

*На правах рукописи*



МАМЫКИН ДЕНИС СТАНИСЛАВОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ПОЛИВИДОВЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ**

4.3.3 – Пищевые системы,

4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва, 2025

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:** **Свириденко Галина Михайловна**  
доктор технических наук

**Официальные оппоненты:** **Мельникова Елена Ивановна**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

**Рожкова Ирина Владимировна**  
кандидат технических наук, старший  
научный сотрудник, заместитель заведующего лабораторией прикладной микробиологии и геномики микроорганизмов ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет»

Защита состоится « 19 » июня 20 25 г. в 12 часов 30 минут на заседании объединенного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 99.0.092.02 при ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» по адресу 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, корп. А, Зал А-1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» <http://www.mgupp.ru>.

С авторефератом можно ознакомиться на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» (<http://www.mgupp.ru>)

Автореферат разослан «     »                      20    года.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета 99.0.092.02,  
Кандидат технических наук, доцент



Николаева Ю.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Производство пищевой продукции с высокими потребительскими свойствами является основой повышения качества жизни, что заложено в стратегию развития пищевой, в том числе молочной промышленности России на ближайшие годы. Для реализации стратегических планов развития пищевой промышленности существует необходимость возрождения в РФ производства пищевых ингредиентов, в том числе бактериальных заквасок (БЗ), которые являются одним из определяющих факторов, влияющих на качество ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров, что становится особенно актуальным в условиях санкционной политики.

Являясь необходимым элементом биотехнологии производства сыров, заквасочные микроорганизмы вносятся в молочную смесь в виде специально подобранных и подготовленных комбинаций чистых культур, т.е. бактериальных заквасок. Технология производства большинства видов сыров основывается на микробиологических, биохимических и физико-химических процессах, происходящих на всех этапах производства и созревания сыров под действием заквасочной микрофлоры и ее метаболитов. Заквасочная микрофлора осуществляет ферментативные процессы гликолиза, протеолиза, липолиза и образования вкусо-ароматических веществ, формируя специфический органолептический профиль конкретного вида сыра. Качественный и количественный состав заквасочной микрофлоры, а также соотношение культур должны подбираться с учетом параметров технологического режима производства и идентификационных показателей готового продукта. Конструирование видового состава БЗ с заданными свойствами является одной из определяющих задач создания эффективных биотехнологических средств управления качеством сыров. Однако в настоящее время на российском рынке представлены БЗ, видовой состав которых и соотношение культур предназначены для выработки широкого спектра ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров, при этом ограничены предложения БЗ для производства конкретных видов сыра, обеспечивающих формирование установленных идентификационных органолептических показателей. Данная проблема приобретает особое значение в связи с новым этапом развития производства бактериальных заквасок в России.

**Степень разработанности темы.** Значительный вклад в развитие микробиологии сыроделия внесли Гибшман М.Р., Богданов В.М., Гудков А.В., Свириденко Ю.Я., Климовский И.И., Перфильев Г.Д., Уманский М.С., Белова Г.А., Остроумов Л.А., Свириденко Г.М., Сорокина Н.П. и другие отечественные и зарубежные ученые. Однако теория и практика создания новых и совершенствования существующих подходов к конструированию БЗ в сыроделии нуждается в непрерывном развитии.

**Целью** работы является разработка комбинаторного подхода к конструированию поливидовых бактериальных концентрированных заквасок (ПБК) целевого назначения на основе моновидовых бактериальных концентрированных заквасок (МБК) для технологии полутвердых сыров с заданными потребительскими свойствами.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

1. Выработать и исследовать на соответствие требованиям безопасности, количеству жизнеспособных клеток и хранимостпособности МБК (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp., *Lacticaseibacillus casei*) для последующего целевого конструирования ПБК различного состава.

2. Сконструировать видовой состав ПБК с заданным соотношением культур для полутвердых сыров, формируемых из пласта, на примере сыров Голландский и Гауда, основываясь на анализе свойств основных видов кислотообразующих, газо- и ароматообразующих и протеолитически активных МБК; особенностях технологических режимов производства и требуемых идентификационных органолептических показателей. Провести серии экспериментальных выработок сыров Голландский и Гауда с использованием сконструированных ПБК.

3. Исследовать динамику микробиологических и биохимических процессов выработки и созревания экспериментальных сыров, произведенных по традиционным технологиям с различными ПБК. Определить ПБК, позволяющие получить сыры Голландский и Гауда, соответствующие требуемым идентификационным показателям.

4. Сконструировать состав ПБК для полутвердых сыров, формируемых насыпью, на примере сыров Российский и Тильзитер, основываясь на анализе свойств основных видов мезофильных и термофильных кислотообразующих МБК; особенностях технологических режимов производства и требуемых идентификационных органолептических показателей. Провести серии экспериментальных выработок сыров Российский и Тильзитер с использованием сконструированных ПБК и различных способов их применения.

5. Исследовать особенности микробиологических и биохимических процессов выработки и созревания сыров Российский и Тильзитер, в зависимости от комплекса факторов, влияющих на формирование требуемых органолептических показателей. Определить ПБК для каждого вида сыра с учетом видового состава и соотношения используемых культур, а также способа их применения.

6. Разработать Технические условия на состав ПБК на основе МБК для производства различных видов полутвердых сыров с заданными потребительскими свойствами.

7. Провести опытно-промышленную апробацию сконструированных ПБК при производстве сыров Голландский и Российский.

**Научная новизна.** Теоретически и экспериментально обоснованы подходы к комбинированию МБК с целью создания ПБК, обеспечивающих формирование требуемых идентификационных показателей для конкретных видов сыра.

Получены данные об интенсивности и направленности ферментативных процессов гликолиза, протеолиза и накопления летучих вкусо-ароматических веществ при выработке и созревании различных групп полутвердых сыров в зависимости от видового состава ПБК и соотношения культур целевого назначения.

Установлены закономерности динамики индивидуального и совместного развития микроорганизмов в процессе созревания сыров.

Доказана зависимость направленности и интенсивности ферментативных процессов при выработке и созревании различных групп полутвердых сыров от видового состава ПБК и соотношения культур.

Установлены зависимости органолептических показателей полутвердых сыров от состава сконструированных ПБК.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость работы заключается в обосновании подходов к конструированию видового состава и соотношения заквасочных МО в ПБК для выработки конкретных видов полутвердых сыров с учетом особенностей технологических процессов производства и идентификационных органолептических показателей.

Результаты работы использовались при выполнении государственного задания № FNEN-2019–0010. Результаты исследований положены в основу разработки

ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров», которые могут быть использованы биофабриками с целью научно обоснованного конструирования ПБК для выработки различных групп полутвердых сыров. Получен патент на изобретение «Способ получения поливидовой бактериальной концентрированной закваски для производства сыров голландской группы» RU 2823060, дата регистрации 18.07.2024. Осуществлена опытно-промышленная апробация сконструированных ПБК на ООО «УСМЗ» при производстве полутвердых сыров Голландский и Российский.

**Методология и методы исследования.** Использованы общепринятые и специальные микробиологические, физико-химические и органолептические методы исследований, а также статистические методы обработки результатов.

**Положения, выносимые на защиту:**

- теоретическое обоснование выбора заквасочных культур в состав ПБК с учетом физиолого-биохимических свойств и целевого назначения для выработки различных групп полутвердых сыров;
- результаты экспериментальных исследований влияния различных комбинаций МБК и способов их применения на ферментативные процессы гликолиза, протеолиза и накопление ЛВАВ во время выработки и созревания сыров, а также формирование требуемых органолептических показателей;
- разработка состава ПБК на основе подходов конструирования, обеспечивающего формирование требуемых идентификационных органолептических показателей различных групп полутвердых сыров.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Проведение экспериментов не менее, чем в 3-х кратной повторности с применением стандартных и специальных методов анализа, высокая воспроизводимость и статистическая обработка результатов исследований с использованием пакета программ Microsoft Excel подтверждают их корректность и соответствие базовым представлениям предметной области.

