазе сыров определяли методом газовой хроматографии; оценка степени протеолиза - расчетным способом, по соотношению водорастворимых фракций белка к общему количеству белка; определение массовой доли лактозы, галактозы, глюкозы и молочной кислоты проводили при помощи системы капиллярного электрофореза.



Рисунок 1 – Общая схема проведения исследований

В рамках первого этапа экспериментальных исследований изучены видовые особенности развития и метаболизма 10 видов заквасочных культур в молочных средах, имитирующих условия выработки и созревания сыров, для последующей оценки прогнозирования возможности развития и метаболизма культур с учетом особенностей технологических режимов производства сыров. В качестве модельных молочных сред использовались: 10 % стерильное восстановленное обезжиренное молоко, как с добавлением МСФ и 4 % NaCl, так и без технологически значимых ингредиентов.

В рамках второго этапа проведены выработки модельных полутвердых сыров с моновидовыми культурами для оценки их развития и кислотообразования в процессе выработок. Выработки проводились из коровьего молока, соответствующего требованиям сыропригодности в условиях экспериментального цеха ВНИИМС по единой технологической схеме производства голландского сыра. МКМ, состоящие из комбинации ранее подобранных 3 штаммов конкретного вида вносились в смесь для выработки из расчета не менее 10^6 КОЕ/см³.

Проводили сравнительный анализ кинетических параметров роста (скорость деления (v), время генерации (g) и количество клеточных делений (n)) МКМ в модельных молочных средах и в процессе выработки сыров.

В рамках третьего этапа исследовали микробиологические, физико-химические и биохимические процессы, протекающие в сырах в процессе созревания.

В рамках четвертого этапа проводилась органолептическая оценка сыров в возрасте 30 и 60 суток, в соответствии с требованиями ГОСТ 33630 – 2015. За стандарт сравнения принята органолептическая характеристика сыра Голландского с учетом потребительских предпочтений.

ГЛАВА 3 Экспериментальная часть

3.1 Мониторинг развития и метаболизма МКМ в модельных молочных средах с целью оценки возможности прогнозирования их влияния на процессы выработки и созревания сыров

Исследование динамики развития и метаболизма основной кислотообразующей микрофлоры *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Str. thermophilus* в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыра

Испытанные штаммы *Lc. lactis* (рисунок 2 а) и *Lc. cremoris* (рисунок 3 а) в модельных молочных средах независимо от фактора воздействия развиваются с минимальными отклонениями от средних значений. Через 1 час культивирования (время свертывания и начала обработки сгустка) при температуре $(31 \pm 1)^\circ\text{C}$, как у штаммов *Lc. lactis*, так и *Lc. cremoris*, отмечается увеличение жизнеспособных клеток на $(0,3 \pm 0,1)$ порядка. Как температура второго нагревания $(41 \pm 1)^\circ\text{C}$, независимо от наличия/отсутствия МСФ, так и температура созревания сыров $(11 \pm 1)^\circ\text{C}$ негативно влияют на развитие и кислотообразование всех исследуемых штаммов лактококков. Возможность незначительного развития культур *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* при $(11 \pm 1)^\circ\text{C}$ и концентрации соли 4 % в модельных молочных средах, зависит от конкретного штамма.

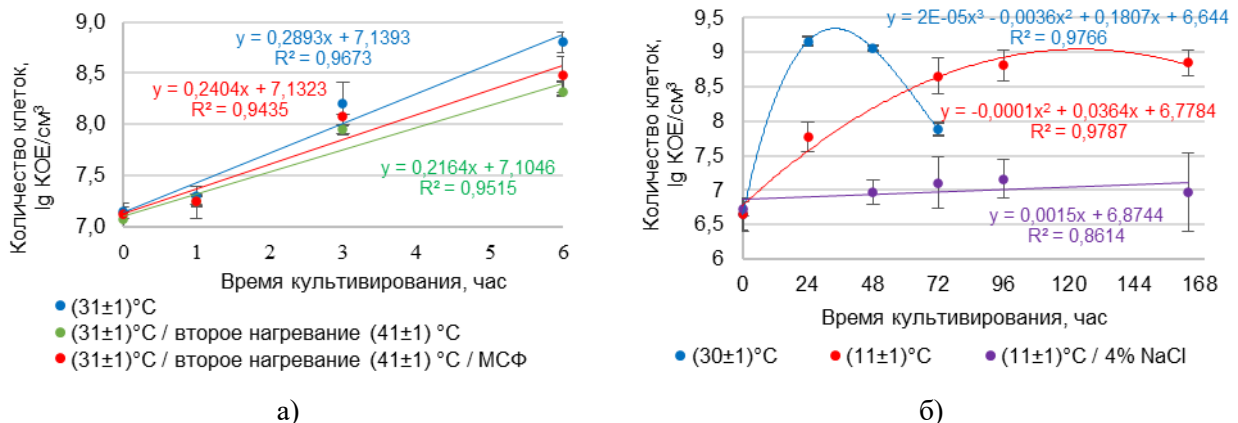


Рисунок 2 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *Lc. lactis*

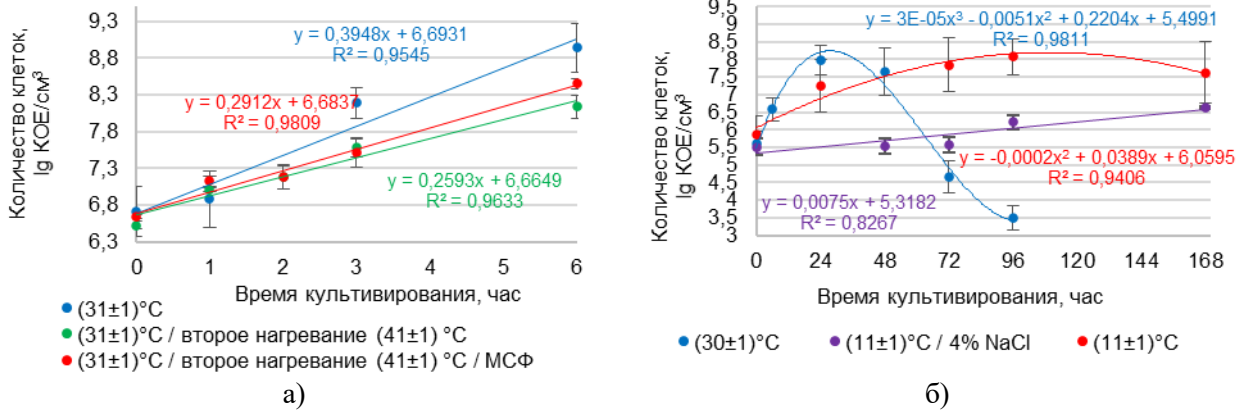


Рисунок 3 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *Lc. cremoris*

Штаммы *Str. thermophilus* более интенсивно развиваются (рисунок 4 а) и сбраживают лактозу (рисунок 5 а) при переходе от температуры свертывания (31 ± 1) °С к температуре второго нагревания (41 ± 1) °С, что приводит к увеличению количества жизнеспособных клеток на порядок и приросту титруемой кислотности на $(35,0 \pm 0,5)$ °Т. При (11 ± 1) °С культивирования в молочных средах как с 4 % NaCl, так и без соли, в отличие от лактококков, все без исключения штаммы *Str. thermophilus* не размножаются, о чем свидетельствует полное отсутствие увеличения количества жизнеспособных клеток и прироста титруемой кислотности.

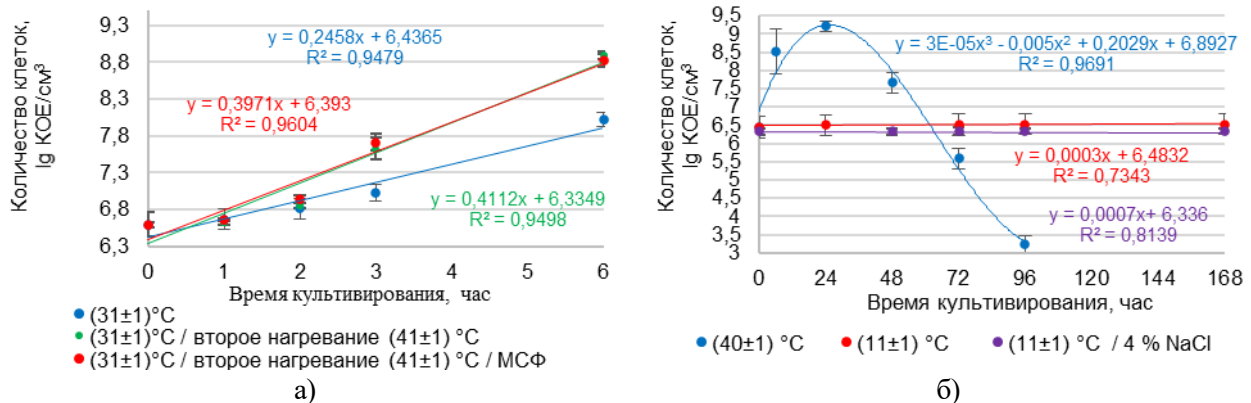


Рисунок 4 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *Str. thermophilus*