Основные результаты работы были представлены и обсуждены на конференциях: «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства» (Углич, 2021); «Передовые достижения науки в молочной отрасли» секция Инновационные технологии в переработке молока» (Вологда, 2021); «Направленная трансформация продовольственного сырья при производстве продуктов питания, пищевых и биологически активных добавок, обеспечение контроля качества и безопасности» (Краснодар, 2022); «Производство сыра, масла и другой молочной продукции в современных условиях. Проблемы и пути решения» (Углич, 2023); «Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли» (Москва, 2023); «Современные тренды в производстве, потреблении и контроле сыра, масла и другой молочной продукции» (Углич, 2024). Результаты работы, доложенные на конференции «Современные пищевые тенденции глазами молодых ученых: перспективы, инновации и прогрессивные технологии» отмечены дипломом РАН в номинации «Лучшая научно-исследовательская работа» (Санкт-Петербург, 2021), на конференции «Актуальные вопросы и современные решения в области пищевых систем» – дипломом «За перспективное направление научно-исследовательской работы» (Москва, 2022).

**Личный вклад автора.** Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно и включает анализ научно-технической литературы, постановку целей и задач исследований, обоснование методов исследования, выполнение серий экспериментов, анализ, обработка и обобщение полученных результатов, проведение опытно-промышленной апробации, выводы по работе.

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 20 печатных работ, в том числе: 3 – в международных изданиях, входящих в наукометрические базы Scopus и WoS, 6 – в периодических изданиях, рецензируемых ВАК Министерства науки и высшего образования, 10 – в материалах конференций и журналах, индексируемых РИНЦ, получен 1 патент на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, основных результатов и выводов, списка использованной литературы, содержащего 176 источников. Работа изложена на 181 странице и включает 65 таблиц, 52 рисунка и 12 приложений.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует пунктам 5, 11, 13 паспорта научной специальности ВАК при Минобрнауки РФ (технические науки) 4.3.3. – «Пищевые системы»: 5. «Технология мясной, молочной и рыбной продукции и холодильных производств», 11. «Технологии пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами», 13. «Технология функциональных и специализированных продуктов, пищевых добавок и ингредиентов», а также пунктам 3 и 19 паспорта научной специальности ВАК при Минобрнауки РФ (технические науки) 4.3.5. – «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ»: 3. «Микробиология пищевых систем», 19. «Математическое моделирование и конструирование биологически активных веществ, стартовых культур, бактериальных заквасок, биопрепаратов, пищевых продуктов».

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение.** Обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, аргументирована научная новизна, практическая значимость работы и основные положения, выносимые на защиту.

**Глава 1** Приведен анализ научно-технической литературы касающейся биотехнологии производства полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания. Проведен анализ состава микрофлоры БЗ, а также способов их конструирования и применения, по результатам которого определены цели и задачи работы.

**Глава 2** Описан порядок организации работы, объекты, методы и схема проведения исследований (рисунок 1).

На различных этапах работы объектами исследований являлись: МБК (*Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *Str. thermophilus*, *Leuconostoc*, *Lb. casei*); комбинации МБК в составе ПБК; ПЗ; молоко коровье сырое; пастеризованное молоко; молочные смеси после внесения заквасочных культур; сыры Голландский, Гауда, Российский и Тильзитер после прессования, в процессе созревания и в стадии кондиционной зрелости.

При выполнении экспериментальной части работы применялись стандартные методы исследований физико-химических, микробиологических и органолептических показателей, а также – специальные: молекулярно-массовое распределение растворимых азотистых соединений методом гель-фильтрации; определение ЛВАВ в паровой фазе сыра с использованием газового хроматографа «Цвет-800»; оценка степени протеолиза осуществлялась расчетным способом по отношению водорастворимых фракций белка к общему количеству белка; определение массовой доли лактозы, галактозы, глюкозы и молочной кислоты проводили методом капиллярного электрофореза с помощью системы «Капель – 105М»; органолептическая оценка сыров проводилась экспертной комиссией, с использованием дескрипторно-профильного метода.

Расчет массы МБК для получения ПБК с заданным соотношением проводился по следующей формуле:

$$M_{\text{мбк}} = \frac{x \cdot V_{\text{см}} \cdot N_{\text{см}}}{N_{\text{мбк}}}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{мбк}}$  – масса каждой МБК, г;  $x$  – процентное содержание конкретного вида заквасочного МО в составе ПБК;  $V_{\text{см}}$  – объем восстановленного обезжиренного молока, используемого для приготовления производственной закваски или объем молочной смеси для выработки сыров с применением прямой инокуляции, см<sup>3</sup>;  $N_{\text{см}}$  – требуемое количество клеток в восстановленном обезжиренном молоке или молочной смеси для выработки сыра после заквашивания;  $N_{\text{мбк}}$  – количество клеток в МБК, КОЕ/г.

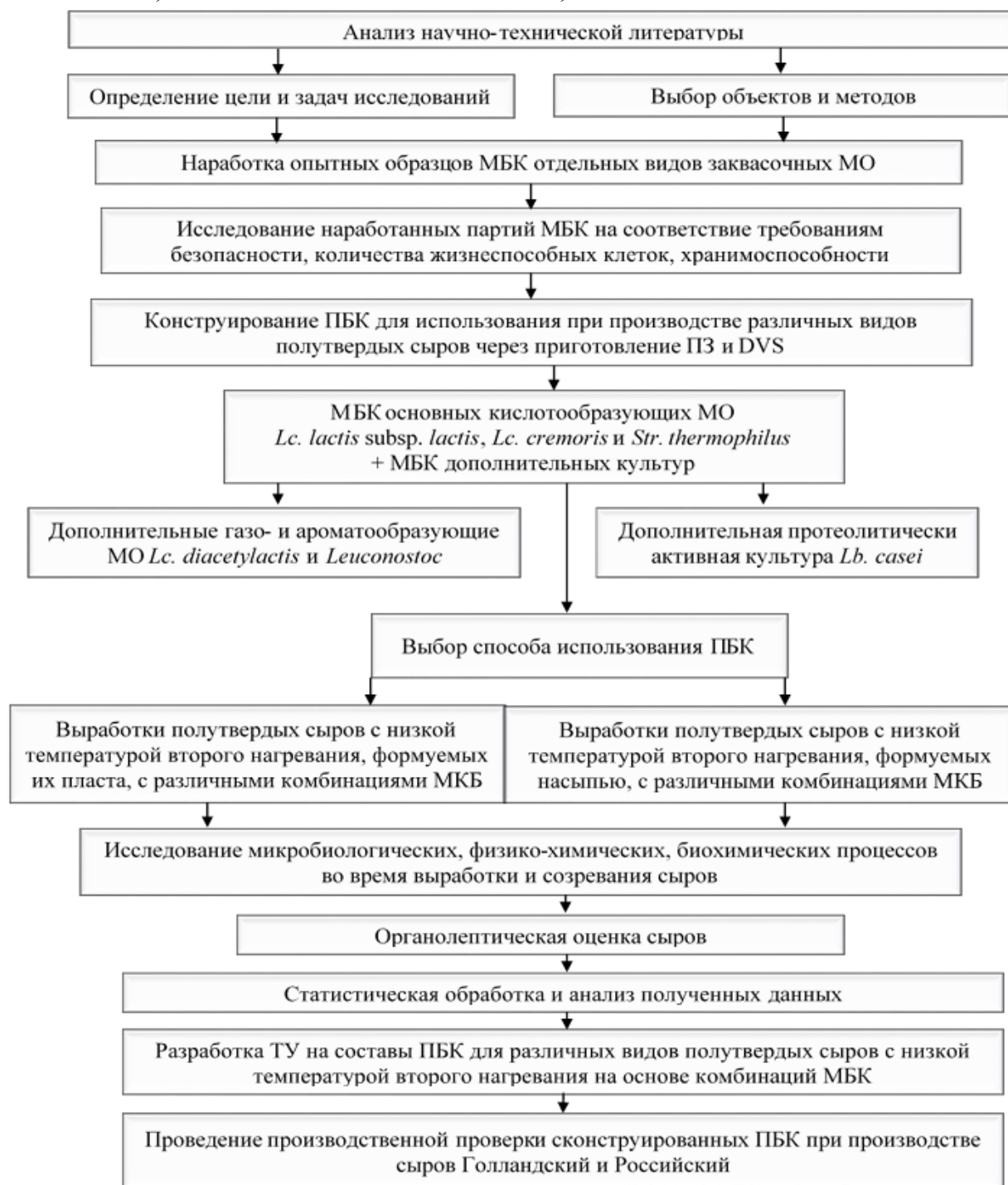


Рисунок 1 – Общая схема проведения исследований

### Глава 3 Экспериментальная часть

**Глава 3.1.** Для реализации поставленной в работе цели на лабораторном оборудовании наработаны экспериментальные партии МБК заквасочных МО: *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *Str. thermophilus*, *Leuconostoc*, *Lb. casei*.