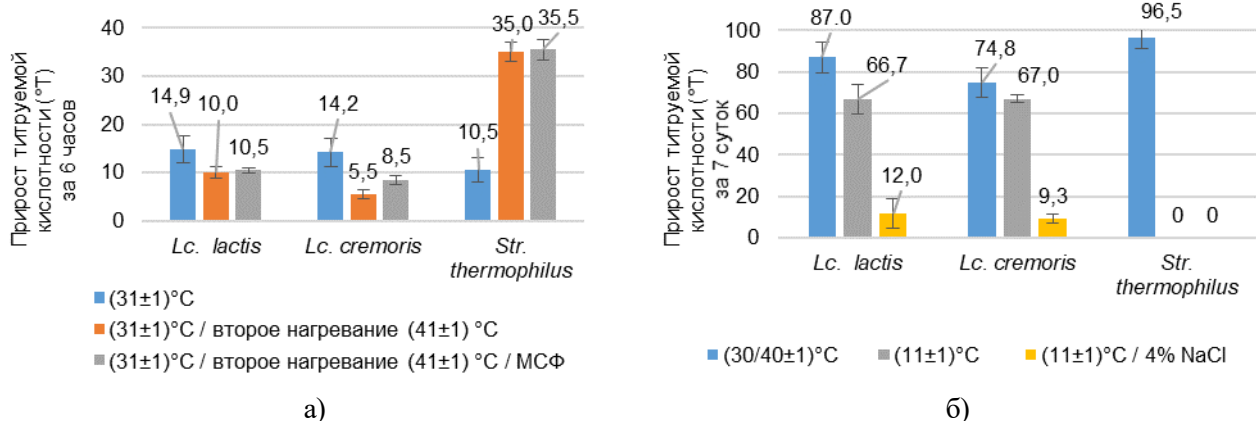


Рисунок 5 – Средние значения прироста титруемой кислотности при развитии основной кислотообразующей микрофлоры в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки (а) и созревания (б) сыров

Исследование динамики развития и метаболизма газо- и ароматообразующих МКМ *Lc. diacetylactis* и *Leuconostoc* в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыра

Все штаммы *Lc. diacetylactis* (рисунок 6 а) при температуре свертывания (31 ± 1) °С развиваются и метаболизируют лактозу интенсивнее, чем штаммы *Leuconostoc* (рисунок 7 а). За время выработки сыра (6 часов) прирост жизнеспособных клеток составил ($2,5 \pm 0,2$) порядка для *Lc. diacetylactis* и ($1 \pm 0,1$) порядок для *Leuconostoc*, а увеличение титруемой кислотности – (15 ± 5) °Т и ($4,3 \pm 2,0$) °Т соответственно (рисунок 8 а). В условиях, имитирующем второе нагревание отмечается незначительное снижение роста и кислотообразования штаммов обоих видов. Температура созревания сыра (11 ± 1) °С оказывает негативное влияние на рост клеточной популяции (рисунок 6 б и 7 б) и процессы сбраживания лактозы (рисунок 8 б) штаммами *Leuconostoc*. Сочетание температуры созревания (11 ± 1) °С и 4 % NaCl существенно замедляет рост и кислотообразование обоих видов. Однако чувствительность к пониженной температуре и наличию соли в молочной среде во многом зависит от штамма.

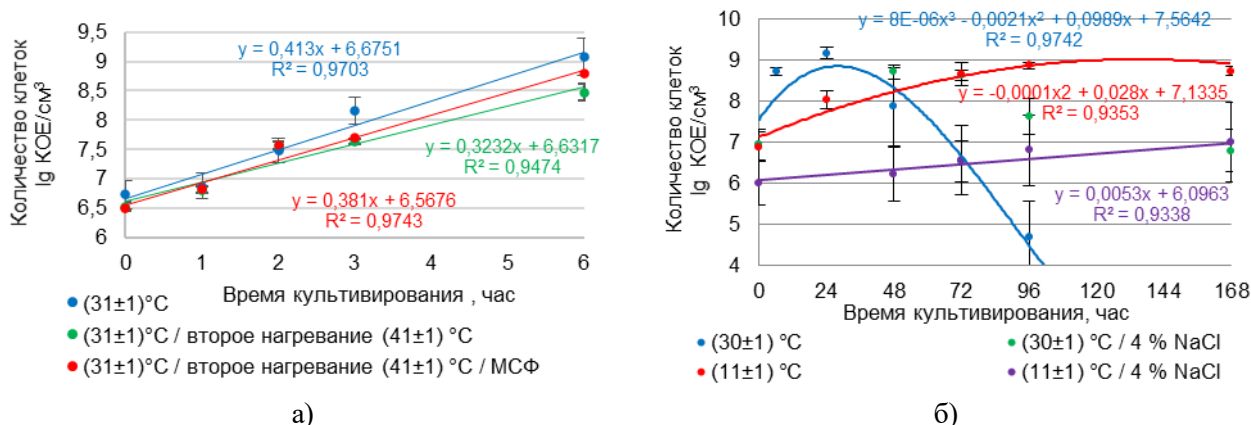


Рисунок 6 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *Lc. diacetylactis*

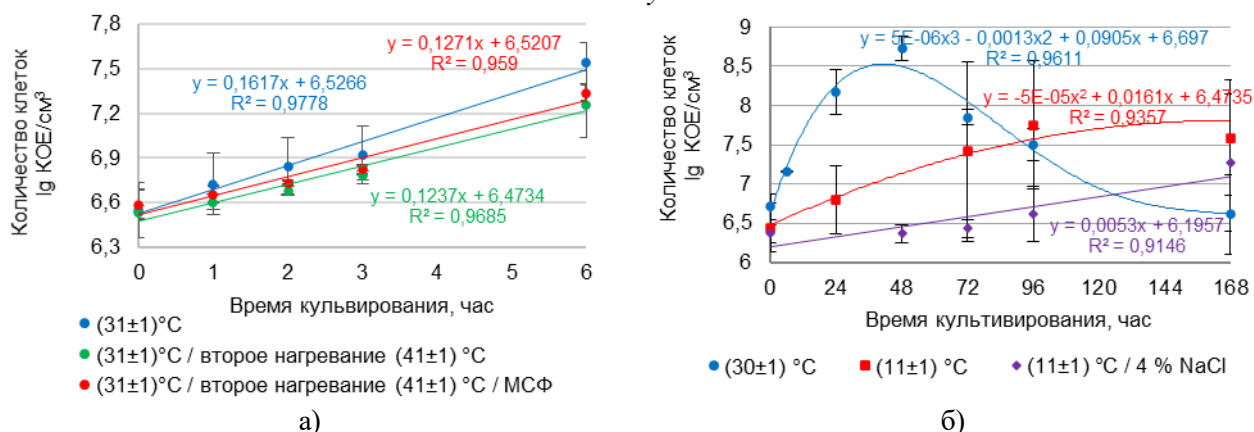


Рисунок 7 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *Leuconostoc*

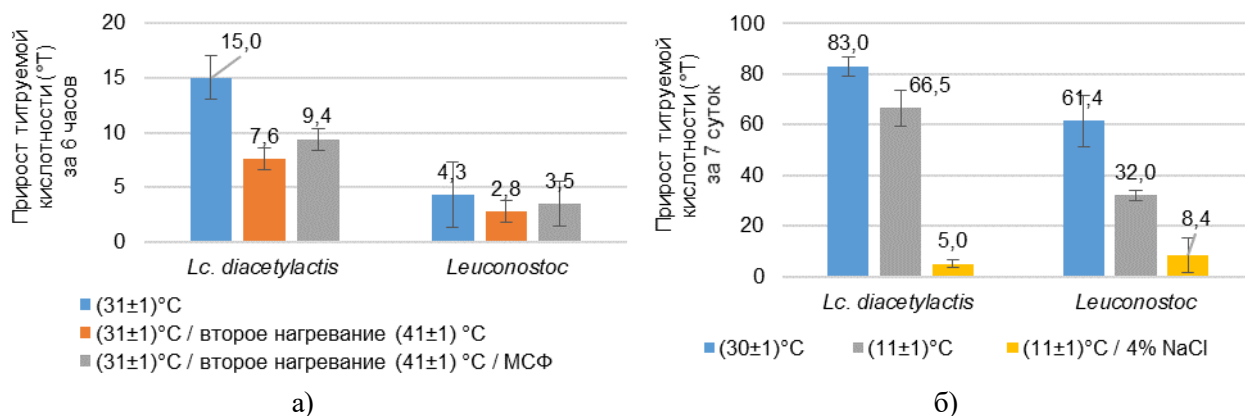


Рисунок 8 – Средние значения прироста титруемой кислотности при развитии газо- и ароматообразующей микрофлоры в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки (а) и созревания (б) сыров

Исследование динамики развития и метаболизма мезофильных лактобацилл видов *L. plantarum* и *L. casei* в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыра

За 6 часов культивирования в модельных молочных средах при (31±1) °C более интенсивное развитие (рисунок 9 а) и кислотообразование (рисунок 11 а) наблюдается у штаммов *L. casei*, чем у штаммов *L. plantarum*. При оптимальной температуре максимальный урожай клеток достигается к 48 часам у штаммов *L. casei* (рисунок 10 б) и к 72 часам у *L. plantarum* (рисунок 9 б). Режимы второго нагревания не значительно влияют на процессы развития и кислотообразования мезофильных палочек (рисунки 9 а, 10 а, 11 а).