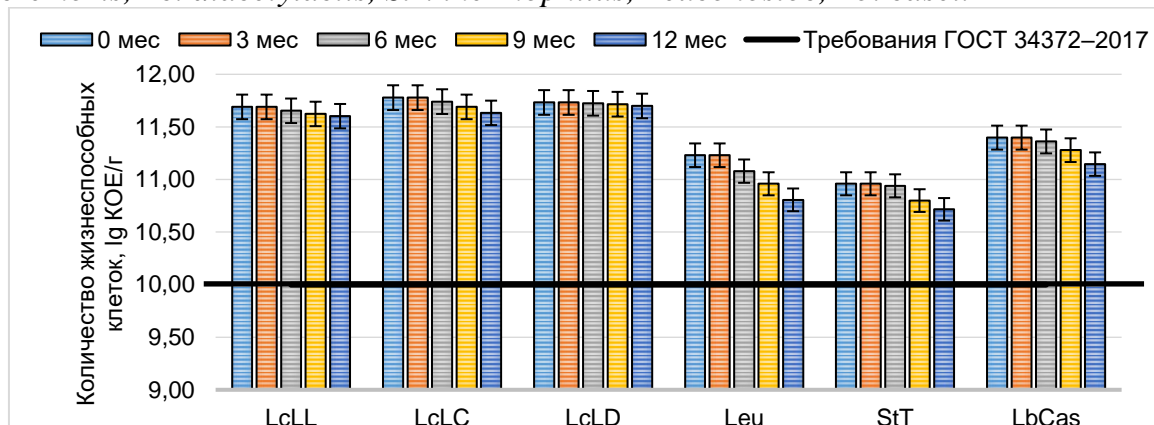


Рисунок 2 – Гистограмма результатов исследования хранимостспособности МБК

Установлено, что наибольший уровень жизнеспособных клеток (рисунок 2) получен в МБК лактококков и составляет  $(5,0-6,0) \times 10^{11}$  КОЕ/г, а наименьший в МБК термофильного стрептококка –  $(0,9-1,0) \times 10^{11}$  КОЕ/г, что превышает требования ТР ТС 033/2013 к содержанию жизнеспособных клеток в БК. В течение 12 месяцев МБК всех видов сохраняют количество жизнеспособных клеток на уровне  $(0,7-6,0) \times 10^{11}$  КОЕ/г, что говорит об их значительной хранимостспособности.

**В главе 3.2** представлены данные комплексных исследований сыропригодных свойств молока, использованного для выработки 24 вариантов сыров, формируемых из пласта, и 18 вариантов, формируемых насыпью. Показано, что сырое молоко в полной мере соответствовало общим критериям безопасности (ТР ТС 033/2013), и специфическим показателям сыропригодности в соответствии с требованиями СТО ВНИИМС 019-2019.

**Глава 3.3** включает основные результаты экспериментальных исследований и посвящена комплексному изучению влияния видового состава ПБК и соотношения культур целевого назначения (таблица 1) на процессы выработки и созревания, а также качественные показатели полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания формируемых, как из пласта, так и насыпью.

Таблица 1 – Целевое назначение МБК

Наименование МБК	Назначение МБК
<i>Lc. lactis</i>	Традиционные кислотообразующие МО, предназначенные для обеспечения молочнокислого процесса во время выработки сыров и осуществляющие процессы созревания
<i>Lc. cremoris</i>	
<i>Str. thermophilus</i>	Дополнительные кислотообразующие МО, способствующие интенсификации молочнокислого процесса во время выработки
<i>Lc. diacetylactis</i>	Газо- и ароматообразующие МО, предназначенные для формирования аромата и рисунка сыров в процессе созревания
<i>Leuconostoc</i>	Дополнительная культура, предназначенная для усиления газообразующей активности и формирования рисунка сыров в процессе созревания
<i>Lb. casei</i>	Дополнительная культура, предназначенная для интенсификации процессов протеолиза и ускорения созревания сыров

Конструирование ПБК осуществлялось с учетом техничеки ценных свойств конкретных видов МКМ, особенностей технологических режимов производства сыров и установленных идентификационных органолептических показателей (таблица 2).



Таблица 2 – Идентификационные органолептические показатели сыров в соответствии с нормативными документами

Наименование сыра	Характеристика идентификационных показателей		
	Вкус и запах	Консистенция	Рисунок
Голландский брусковый	Выраженный сырный, слегка кисловатый вкус с наличием остроты	Эластичная	Глазки круглой или овальной формы
Гауда	Выраженный сырный вкус с наличием сливочного аромата	Эластично-пластичная	
Российский	Выраженный сырный, кисловатый вкус		
Тильзитер	Выраженный сырный, слегка кисловатый вкус с наличием сливочного аромата		

**Конструирование состава ПБК для полутвердых сыров, формируемых из пласта.** Целью данной серии экспериментов было конструирование ПБК для получения сыров с идентификационными характеристиками сыров Голландский брусковый и Гауда. Проведены 24 выработки сыров по традиционной технологии сыра Голландский с применением ПЗ, приготовленной с использованием ПБК (таблица 3), сконструированных путем комбинации различных соотношений МБК определенного целевого назначения.

Таблица 3 – Состав используемых ПБК

Номер варианта	Состав ПБК, %					
	LcLL	LcLC	StT	LcLD	Leu	LbCas
1	40±1	40±1	—	20±1	—	—
2	30±1	40±1	—	30±1	—	—
3	30±1	30±1	—	40±1	—	—
4	20±1	20±1	20±1	40±1	—	—
5	20±1	20±1	30±1	30±1	—	—
6	30±1	30±1	—	20±1	20±1	—
7	30±1	30±1	—	—	40±1	—
8	30±1	30±1	—	30±1	—	10±1

Проведены исследования физико-химических и микробиологических процессов во время выработки и созревания сыров. Физико-химические показатели сыров различных вариантов представлены в таблице 4. Значения массовой доли влаги, жира в СВ и белка во всех вариантах сыров после прессования (таблица 4) находятся в рамках нормируемых показателей.

В соответствии с ТИ ГОСТ 32260–2013 показатели активной кислотности сыра Голландский после прессования должны находиться в диапазоне от 5,5 до 5,8 рН. При выработке сыров с использованием лактококковой ПБК (варианты 1, 2, 3) с поэтапным увеличением в составе закваски *Lc. diacetylactis* за счет снижения доли кислотообразующих МО, показатели активной кислотности (таблица 4) увеличиваются пропорционально снижению доли *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, но остаются в пределах установленной нормы.

Закономерно, что за счет использования мезофильно-термофильной закваски (варианты 4 и 5) молочнокислый процесс интенсифицируется на этапе выработки и приводит к снижению уровня активной кислотности в сырах после прессования ниже нормируемого. Установлено, что использование в составе ПБК культуры *Leuconostoc* (варианты 6 и 7), напротив, замедляет интенсивность молочнокислого процесса, и при полной замене диацетильного лактококка на лейконосток уровень активной кислотности не соответствует установленной норме. Использование ПБК с частичной заменой

(10 %) *Lc. diacetylactis* на молочнокислые палочки *Lb. casei* (вариант 8) не оказывает значимого влияния на интенсивность молочнокислого процесса.