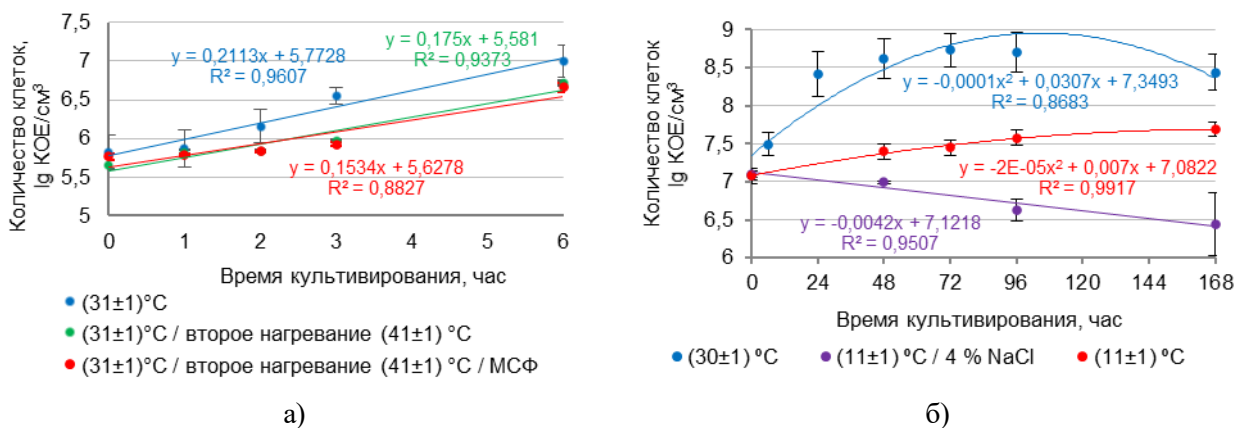


Рисунок 9 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *L. plantarum*

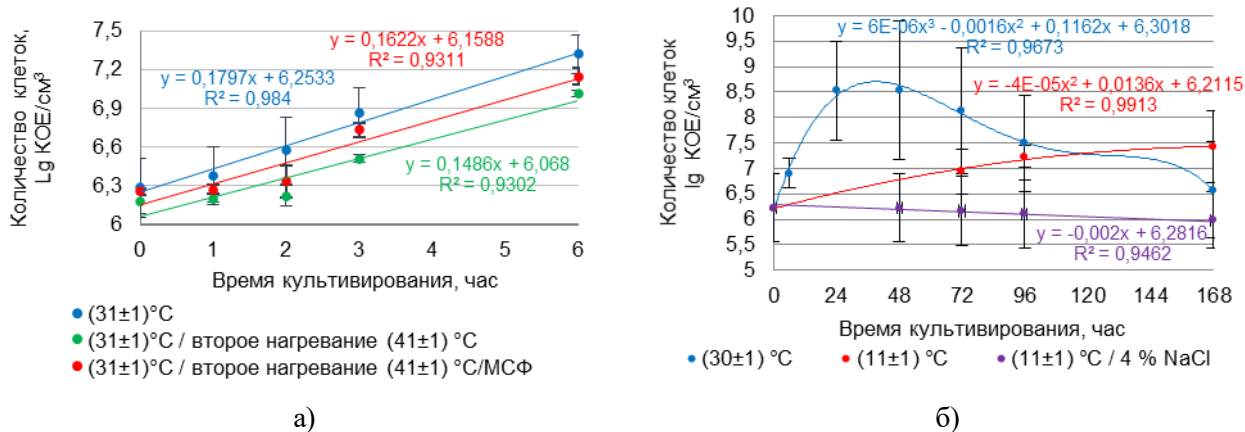


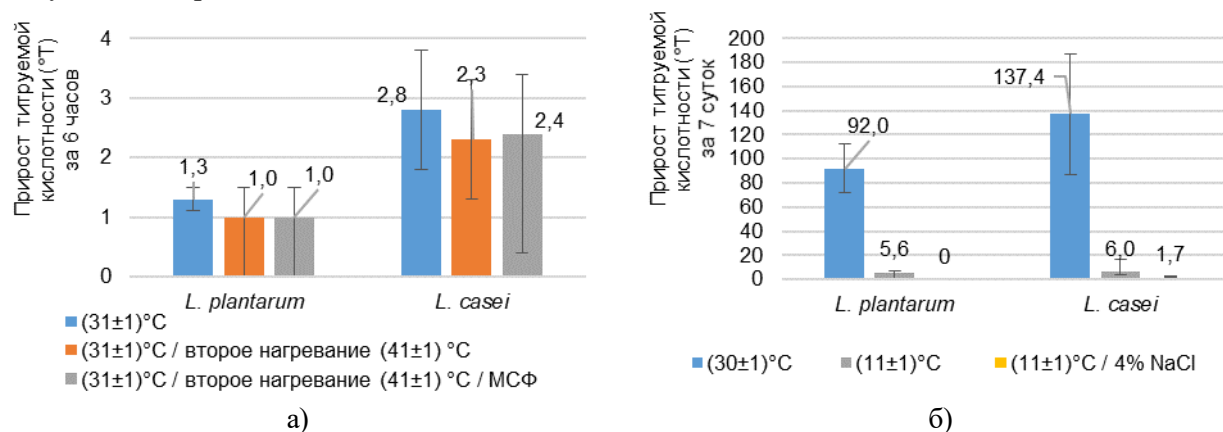
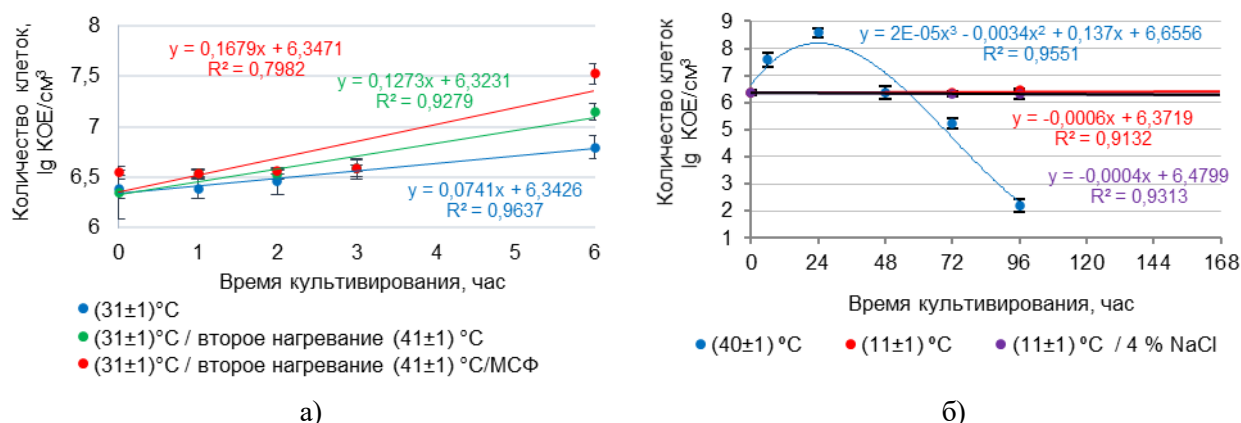
Рисунок 10 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *L. casei*

Рисунок 11 – Средние значения прироста титруемой кислотности при развитии мезофильных лактобацилл в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки (а) и созревания (б) сыров

При (11±1) °С интенсивность развития и кислотообразования (рисунок 11 б) *L. plantarum* и *L. casei* снижается, но не приостанавливается. В условиях созревания все исследованные штаммы *L. plantarum* и *L. casei* не развиваются.

Исследование динамики развития и метаболизма штаммов термофильных лактобацилл *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* и *L. helveticus* в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания сыра

Температура второго нагревания (41±1) °С интенсифицирует процессы развития (рисунок 12 а, 13 а, 14 а) и кислотообразования (рисунок 15 а) штаммов термофильных молочнокислых палочек, увеличивая количество жизнеспособных клеток и титруемую кислотность. Все испытанные штаммы термофильных палочек не способны расти и осуществлять процессы кислотообразования в условиях созревания (рисунок 12 б, 13 б, 14 б, 15 б).