Таблица 4 – Физико-химические показатели сыров после прессования (n=3)

Номер варианта	Активная кислотность, pH	МД лактозы, %	МД влаги, %	МД жира в СВ, %	МД белка, %
1	5,53±0,02	0,64±0,06	43,6±0,4	45,3±0,3	21,51±0,42
2	5,62±0,05	0,79±0,08	44,0±0,3	44,9±0,4	22,14±0,37
3	5,71±0,04	0,93±0,06	44,4±0,3	44,1±0,1	21,96±0,38
4	5,40±0,05	0,48±0,05	43,4±0,3	44,9±0,5	20,53±0,12
5	5,26±0,03	0,21±0,02	43,3±0,4	45,3±0,4	20,54±0,18
6	5,78±0,04	1,28±0,13	44,6±0,3	44,4±0,4	19,74±0,49
7	5,89±0,03	1,58±0,10	44,7±0,3	44,1±0,5	19,59±0,43
8	5,74±0,03	0,94±0,06	44,5±0,3	45,8±0,4	21,08±0,13

Данные, полученные по показателю активной кислотности в сырах после пресса (таблица 4), коррелируют с содержанием массовой доли остаточной лактозы. Так, при нормальной интенсивности молочнокислого процесса (варианты 1, 2, 3 и 8) остаточное количество лактозы составляет от (0,64±0,06) % до (0,94±0,06) %. При интенсификации молочнокислого процесса за счет *Str. thermophilus* (варианты 4 и 5) количество остаточной лактозы снижается до (0,21±0,02) %, а при использовании дополнительной культуры *Leuconostoc* (варианты 6 и 7), наоборот, увеличивается до 1,15 %.

Исследование динамики развития заквасочных МО в процессе созревания показало, что основное количество МКМ определяется лактококками и закономерности изменения во всех вариантах определяются долей кислотообразующих лактококков. Установлено, что максимальное количество клеток *Lc. lactis*, *Lc. cremoris* (рисунок 3), *Lc. diacetylactis* (рисунок 5) и *Leuconostoc* (рисунок 6) достигается к 7 суткам созревания с последующим вымиранием клеточных популяций, что приводит к их снижению к 60 суткам созревания на 2-3 порядка.

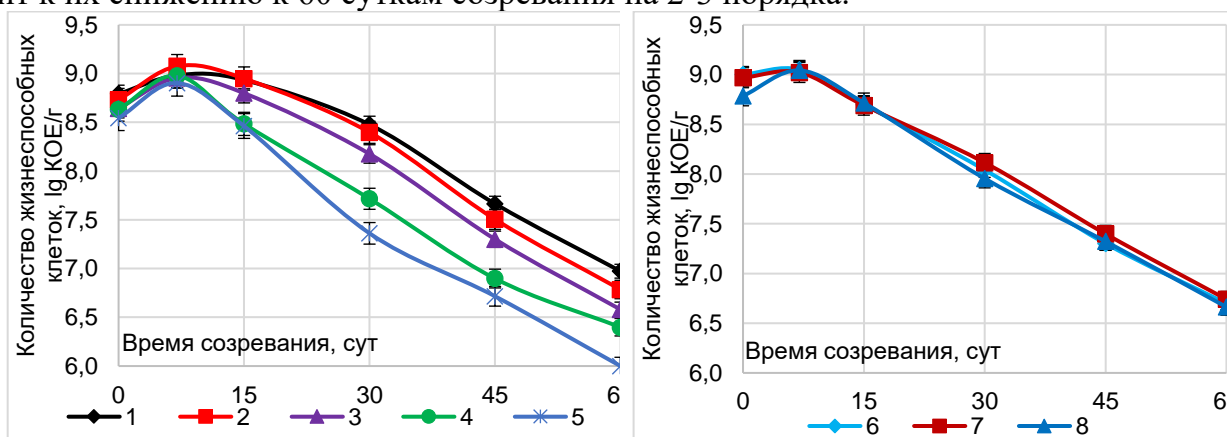


Рисунок 3 – Динамика совместного развития *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* в сырах в процессе созревания

Анализ данных, представленных на рисунке 4, показывает, что в условиях созревания после посолки сыра, пока температура головки полностью не снизилась до температуры созревания (11±1) °С, наблюдается незначительный прирост клеток *Str. thermophilus* с последующим вымиранием. При этом с увеличением доли термофильного стрептококка скорость вымирания клеточной популяции интенсифицируется.

Установлено, что клеточные популяция цитратсбраживающих МО *Lc. diacetylactis* (рисунок 5) и *Leuconostoc* (рисунок 6) развиваются идентично и после посолки в условиях созревания вымирают с равнозначной интенсивностью.

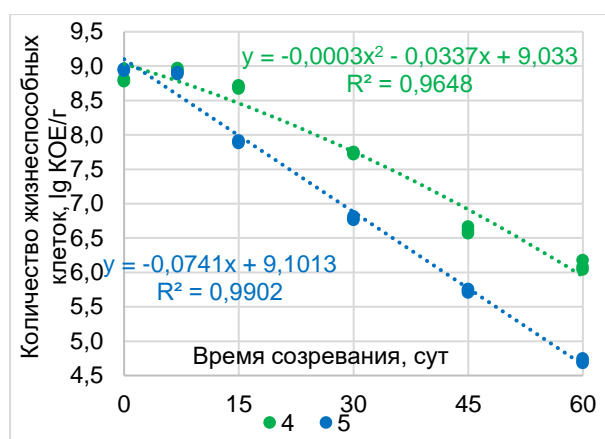


Рисунок 4 – Динамика развития

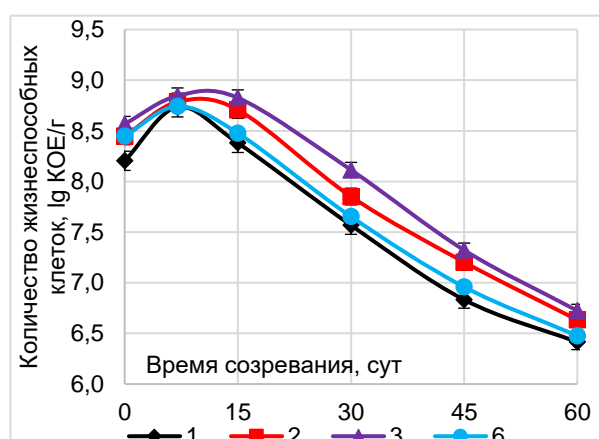
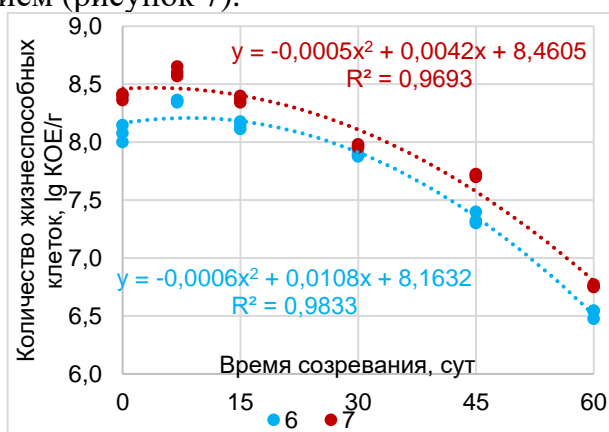
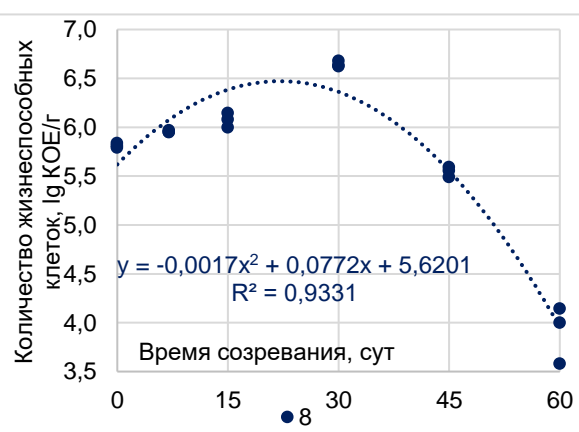


Рисунок 5 – Динамика развития

*Str. thermophilus* в сырах в процессе созревания *Lc. diacetylactis* в сырах в процессе созревания

Мезофильные молочнокислые палочки *Lb. casei* не влияют на интенсивность молочнокислого процесса во время выработки, при этом развитие клеточной популяции продолжается до 30 суток созревания с последующим интенсивным вымиранием (рисунок 7).