Рисунок 12 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *L. bulgaricus*

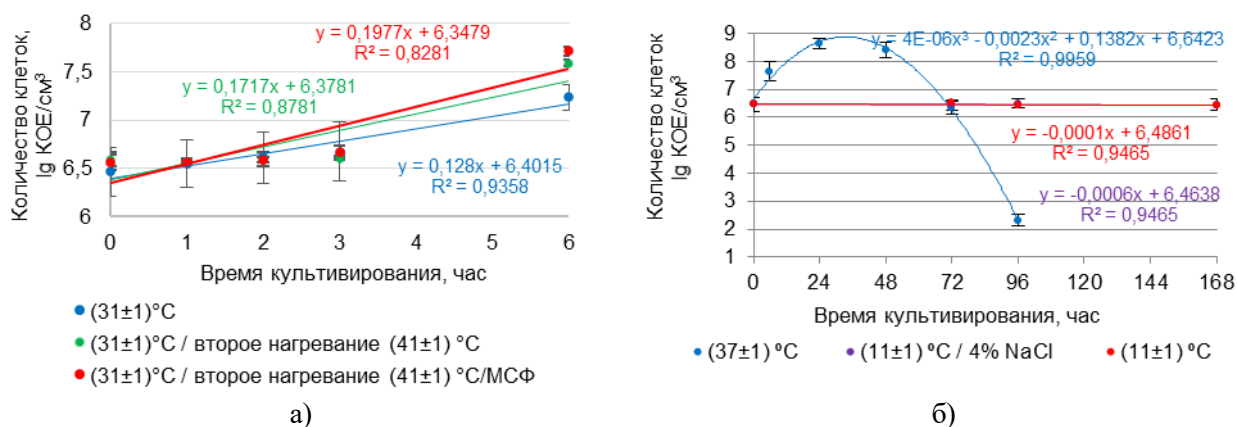


Рисунок 13 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *L. acidophilus*

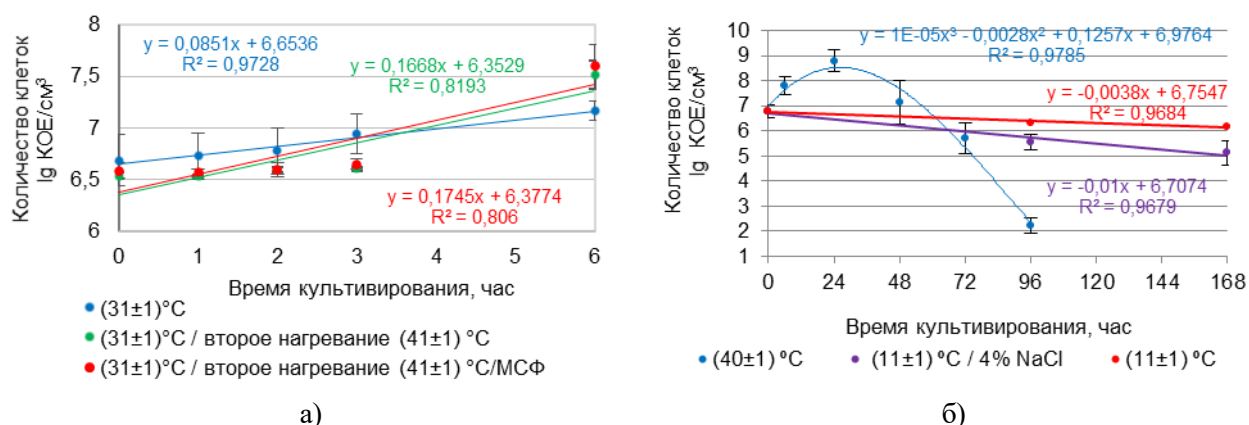


Рисунок 14 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток *L. helveticus*

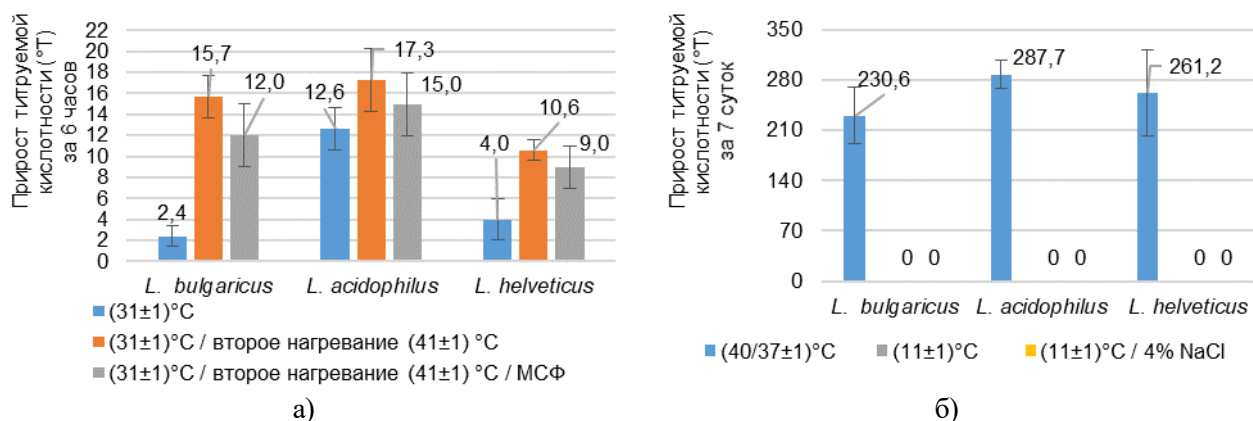


Рисунок 15 – Средние значения прироста титруемой кислотности при развитии термофильных лактобацилл в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки (а) и созревания (б) сыров

Анализируя результаты динамики развития и кислотообразования различных видов МКМ в молочных средах, имитирующих температурные и временные режимы выработки и созревания сыров, с высоким уровнем статистической достоверности доказано, что особенности развития и кислотообразования культур в разной степени зависят от совокупности температурных и временных условий культивирования и состава молочной среды.

3.2 Исследование процессов развития и метаболизма молочнокислых заквасочных микроорганизмов при выработке модельных сыров

Проведено 30 экспериментальных выработок модельных сыров с моновидовыми культурами МКМ. Анализ бактериального пейзажа молочных смесей до внесения заквасочной микрофлоры показал отсутствие значимых для сыроделия микроорганизмов порчи, таких как БГКП, споровых анаэробных микроорганизмов рода *Clostridium*, споровых факультативно анаэробных микроорганизмов рода *Bacillus*, дрожжей и плесневых грибов в 1 см³ смеси. Исходное количество заквасочных микроорганизмов во всех вариантах выработок сыра было на уровне 10⁶ КОЕ/см³, что позволят осуществлять сравнительную оценку влияния конкретных видов заквасочных микроорганизмов на ход технологического процесса производства сыров.

До второго нагревания во всех вариантах сыров наблюдается незначительный прирост клеток, а после второго нагревания к концу выработки количество жизнеспособных клеток увеличилось относительно исходного в сырах с *Str. thermophilus* на 2,3 порядка, с *Lc. lactis* – 1,7 порядка, с *Lc. diacetylactis* и *L. casei* – на 1,8 порядка, в сырах с *Leuconostoc* subsp. – 1 порядок, с *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. helveticus* – 0,9 порядка, и с *L. acidophilus* и *Lc. cremoris* – на 0,5 порядка.

Данные молочнокислого процесса в сырах после пресса представлены в таблице 1. Варианты сыров, выработанных с использованием лактококков и *Str. thermophilus* достигают требуемого уровня активной кислотности. В сырах, выработанных с *Leuconostoc*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*, кислотность за время выработки не снижалась, что значительно затрудняет отделение сыворотки. В сырах после пресса с культурами *L. acidophilus* и *L. helveticus* выявлено наличие глюкозы и галактозы, как промежуточных продуктов гликолиза.

Таблица 1 – Физико-химические показатели и гликолиз сыров после пресса

Вид МКМ	Лактоза, %	Глюкоза, %	Галактоза, %	Активная кислотность, ед. pH
<i>Lc. lactis</i>	2,71±0,06	-	-	5,39±0,03
<i>Lc. cremoris</i>	3,13±0,04	-	-	5,74±0,04
<i>Str. thermophilus</i>	1,42±0,07	-	0,33±0,02	5,20±0,04
<i>Lc. diacetylactis</i>	2,48±0,06	-	-	5,38±0,12
<i>Leuconostoc</i>	3,81±0,07	-	-	6,52±0,03
<i>L. casei</i>	3,74±0,02	-	-	6,52±0,04
<i>L. plantarum</i>	3,75±0,07	-	-	6,65±0,03
<i>L. bulgaricus</i>	3,54±0,02	-	-	6,42±0,01
<i>L. acidophilus</i>	1,91±0,05	0,22±0,05	0,19±0,05	6,64±0,02
<i>L. helveticus</i>	0,90±0,05	0,51±0,01	0,44±0,03	6,34±0,05

Для оценки возможностей роста и развития заквасочной микрофлоры в условиях выработки сыров, были проведены расчеты кинетических параметров экспоненциального роста в модельных молочных средах и сырах. Результаты представлены в таблице 2.

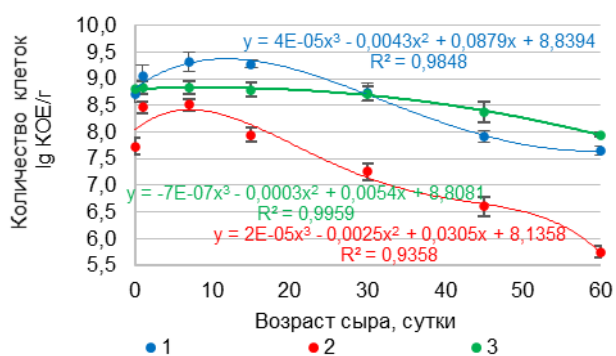
Таблица 2 – Кинетические параметры экспоненциального роста культур в условиях выработки в модельной молочных средах и сырах.

Вид МКМ		ν , час ⁻¹	g, час	n, час
<i>Lc. lactis</i>	МС	0,953±0,161 ^a	1,328±0,181 ^a	4,518±0,392 ^a
	п/п	0,991±0,175 ^a	1,229±0,167 ^a	4,946±0,402 ^a
<i>Lc. cremoris</i>	МС	0,891±0,134 ^a	1,122±0,120 ^a	5,348±0,514 ^a
	п/п	0,223±0,111 ^b	5,241±2,321 ^b	1,335±0,665 ^b
<i>Str. thermophilus</i>	МС	1,229±0,152 ^a	0,814±0,110 ^a	7,375±0,387 ^a
	п/п	1,314±0,064 ^a	0,762±0,031 ^a	7,884±0,366 ^a
<i>Lc. diacetylactis</i>	МС	0,976±0,044 ^a	1,026±0,046 ^a	5,857±0,262 ^a
	п/п	1,017±0,112 ^a	0,993±0,119 ^a	6,101±0,732 ^a
<i>Leuconostoc</i>	МС	0,552±0,039 ^a	1,818±0,125 ^a	3,310±0,233 ^a
	п/п	0,578±0,053 ^a	1,739±0,159 ^a	3,470±0,316 ^a
<i>L. casei</i>	МС	0,463±0,037 ^a	2,168±0,168 ^a	2,779±0,221 ^a
	п/п	0,829±0,069 ^b	1,212±0,097 ^b	4,972±0,415 ^b
<i>L. plantarum</i>	МС	0,476±0,015 ^a	2,102±0,066 ^a	2,857±0,088 ^a
	п/п	1,065±0,055 ^b	0,941±0,050 ^b	6,389±0,333 ^b
<i>L. bulgaricus</i>	МС	0,467±0,103 ^a	2,212±0,480 ^a	2,801±0,618 ^a
	п/п	0,777±0,310 ^b	1,409±0,457 ^b	4,662±1,321 ^b
<i>L. acidophilus</i>	МС	0,637±0,530 ^a	1,578±0,130 ^a	3,820±0,317 ^a
	п/п	0,314±0,050 ^b	3,242±0,513 ^b	1,882±0,300 ^b
<i>L. helveticus</i>	МС	0,544±0,151 ^a	1,956±0,642 ^a	3,267±0,907 ^a
	п/п	0,538±0,144 ^a	2,007±0,632 ^a	3,167±0,807 ^a
Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца для конкретной культуры, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$)				

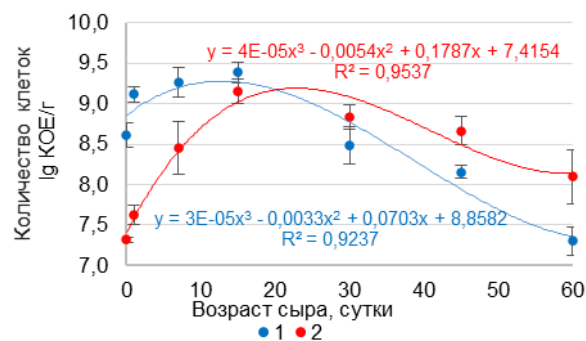
Установлено, что процесс выработки сыров различным образом влияет на скорость развития и кислотообразование заквасочных культур, что отличается от хода процессов, наблюдаемых в молочных средах, имитирующих температурные и временные режимы выработки сыров.

3.3 Исследование процессов развития и метаболизма молочнокислых заквасочных микроорганизмов при созревании сыров

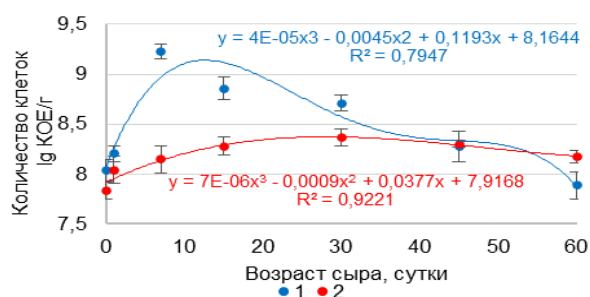
Максимум количества жизнеспособных клеток (рисунок 16) достигается в сырах с *Str. thermophilus*, *Lc. cremoris*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. helveticus* сразу после посолки; с *Lc. lactis* и *L. casei* на 7 сутки созревания, а в сырах с *Lc. diacetylactis*, *Leuconostoc*, *L. plantarum* на 15 сутки. В сырах с *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. helveticus* и *L. acidophilus* не отмечается процессов развития в течение всего срока созревания. В процессе созревания наиболее интенсивно вымирают штаммы *Lc. cremoris*, что можно объяснить более низкой устойчивостью к внешним факторам.



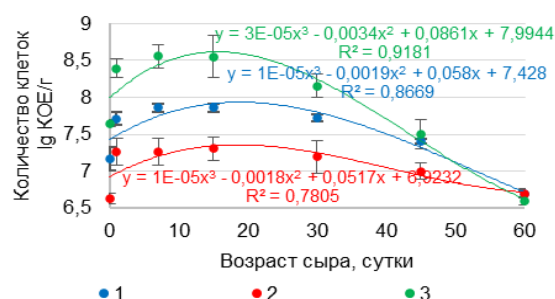
1 – *Lc. lactis*; 2 – *Lc. cremoris*;
3 – *Str. thermophilus*



1 – *Lc. diacetylactis*; 2 – *Leuconostoc*



1 – *L. casei*; 2 – *L. plantarum*



1 – *L. bulgaricus*; 2 – *L. acidophilus*;
3 – *L. helveticus*

Рисунок 16 – Средние значения динамики изменения количества жизнеспособных клеток заквасочной микрофлоры в процессе созревания сыров

Таблица 3 – Динамика процесса гликолиза и кислотообразования в модельных сырах в процессе созревания

Вид МКМ	Лактоза, %	Глюкоза, %	Галактоза, %	Молочная кислота, %	Активная кислотность, ед. рН
Сыр 15 суток					
<i>Lc. lactis</i>	0,39±0,04	-	-	1,91±0,03	4,92±0,05
<i>Lc. cremoris</i>	0,41±0,03	-	-	1,90±0,14	4,90±0,06
<i>Str. thermophilus</i>	0,71±0,05	-	0,59±0,13	1,21±0,02	5,15±0,05
<i>Lc. diacetylactis</i>	0,34±0,05	-	-	1,91±0,03	4,95±0,07
<i>Leuconostoc</i>	0,40±0,05	-	-	1,55±0,14	5,11±0,05
<i>L. casei</i>	0,84±0,05	-	-	1,31±0,07	5,01±0,05
<i>L. plantarum</i>	2,10±0,05	-	-	0,12±0,05	5,96±0,04
<i>L. bulgaricus</i>	0,27±0,03	0,22±0,02	0,55±0,01	1,07±0,06	5,44±0,05
<i>L. acidophilus</i>	-	0,72±0,05	0,91±0,05	0,47±0,05	5,48±0,02
<i>L. helveticus</i>	-	-	-	2,21±0,01	4,72±0,05
Сыр 30 суток					
<i>Lc. lactis</i>	-	-	-	2,20±0,01	4,92±0,02
<i>Lc. cremoris</i>	-	-	-	2,19±0,28	4,90±0,05
<i>Str. thermophilus</i>	0,71±0,05	-	0,6±0,11	1,22±0,05	5,14±0,03
<i>Lc. diacetylactis</i>	-	-	-	2,21±0,01	4,71±0,05
<i>Leuconostoc</i>	-	-	-	2,20±0,28	4,73±0,06
<i>L. casei</i>	-	-	-	2,11±0,03	5,05±0,02
<i>L. plantarum</i>	1,95±0,05	-	-	0,30±0,05	5,96±0,05
<i>L. bulgaricus</i>	-	-	0,58±0,03	1,49±0,29	5,25±0,06
<i>L. acidophilus</i>	-	0,62±0,05	0,92±0,05	0,74±0,05	5,41±0,05
<i>L. helveticus</i>	-	-	-	2,31±0,05	4,72±0,04

Анализ процесса гликолиза (таблице 3) показывает, что при температуре созревания (11 ± 1) °С в сырах, выработанных с лактококками, *Leuconostoc*, *L. casei* и термофильными лактобациллами к 15 суткам лактоза практически сброжена. В сырах с *Str. thermophilus*, *L. bulgaricus* и *L. acidophilus* к 30 суткам созревания выявлено наличие промежуточных продуктов гликолиза, в том числе галактозы. В сырах с *L. plantarum* к 15 суткам созревания лактоза сбраживается в среднем на 40 % от исходного количества в сыре после пресса, что приводит к падению активной кислотности на (10 – 12) %.

При созревании сыров процессы ферментативного гидролиза казеинов проходят под действием экзоферментов МКМ и зависят от вида используемых МКМ. Анализ данных степени протеолиза (рисунок 17) показывает, что в сырах кондиционной зрелости с *L. casei* отмечена наибольшая степень протеолиза, а в сырах с *L. acidophilus* и *L. plantarum* протеолиз практически отсутствует. В сырах с лактококками, *L. bulgaricus* и *Str. thermophilus* степень протеолиза находится на уровне (15 – 17) %.