Рисунок 6 – Динамика развития *Leuconostoc* в сырах в процессе созреванияРисунок 7 – Динамика развития *Lb. casei* в сырах в процессе созревания

Несмотря на то, что, по мнению ряда авторов, лактококки обладают незначительной протеолитической активностью, в процессе созревания сыров (варианты 1, 2 и 3) наблюдается существенный прирост растворимых форм белка, что обеспечивает необходимую интенсивность протеолиза (рисунок 8). Увеличение в составе ПБК дозы *Lc. diacetylactis* (варианты 2 и 3) незначительно интенсифицирует протеолиз. Установлено, что частичная замена лактококков на *Str. thermophilus* (варианты 4 и 5), как частичная и полная замена *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc* (варианты 6 и 7) снижают интенсивность протеолиза в процессе созревания. Закономерно, что в сырах, выработанных с применением *Lb. casei* (вариант 8), степень протеолиза на протяжении всех исследуемых временных периодов существенно выше, чем в других образцах, что может служить показателем более высокой степени зрелости сыра.

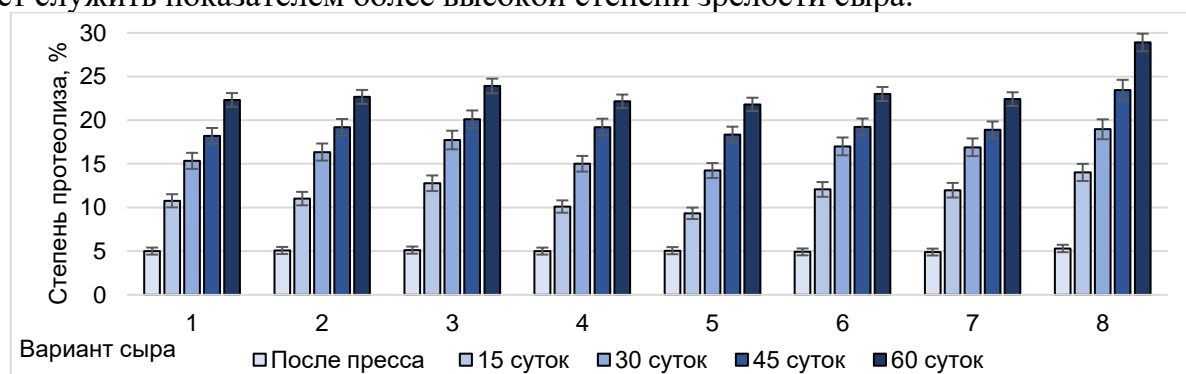


Рисунок 8 – Динамика степени протеолиза в сырах во время созревания

Различие метаболизма заквасочных МО оказывает влияние не только на интенсивность молочнокислого процесса и протеолиз в сырах, но и на накопление ЛВАВ в сырах кондиционной зрелости (таблица 5). Установлено, что с увеличением доли диациетильного лактококка в составе ПБК (варианты 1, 2 и 3) в сырах кондиционной зрелости количество ЛВАВ увеличивается, при этом частичная и полная замена *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc* (варианты 6 и 7) снижают общий уровень ЛВАВ.

Таблица 5 – Содержание ЛВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование ЛВАВ	Содержание ЛВАВ в варианте, %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Альдегиды:</b>								
этаналь	85,2±1,4	80,7±1,4	61,8±1,1	76,4±1,4	92,5±1,8	96,9±1,4	94,3±1,2	62,3±1,0
бутаналь	—	—	—	9,56±0,44	2,79±0,09	0,01±0,01	—	4,92±0,18
пропаналь	—	—	8,17±0,94	—	—	—	—	7,37±0,29
пентаналь	0,03±0,01	0,01±0,01	—	—	0,01±0,01	—	—	—
бутеналь-2	—	—	—	1,16±0,15	0,02±0,01	—	—	5,44±0,19
изо-гексаналь	0,20±0,02	0,08±0,02	0,01±0,01	—	—	—	—	0,01±0,01
изо-гептаналь	—	—	0,09±0,01	—	—	—	—	0,07±0,01
<b>Спирты:</b>								
гексанол-1	0,13±0,01	0,10±0,01	0,15±0,02	—	—	—	—	0,08±0,01
метанол	2,06±0,14	—	—	—	0,04±0,01	—	0,03±0,01	0,06±0,01
бутанол-1	2,02±0,15	0,02±0,01	—	—	—	—	—	—
пропанол-1	—	—	—	0,27±0,02	—	—	—	—
<b>Кислоты:</b>								
уксусная	7,93±0,91	16,8±1,3	27,6±0,8	—	—	—	—	16,6±0,7
<b>Кетоны и его производные:</b>								
бутанон-2	0,07±0,01	0,02±0,01	0,03±0,01	12,1±0,8	2,94±0,19	2,33±0,13	4,55±0,20	0,02±0,01
пентанон-2	0,03±0,01	—	—	—	0,42±0,03	—	—	0,46±0,03
гексанон-1	—	0,10±0,02	—	—	—	—	—	—
гептанон-2	—	—	0,23±0,03	—	0,08±0,01	—	—	0,01±0,01
гексанон-2	—	—	0,08±0,01	—	0,11±0,01	—	—	0,02±0,01
Общее кол-во ЛВАВ, нА·с	1,67±0,17	1,83±0,18	2,27±0,12	2,11±0,14	1,95±0,10	1,91±0,10	1,68±0,14	2,59±0,20

Из данных, представленных в таблице 5, следует, что во всех сырах преобладающим ЛВАВ является этаналь (61,8 – 96,9) %. Установлено, что наибольшая доля этанала обнаружена в сырах, в микробиоту которых включены МО рода *Leuconostoc* (варианты 6 и 7). При этом добавление в состав закваски лейконостока снижает разнообразие идентифицированных ЛВАВ, а обогащение микробиоты закваски мезофильными молочнокислыми палочками *Lb. casei* (вариант 8) – повышает.

Продукты метаболизма заквасочной микрофлоры в сырах оказывают прямое влияние на формирование их органолептического профиля. Результаты органолептической экспертной оценки сыров в возрасте 30 и 60 суток отражены на рисунках 9-11. Установлено, что сыры с максимальной долей *Lc. diacetylactis* (вариант 3) соответствовали идентификационному органолептическому профилю сыра Голландский – выраженный сырный, слегка кисловатый вкус с наличием остроты, а также слабый сливочный аромат, эластичная консистенция и рисунок, состоящий из глазков круглой или овальной формы (рисунок 10).

Результаты органолептической экспертной оценки сыров (рисунки 9-11) в процессе созревания свидетельствуют о том, что включение в состав закваски

термофильного стрептококка (варианты 4 и 5) ускоряет процесс выработки, но в кондиционной зрелости в полной мере не соответствует идентификационным характеристикам сыра Голландский.