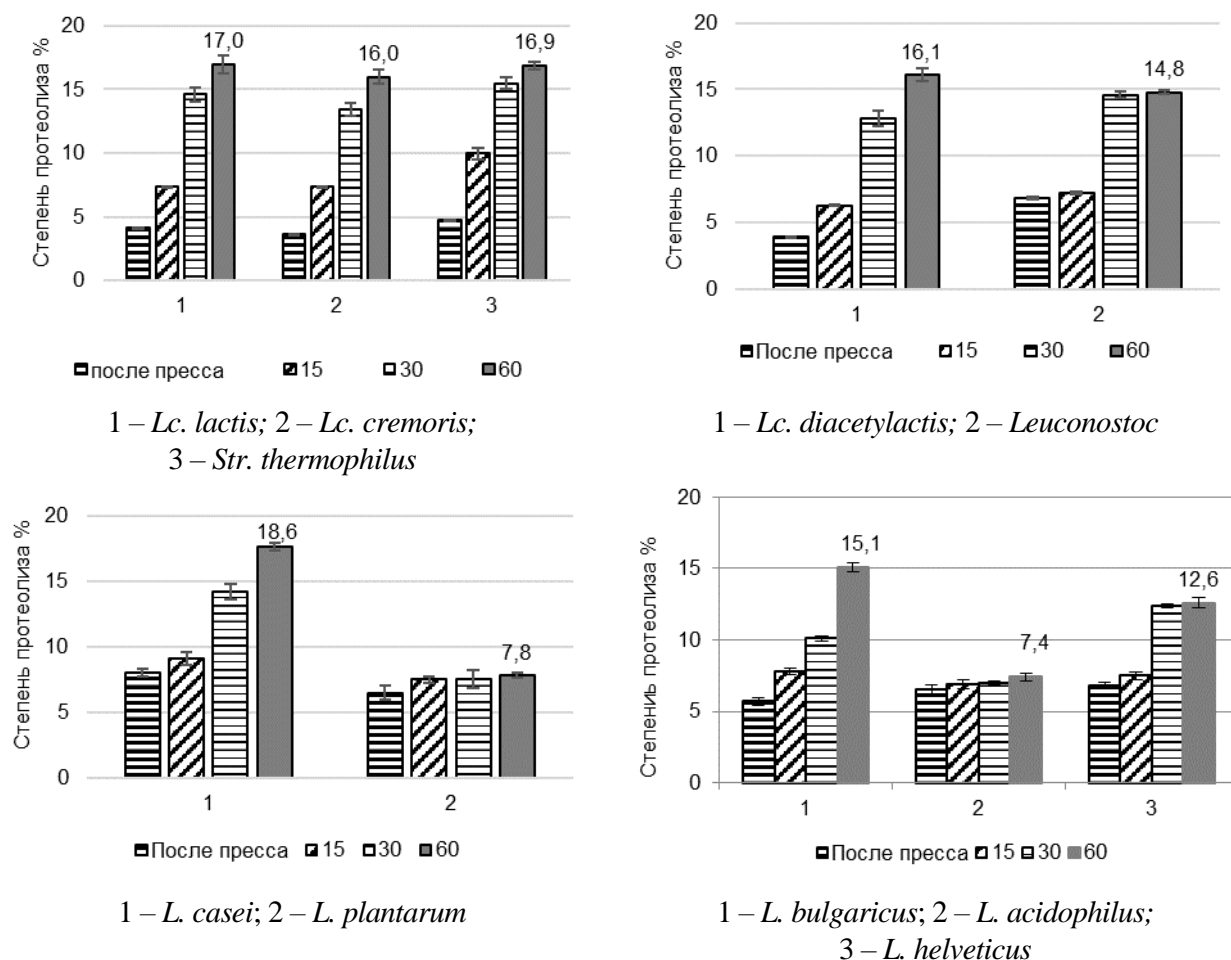


Рисунок 17 – Динамика изменения степени протеолиза в процессе созревания сыров

Данные степени протеолиза в сырах коррелируют с результатами хроматографического анализа молекулярно-массового распределения продуктов гидролиза белка в сырах после пресса и кондиционной зрелости, представленными на рисунках 18.

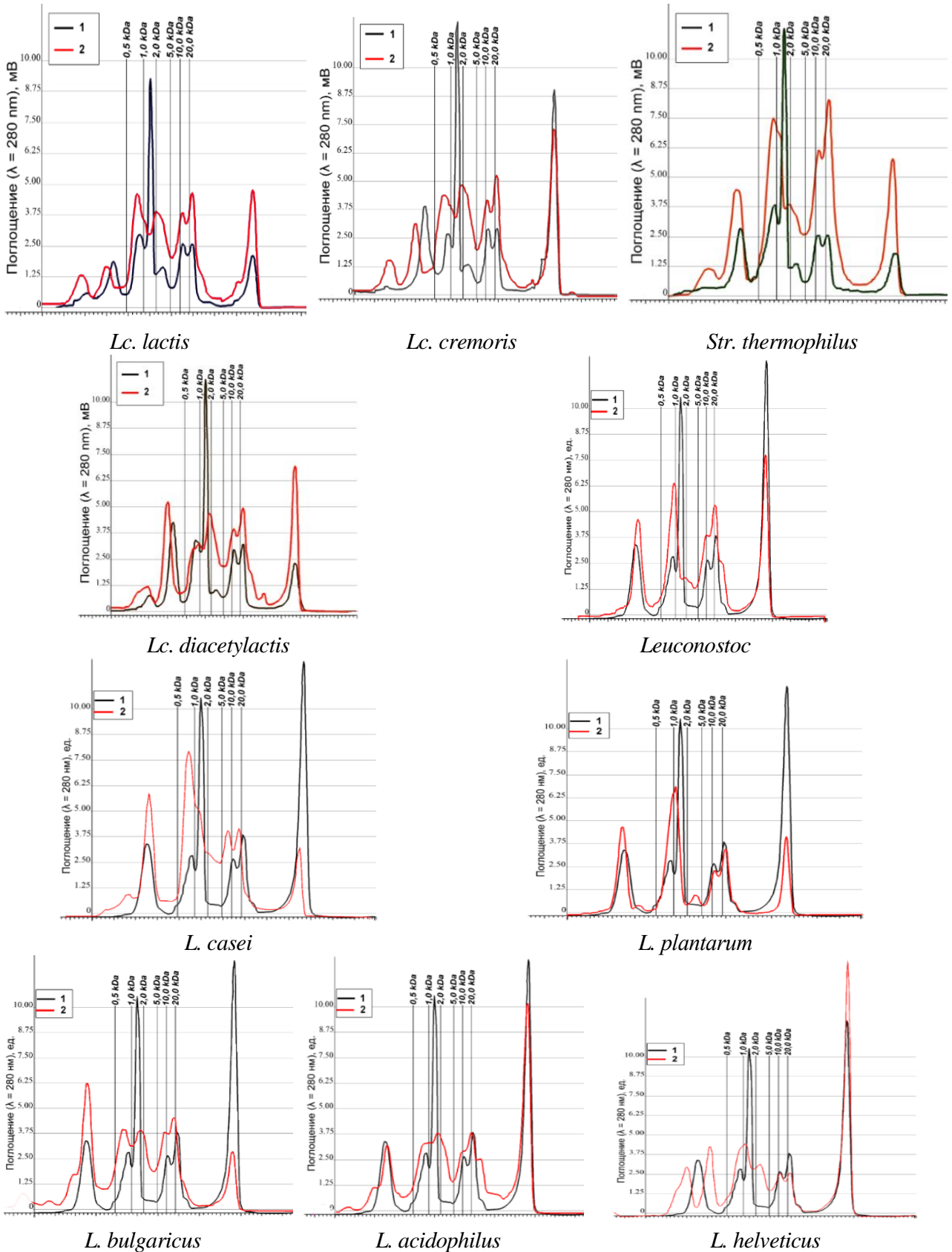


Рисунок 18 – Диаграмма молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза в сырах после пресса (1) и кондиционной зрелости (2)

Содержание ЛВАВ определяли в паровой фазе сыров после пресса и в возрасте кондиционной зрелости (в таблице 4).

Таблица 4 – Содержание ЛВАВ в паровой фазе сыров после пресса и кондиционной зрелости

Вид МО	Общее содержание ароматообразующих веществ, нА·с	
	Сыр после пресса	Сыр кондиционной зрелости
<i>Lc. lactis</i>	0,83±0,07	1,48±0,05
<i>Lc. cremoris</i>	0,81±0,06	1,01±0,05
<i>Str. thermophilus</i>	0,74±0,02	0,77±0,07
<i>Lc. diacetylactis</i>	0,96±0,07	1,76±0,05
<i>Leuconostoc</i>	0,81±0,04	1,53±0,06
<i>L. casei</i>	0,51±0,02	0,94±0,01
<i>L. plantarum</i>	0,41±0,01	0,47±0,02
<i>L. bulgaricus</i>	0,33±0,02	0,58±0,02
<i>L. acidophilus</i>	0,58±0,02	0,59±0,01
<i>L. helveticus</i>	0,41±0,02	0,77±0,03

Наибольшее количество ЛВАВ содержит паровая фаза сыров кондиционной зрелости, выработанных с использованием моновидовой культуры *Lc. diacetylactis* и *Leuconostoc* и не отмечено видимого накопления ЛВАВ в сырах с *Str. thermophilus*, *L. plantarum* и *L. acidophilus*. В сырах кондиционной зрелости с моновидовыми культурами МКМ *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. helveticus* качественный состав ЛВАВ представлен, главным образом, альдегидом (этаналь), в вариантах сыров с *Str. thermophilus* спиртом (пропанол-1), с *Leuconostoc* спиртом (этанол) и в сырах с *L. bulgaricus* альдегидом (пентаналь). Кроме вышеперечисленных альдегидов и спиртов в сырах с лактококками, *L. casei* и *L. bulgaricus* в разных концентрациях отмечалось наличие уксусной кислоты. В вариантах сыров с *L. helveticus* обнаружены метилкетоны, данные вещества характеризуются как придающие сыру «фруктовые», «цветочные» или «плесневелые» ноты.

3.4 Органолептическая оценка сыров, выработанных с использованием моновидовых культур МКМ

Все экспериментальные сыры в возрасте 30 и 60 суток созревания подвергались органолептической экспертизе, проводимой комиссией профессиональных экспертов ВНИИМС. Гистограмма основных дескрипторов вкуса модельных сыров кондиционной зрелости представлена на рисунке 19.