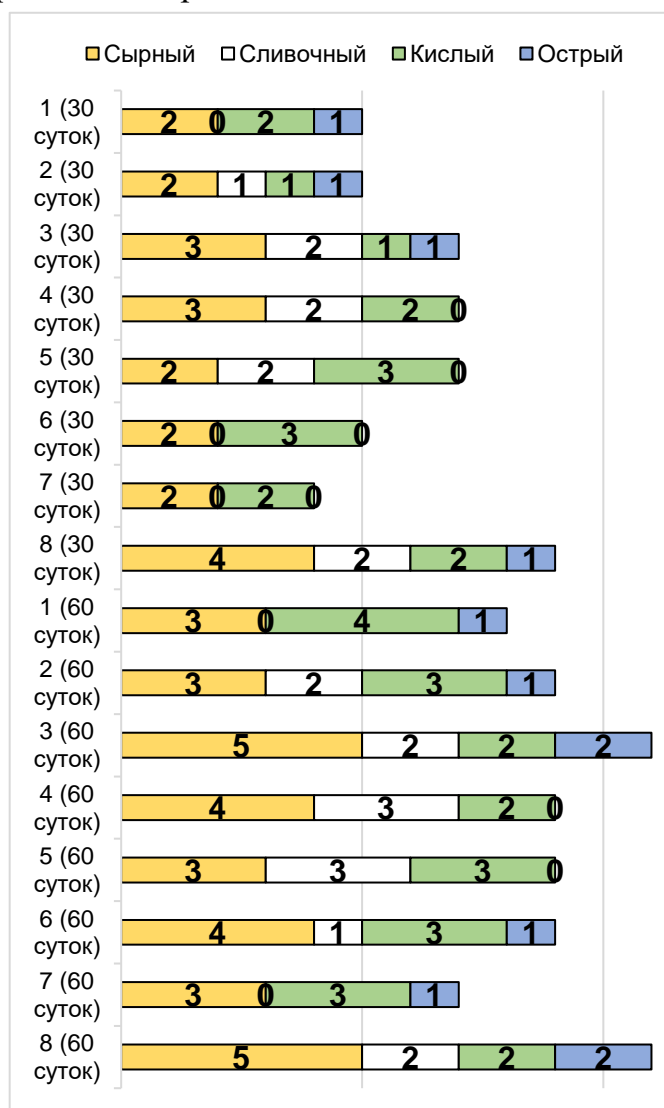


Рисунок 9 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

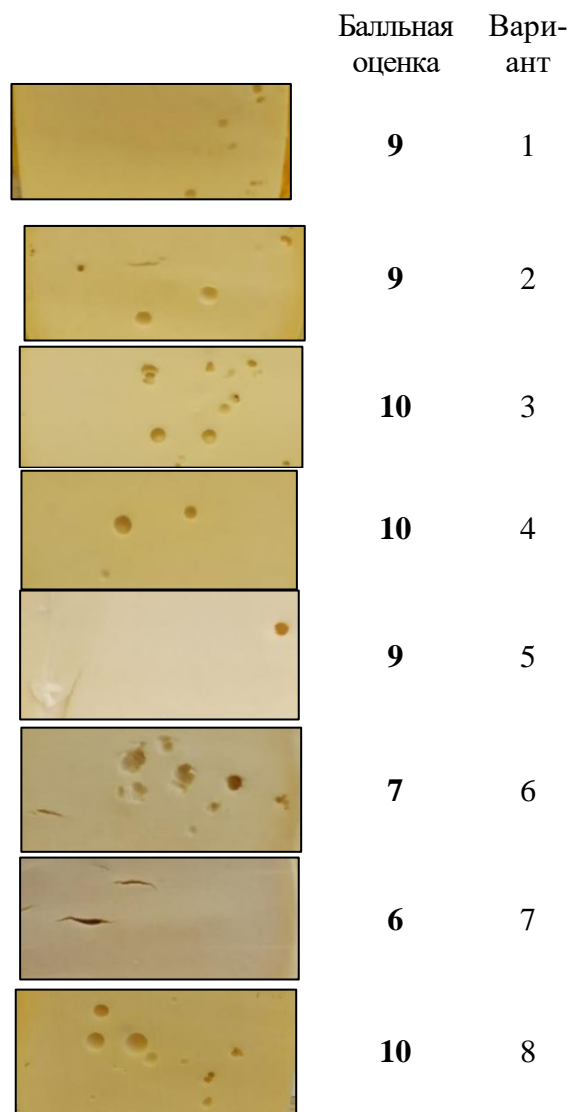


Рисунок 10 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте 60 суток

Для получения продукта, соответствующего идентификационным органолептическим характеристикам сыра Гауда, усиливая сливочный аромат, снижая кислоту и остроту во вкусе, а также повышая эластично-пластичные свойства консистенции за счет ПБК, в ее состав должно входить не более 20,0 % *Str. thermophilus* и не менее 40,0 % *Lc. diacetylactis* (вариант 4).

Установлено, что при внесении лейконостока в состав закваски более 20,0 % (варианты 6 и 7), появляются риски ухудшения органолептических показателей, такие как недостаточная выраженность сырного вкуса и аромата, мажущаяся консистенция, возникновение гнездовидного рисунка и небольших трещин до 15 мм, и как следствие – снижения сортности сыров на основании общей балльной оценки.

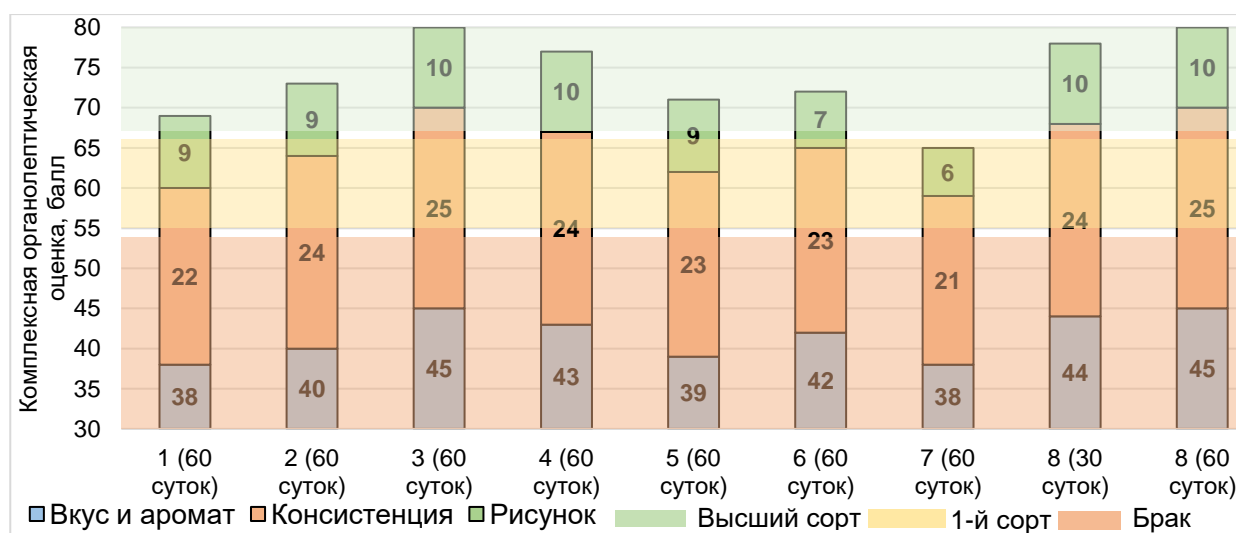


Рисунок 11 – Балльная оценка органолептических показателей различных вариантов сыров (1-8) в возрасте 30 и 60 суток

На основании органолептической оценки (рисунки 9-11) выявлено, что сыры, выработанные с использованием лактококковой закваски с частичной заменой *Lc. diacetylactis* на *Lb. casei* (вариант 8), в сравнении с другими опытными образцами, к 30 суткам созревания имели более выраженный сырный вкус и аромат, а также хорошую эластично-пластичную консистенцию. На основании полученных результатов сформулирован вывод об интенсификации процесса созревания и возможности сокращения сроков созревания.

Таблица 6 – Состав ПБК для производства сыров, формуемых из пласта

Наименование сыра	Состав и соотношение МБК, %				
	LcLL	LcLC	StT	LcLD	LbCas
Голландский	30±1	30±1	—	40±1	—
Сыр, по технологии Голландского с ускоренным сроком созревания	30±1	30±1	—	30±1	10±1
Гауда	20±1	20±1	20±1	40±1	—

Таким образом, в результате проведенной серии исследований сконструированы ПБК (таблица 6) для производства сыров, соответствующих идентификационным органолептическим профилям сыров Голландский и Гауда.

**Конструирование состава ПБК для полутвердых сыров, формуемых насыпью.** Следующим этапом исследований являлось конструирование ПБК с целью получения полутвердых сыров, формуемых насыпью, с требуемыми идентификационными характеристиками (таблица 2).

Для конструирования состава ПБК для сыров по типу Российского с повышенным уровнем молочнокислого процесса наибольшее значение имеет подбор кислотообразующих МО и их соотношения, обеспечивающих интенсивное, но не превышающее нормируемое кислотообразование на этапе выработки. Использование *Lc. diacetylactis* в составе ПБК для сыров, формуемых насыпью, в большей степени обусловлено не с целью формирования рисунка сыров, как газообразующего компонента закваски, а как ароматообразующего.