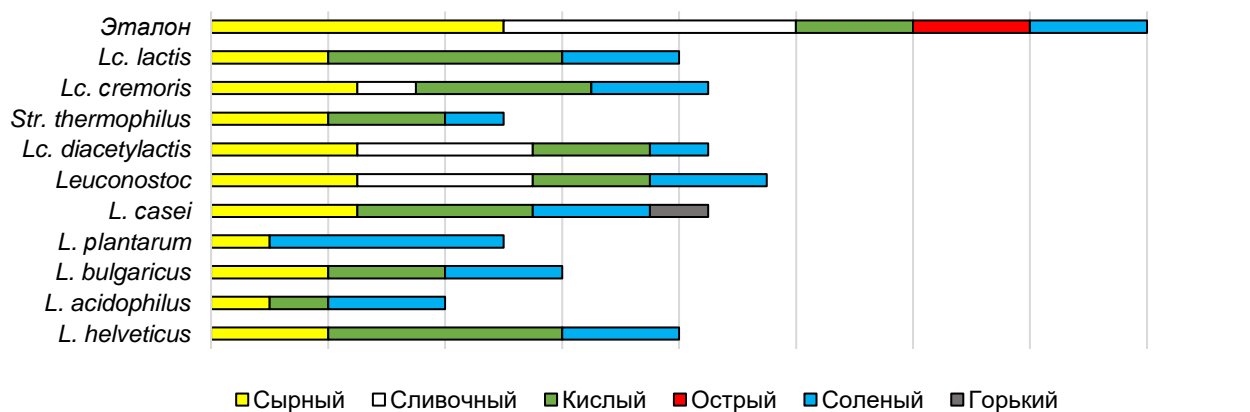


Рисунок 19 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса модельных сыров кондиционной зрелости

Сыры с моновидовыми культурами имели недостаточно выраженный сырный вкус и аромат. В сырах с *Lc. lactis* и *L. helveticus* преобладал кислый вкус, с *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis* и *Leuconostoc* – сливочный аромат, в сыре с *L. casei* – горечь. В качестве эталона сравнения приведены дескрипторы для Голландского сыра в соответствии с учетом потребительских предпочтений. Консистенцию модельных сыров в процессе созревания оценивали органолептически (таблица 5), при этом ни один из вариантов не имел консистенцию, характерную для данной группы сыров. В сырах кондиционной зрелости более высокую оценку за консистенцию получили сыры, выработанные с *Lc. diacetylactis*.

Таблица 5 – Консистенция сыров

Вид МО	Возраст, сутки			
	30 сут		60 сут	
	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл
<i>Lc. lactis</i>	Вязкая, ломкая	22±1	Мажущаяся, несвязная	22±1
<i>Lc. cremoris</i>	Слегка несвязная	23±1	Мажущаяся.	22±1
<i>Str. thermophilus</i>	Плотная	24±1	Плотная, несвязная	22±1
<i>Lc. diacetylactis</i>	Слегка пластичная	23±1	Эластичная	23±1
<i>Leuconostoc</i>	Пластичная	23±1	Липкая, пластичная	22±1
<i>L. casei</i>	Плотная, несвязная	22±1	Мажущаяся	22±1
<i>L. plantarum</i>	Плотная, несвязная	22±1	Плотная	22±1
<i>L. bulgaricus</i>	Вязкая	22±1	Слегка плотная	22±1
<i>L. acidophilus</i>	Однородная, плотная	22±1	Однородная, плотная	22±1
<i>L. helveticus</i>	Плотная	23±1	Плотная, слегка ломкая	22±1

Важным показателем качества созревающих сыров, формируемых из пласта, является рисунок. В сырах, формируемых из пласта, рисунок формируется в результате жизнедеятельности газообразующей заквасочной микрофлоры сыра в процессе созревания в виде глазков различного размера и формы (рисунок 20).

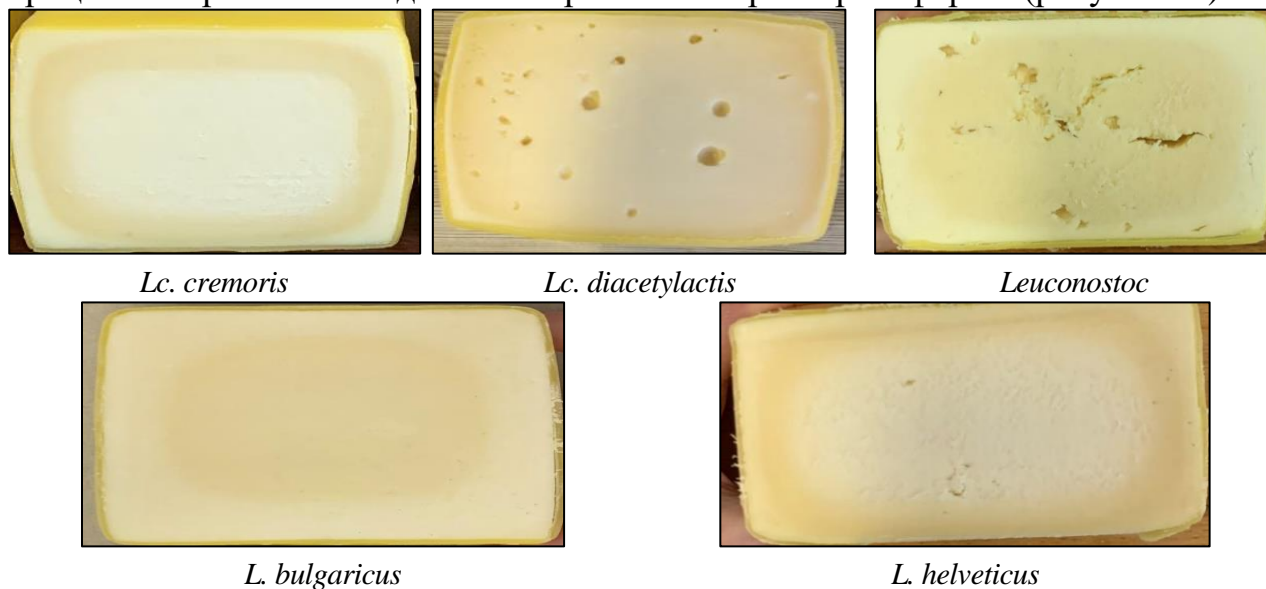


Рисунок 20 – Фотографии экспериментальных сыров в кондиционном возрасте

В вариантах сыров, выработанных с *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Str. thermophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* и

L. helveticus наблюдается отсутствие рисунка. В сырах, выработанных с *Lc. diacetylactis*, рисунок равномерный с глазками правильной формы. В сырах с *Leuconostoc* рисунок переразвитый, состоящий из глазков неправильной формы и трещин. Сыры, выработанные с *Lc. cremoris*, имели наиболее выраженный ореол, который появился на начальных сроках созревания и сохранялся до кондиционной зрелости сыра, что является значимым пороком при оценке внешнего вида сыров. В сырах с *Leuconostoc* на протяжении всего срока созревания так же отмечался неравномерно окрашенный цвет сырного теста с более выраженным центром.

На основании полученной органолептической оценки модельных сыров, выработанных с использованием моновидовых культур, можно с определенной долей вероятности прогнозировать перспективы получения сыров с определенными потребительскими характеристиками и рисками снижения их качества.

В четвертой главе представлены основные положения МП 021–2023 «Общие и специфические требования к бактериальным закваскам с учетом состава микрофлоры, количества жизнеспособных клеток, физического состояния и особенностей технологии производства сыров», которые разработаны на основе анализа научно-технической литературы, обобщения многолетнего опыта работы специалистов ВНИИМС по подбору культур в состав бактериальных заквасок и статистически достоверных результатов проведенных исследований. МП 021–2023 конкретизируют целесообразность использования определенных видов/подвидов заквасочных культур с учетом особенностей их развития и метаболизма для обеспечения молочнокислого процесса во время выработки сыров, а также процессов гликолиза, протеолиза и вкусообразования в процессе созревания.

Результаты работы имеют народнохозяйственное значение, так как могут быть использованы предприятиями отрасли при подборе бактериальных заквасок для получения сыров высокого качества с определенными потребительскими характеристиками.

ВЫВОДЫ

1. Проведен мониторинг динамики развития и кислотообразования МКМ в модельных молочных средах в условиях, имитирующих режимы выработки и созревания полутвердых сыров. Установлено, что данный подход может быть использован для оценки «характера поведения» культур в процессе выработки сыров, но не созревания. Для прогноза влияния конкретного вида заквасочных МО на процесс созревания и формирование органолептических показателей сыров необходимо проводить исследования процессов в модельных сырах.

2. Экспериментально подтверждено, что для обеспечения нормального протекания молочнокислого процесса при выработке сыров достаточно использовать культуры *Lc. lactis*, *Lc. diacetylactis* и *Str. thermophilus*. При использовании *Lc. cremoris* необходимо снижение температуры второго нагревания. *L. casei*, *L. plantarum* и *Leuconostoc* не обеспечивают достаточного уровня молочнокислого процесса во время выработки сыра за счет низкой

кислотообразующей активности, а *L. acidophilus*, *L. bulgaricus* и *L. helveticus* – за счет медленного развития.

3. Установлено, что в процессе созревания сыров штаммы лактококков, *Leuconostoc*, мезофильных палочек продолжают развиваться и могут быть отнесены к созревательным культурам. *Str. thermophilus* и термофильные палочки в условиях созревания приостанавливают развитие, однако процессы идут под действием ферментов, выделенных клетками во время выработки и на первых этапах созревания. Полученные результаты позволяют прогнозировать интенсивность и направленность процессов гликолиза, протеолиза и вкусообразования при созревании сыров, выработанных с использованием конкретных видов заквасочных микроорганизмов.

4. Полученные результаты позволяют с определенной долей вероятности прогнозировать влияние конкретных видов заквасочных микроорганизмов на формирование органолептических показателей полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания и оценить риски снижения потребительских характеристик готового продукта. Все модельные сыры, выработанные на моновидах культур, не обладали достаточно выраженным сырным вкусом. Избыточное содержание *Lc. lactis* и *L. helveticus* в полутвердых сырах является риском излишне кислого вкуса; *L. casei* – горечи; *L. plantarum* и *L. acidophilus* – пустого вкуса; *L. helveticus* – специфических пряных нот. Для сыров с *Lc. lactis*, *Lc. cremoris* и *L. casei* существует риск формирования мажущей консистенции; для сыров с *Str. thermophilus*, *L. plantarum* и термофильными палочками – излишне плотной консистенции, а с *Leuconostoc* – липкой пластичной консистенции. Избыточное количество *Leuconostoc* в сырах приводит к переразвитому щелевидному рисунку, а с *Lc. cremoris*, *L. helveticus* и *L. bulgaricus* связан риск образования устойчивого ореола.

5. Разработаны методические положения МП 021–2023 «Общие и специфические требования к бактериальным закваскам с учетом состава микрофлоры, количества жизнеспособных клеток, физического состояния и особенностей технологии производства сыров» для научно обоснованного подбора поливидовых бактериальных заквасок молокоперерабатывающими предприятиями, с учетом их видового состава и соотношения культур, исходя из возможности их развития и метаболизма в условиях конкретных технологических режимов производства и требований к готовому продукту.

Список основных работ, опубликованных по материалам диссертации

Статьи в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science

1. Свириденко, Г.М. Особенности развития и метаболизма штаммов *Streptococcus thermophilus* при разных условиях глубинного жидкофазного культивирования / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Е.С. Данилова // Пищевые системы. – 2023. – Том 6. – № 4. – С. 512–518. DOI:10.21323/2618-9771-2023-6-4-512-518
2. Sviridenko, G.M. 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 culture of *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* / G M Sviridenko, **O M Shukhalova**// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – № 1052. – С. 012062. DOI:10.1088/1755-1315/1052/1/012062

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в RSCI

3. Свириденко, Г.М. Молочные лактококки как основной кислотообразующий компонент / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2019. – № 4. – С. 30–33. DOI: 10.31515/1019-8946-2019-4-30-33
4. Свириденко, Г.М. Свойства сливочных лактококков как одного из основных компонентов бактериальных заквасок для ферментируемых молочных продуктов, в том числе сыров / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2019. – № 5. – С. 48–51. DOI: 10.31515/1019-8946-2019-5-48-51
5. Свириденко, Г.М. Исследование свойств производственных штаммов *Streptococcus thermophilus*, с целью оценки возможности их использования в составе заквасок для сыроделия / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2019. – № 6. – с. 28–31. DOI: 10.31515/1019-8946-2019-6-28-31
6. Свириденко, Г.М. Лейконостоки, как газо-ароматообразующий компонент бактериальных заквасок для ферментируемых молочных продуктов, в том числе сыров / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2019. – № 7. – С. 16–19. DOI: 10.31515/1019-8946-2019-7-16-19
7. Свириденко, Г.М. Диацетильный лактококк, как компонент бактериальных заквасок для ферментируемых молочных продуктов, в том числе сыров / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2019. – № 8. – С. 21–24. DOI: 10.31515/1019-8946-2019-8-21-24
8. Свириденко, Г.М. Анализ особенностей микроорганизмов вида *Lactobacillus casei* с целью их использования в составе бактериальных заквасок сыров / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Д.С. Вахрушева // Молочная промышленность. – 2019. – № 9. – С. 38–40.
9. Свириденко, Г.М. Исследование свойств производственных штаммов *Lb. plantarum*, с целью оценки возможности их использования в составе заквасок для сыроделия / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Т.В. Комарова // Молочная промышленность – 2019. – № 12. – С. 50–52. DOI: 10.31515/1019-8946-2019-12-50-52
10. Свириденко, Г.М. Влияние температуры на развитие и метаболизм основной кислотообразующей заквасочной микрофлоры / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2020. – № 7. – С. 49–51. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-07-49-51
11. Свириденко, Г.М. Исследование свойств производственных штаммов *Lactobacillus bulgaricus* с целью оценки возможности их использования в составе заквасок для сыродения / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2020. – № 9. – С. 36–38. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-09-36-38
12. Свириденко, Г.М. Исследование свойств производственных штаммов *Lactobacillus helveticus* с целью оценки возможности их использования в составе заквасок для сыроделия / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Д.С. Вахрушева // Молочная промышленность. – 2020. – № 11. – С. 34–36. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-11-34-36.
13. Свириденко, Г.М. *Lactobacillus acidophilus* как компонент бактериальных заквасок для ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Е.Е. Ускова // Молочная промышленность. – 2020. – № 10. – С. 40–43. DOI: 10.31515/1019-8946-2020-10-40-43
14. Свириденко, Г.М. Анализ производственно значимых свойств мезофильных лактобацилл с целью их использования в составе бактериальных заквасок для сыроделия / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Д.С. Мамыкин // Молочная промышленность. – 2021. – № 6. – С. 52–54. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-06-52-54
15. Свириденко, Г.М. Развитие и метаболизм *Lc. lactis* subsp. *cremoris* при различных технологических приемах производства созревающих сыров / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Молочная промышленность. – 2022. – № 8. – С. 36–38. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-08-36-38

16. Свириденко, Г.М. Биотехнологические подходы улучшения органолептических характеристик полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания / Г.М. Свириденко, В.А. Мордвинова, **О.М. Шухалова**, Д.С. Мамыкин // Пищевая промышленность. – 2023. – № 2. – С. 56–60. DOI: 10.52653/PPI.2023.2.2.013

17. Свириденко, Г.М. Сравнительная оценка динамики развития и кислотообразования лактококков при технически значимых температурах / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова**, Д.С. Мамыкин // Молочная промышленность. – 2023. – № 6. – С. 78–83. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-6-18

Статьи в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов ВАК РФ (категории К1 и К2)

18. **Шухалова, О.М.** Основные критерии подбора заквасочных микроорганизмов в состав бактериальных заквасок для созревающих сыров / О.М. Шухалова // Пищевые системы. – 2021. – Том 4. – № 3S. – С. 315–320. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-315-320

19. Свириденко, Г.М. Особенности подбора состава бактериальных заквасок для производства сыров с низкой температурой второго нагревания / Г.М. Свириденко, **О.М. Шухалова** // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – № 4. – С. 22–25. DOI: 10.31515/2073-4018-2020-4-22-25

Статьи в сборниках трудов и материалах конференций

20. **Шухалова, О.М.** Сравнительная характеристика заквасочных микроорганизмов видов *Lc. lactis* и *Str. thermophilus* с целью подбора состава заквасок для созревающих сыров / О.М. Шухалова // XII Международная научно-практическая конференции молодых ученых и специалистов «Перспективные исследования и новые подходы к производству и переработке с/х сырья и продуктов питания», 29 – 30 октября 2019 г. – С. 376–380.

21. **Шухалова, О.М.** Значение диацетильного лактококка для формирования органолептических характеристик сыров Голландской группы / О.М. Шухалова // Сборник XV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы и современные решения в области пищевых систем» г. Москва, 20-22 сентября 2022 г. – С. 363–368.

Список используемых сокращений, приведенных в автореферате

МО – микроорганизмы; МКМ – молочнокислые микроорганизмы; КОЕ – колониеобразующие единицы; МСФ – молокосвертывающий сычужный фермент; МС – молочная смесь, условия которой имитируют процесс выработки; П/п – сыры после пресса; Модельные сыры – сыры выработанные в экспериментальных условиях ВНИИМС из молока, соответствующего требованиям безопасности и сыропригодности, по технологии сыра Голландский с использованием моновидовых культур МКМ; Модельные молочные среды – 10 % стерильное восстановленное молоко, обогащённое теми или иными ингредиентами, используемыми либо для выработки сыра (молокосвертывающий ферментный препарат в дальнейшем МСФ), либо в процессе созревания (NaCl); БГКП – бактерии группы кишечной палочки; ЛВАВ – летучие вкусоароматические вещества; ККТ – критическая контрольная точка; *Lc. lactis* – *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*; *Lc. cremoris* – *Lactococcus cremoris*; *Lc. diacetylactis* – *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*; *Str. thermophilus* – *Streptococcus thermophilus*; *Leuconostoc* – *Leuconostoc* subsp.; *L. plantarum* – *Lactiplantibacillus plantarum*; *L. casei* – *Lacticaseibacillus casei*; *L. bulgaricus* – *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*; *L. acidophilus* – *Lactobacillus acidophilus*; *L. helveticus* – *Lactobacillus helveticus*