Проведено 18 выработок по технологии сыра Российский, в том числе: 9 – по традиционной технологии с применением ПЗ и выдержки после внесения в пастеризованное молоко МКМ до достижения титруемой кислотности (19±1) °Т; а также 9 – с изменением способа применения ПБК. Выработки проведены с использованием ПБК (таблица 7), сконструированных при различных соотношениях МБК.

Таблица 7 – Состав и способ использования ПБК

Номер варианта	Состав ПБК, %				Способ применения
	LcLL	LcLC	StT	LcLD	
1	30±1	40±1	—	30±1	ПЗ с выдержкой
2	30±1	—	40±1	30±1	ПЗ с выдержкой
3	—	40±1	30±1	30±1	ПЗ с выдержкой
4	30±1	20±1	20±1	30±1	ПЗ без выдержки
5	30±1	—	40±1	30±1	DVS с выдержкой
6	30±1	—	40±1	30±1	DVS без выдержки

Проведены исследования физико-химических и микробиологических процессов во время выработки и созревания сыров. Физико-химические показатели в сырах после прессования представлены в таблице 8.

Согласно ТИ ГОСТ 32260–2013 сыр Российский после прессования по показателю активной кислотности должен соответствовать значениям pH от 5,2 до 5,3. При выработке сыров с использованием традиционной технологии и лактококковой ПБК (вариант 1) молочнокислый процесс протекал с необходимой интенсивностью, что подтверждается значениями активной кислотности, находящимися в пределах установленной нормы (таблица 8).

Таблица 8 – Физико-химические показатели сыров после прессования (n=3)

Номер варианта	Активная кислотность, pH	МД лактозы, %	МД галактозы, %	МД молочной кислоты, %	МД влаги, %
1	5,28±0,02	0,28±0,06	—	1,80±0,04	43,6±0,5
2	5,06±0,03	—	0,58±0,03	1,96±0,07	42,1±0,4
3	5,06±0,03	—	0,50±0,05	1,98±0,06	42,2±0,3
4	5,24±0,02	0,21±0,06	0,38±0,03	1,89±0,06	43,4±0,4
5	5,35±0,03	0,38±0,03	0,54±0,06	1,71±0,05	44,0±0,3
6	5,77±0,03	1,20±0,06	0,52±0,04	0,56±0,05	44,7±0,3

Использование мезофильно-термофильной ПБК и традиционной технологии (варианты 2 и 3) закономерно привело к чрезмерной интенсификации молочнокислого процесса на этапе выработки, что отразилось на снижении уровня активной кислотности и массовой доли влаги в сырах после прессования ниже установленного. Однако снижение доли *Str. thermophilus* в составе ПБК до (20,0±1,0) % и исключение приема выдержки (вариант 4) позволило нормализовать молочнокислый процесс до допустимых значений активной кислотности.

Установлено, что использование мезофильно-термофильной DVS (вариант 5) в совокупности с исключением выдержки молочной смеси (вариант 6) приводит к существенному замедлению молочнокислого процесса во время выработки.

Согласно данным, представленным в таблице 8, при нормальной интенсивности молочнокислого процесса во время выработки сыра Российский (варианты 1 и 4) уровень остаточного количества лактозы и массовой доли молочной кислоты находится в пределах (0,25±0,05) % и (1,8±0,1) % соответственно. Необходимо отметить, что в сырах, выработанных с использованием *Str. thermophilus* (варианты 2–6), закономерно накапливается галактоза, количество которой увеличивается по мере повышения доли термофильного стрептококка в составе ПБК.

Графики, отражающие динамику изменения клеточной популяции кислотообразующих лактококков в процессе созревания сыров, приведены на рисунке 12. Установлено, что при использовании традиционной технологии (вариант 1) и



нормальном уровне молочнокислого процесса (варианты 1 и 4) культуры *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* развиваются до 7 суток созревания при наличии остаточной лактозы, с последующим интенсивным вымиранием.

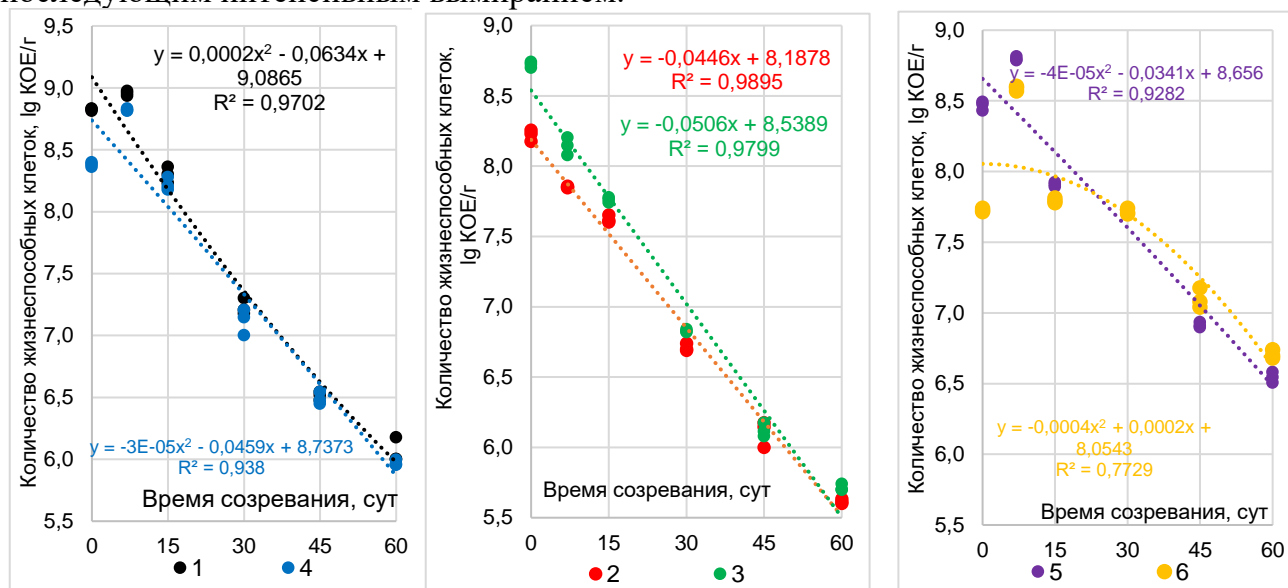


Рисунок 12 – Динамика развития кислотообразующих лактококков в сырах в процессе созревания

В сырах, выработанных с использованием ПБК, в состав которых входил *Str. thermophilus*, в сочетании с традиционной технологией (варианты 2 и 3) за счет чрезмерно интенсивного молочнокислого процесса во время выработки кислотообразующие лактококки прекращают развитие в сыре после пресса, не достигнув возможного максимума жизнеспособных клеток, причиной чего можно считать отсутствие лактозы (рисунок 12).

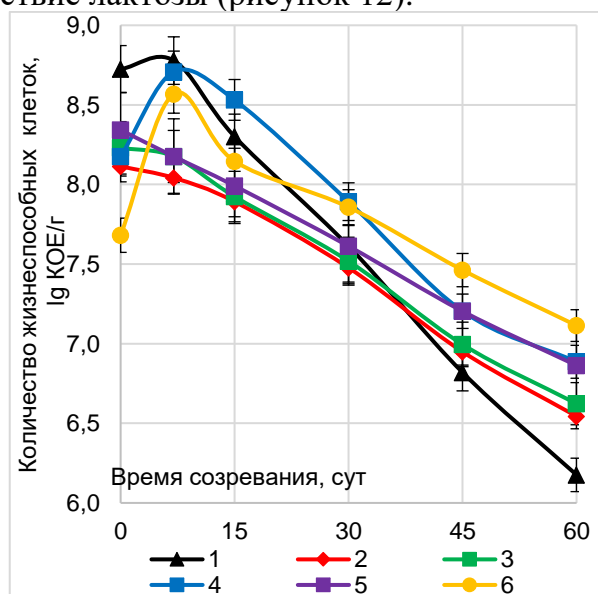


Рисунок 13 – Динамика развития

*Lc. diacetylactis* в сырах в процессе созревания *Str. thermophilus* в сырах в процессе созревания

Все исследуемые образцы сыров выработаны с использованием ПБК, в состав которых включено равное количество (30,0 %) газо- ароматобразующих лактококков. При этом технологические режимы и состав кислотообразующих МКМ оказывает значимое влияние на различия в развитии клеточной популяции *Lc. diacetylactis* (рисунок 13). Так, развитие диацетильного лактококка до 7 суток созревания отмечено в сырах, выработанных с использованием мезофильной ПБК и традиционной технологии

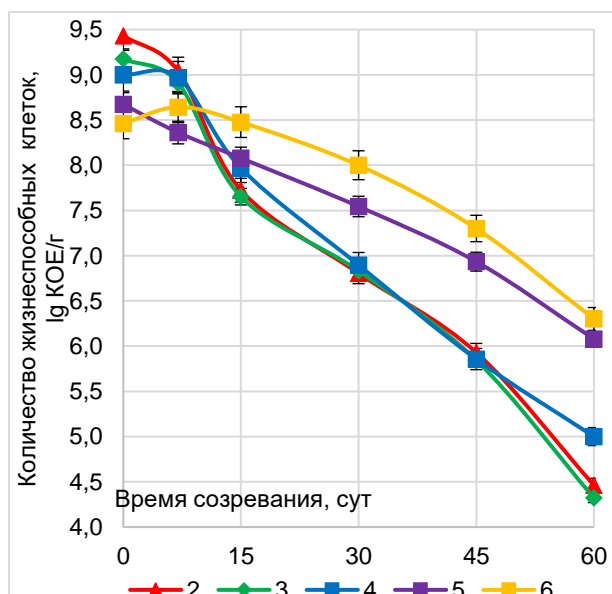


Рисунок 14 – Динамика развития



(вариант 1). При включении в состав ПБК термофильной культуры *Str. thermophilus* и активизации молочнокислого процесса (варианты 2 и 3) наблюдается подавление цитратсбраживающих лактококков *Lc. diacetylactis* на этапе выработки.

Использование мезофильно-термофильной DVS (вариант 6) замедляет молочнокислый процесс, и в сырах после прессования отмечен меньший урожай клеток диацетильного лактококка, чем в вариантах с производственной закваской. Однако за счет наличия остаточной лактозы максимальное количество клеток *Lc. diacetylactis* (вариант 6), сопоставимое с уровнем при нормальной интенсивности молочнокислого процесса (вариант 1), достигается к 7 суткам созревания.

Закономерно, что максимальный уровень клеточной популяции термофильной культуры *Str. thermophilus* (рисунок 14) в большинстве исследуемых образцов (варианты 2, 3, 4 и 5) отмечен после прессования и переход на стадию вымирания начинается с момента начала созревания. Однако в сырах, выработанных с использованием мезофильно-термофильной DVS без выдержки молочной смеси (вариант 6), наблюдается незначительное развитие *Str. thermophilus* до 7 суток созревания за счет наличия остаточной лактозы, с последующим интенсивным вымиранием.

Оценку влияния состава и способов применения ПБК на интенсивность гидролиза белка проводили путем сравнения степени протеолиза (рисунок 15) и хроматограмм молекулярно-массового распределения (рисунок 16).

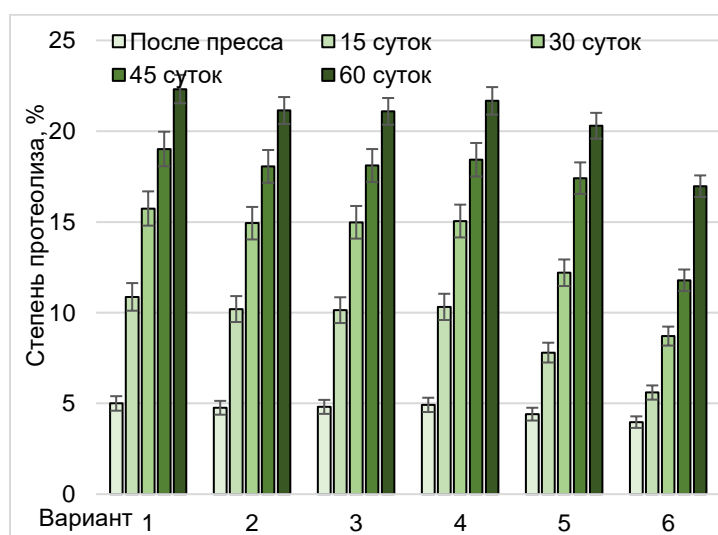


Рисунок 15 – Динамика степени протеолиза в сырах во время созревания

В процессе созревания сыров, выработанных с использованием традиционной технологии и лактококковой ПБК (вариант 1) наблюдается значительный прирост растворимых форм белка (рисунок 15). Подтверждено, что замена кислотообразующих лактококков *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* в составе ПБК на *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3) незначительно снижает интенсивность протеолиза в процессе созревания, при этом в сырах кондиционной зрелости отмечено большее количество низкомолекулярных пепти-

дов и аминокислот (рисунок 16).

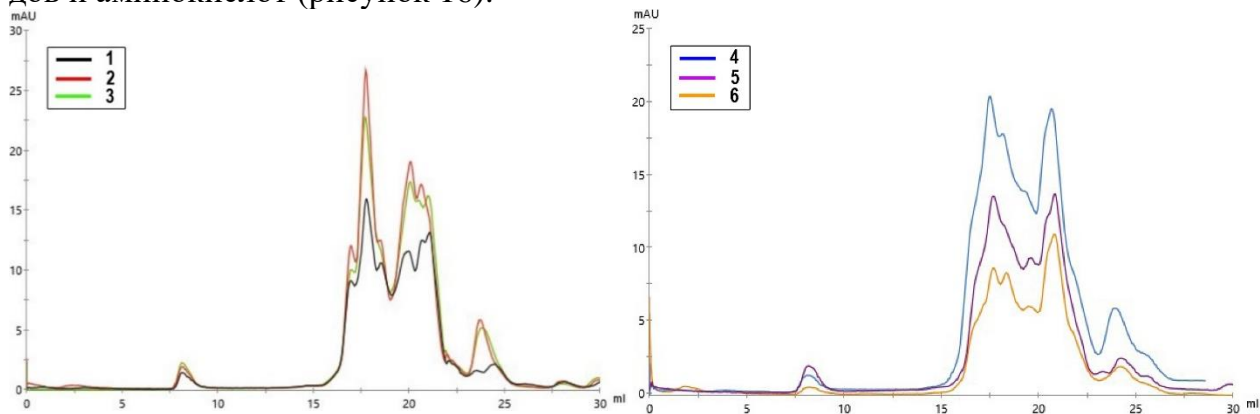


Рисунок 16 – Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости

Применение DVS (вариант 5) снизило интенсивность не только молочнокислого процесса, но и протеолиза (рисунок 15) на этапе созревания сыров. При этом в сырах, выработанных без предварительной выдержки смеси после внесения DVS (вариант 6), как интенсивность протеолиза, так и накопление низкомолекулярных пептидов и аминокислот наименьшие (рисунок 16).

Влияние состава и способа применения ПБК отразилось не только на физико-химических и микробиологических процессах во время выработки и созревания сыров, но и на качественном и количественном составе ЛВАВ сыров кондиционной зрелости (таблица 9). В сырах, произведенных с использованием лактококковой ПБК (вариант 1) отмечено наибольшее количество ЛВАВ, а частичная и полная замена кислотообразующих лактококков на термофильный стрептококк (варианты 2, 3 и 4), а также применение DVS (варианты 5 и 6) снижают общий уровень ЛВАВ.

Из данных, представленных в таблице 9, следует, что во всех сырах преобладающими ЛВАВ являются альдегиды (преимущественно этаналь), содержание которых варьируется от 80,3 % до 93,3 %, увеличивающееся по мере повышения доли *Str. thermophilus* в составе ПБК.

Таблица 9 – Содержание ЛВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование ЛВАВ	Содержание ЛВАВ в варианте, %					
	1	2	3	4	5	6
<b>Альдегиды</b>	80,25±1,03	93,30±0,94	87,80±1,09	80,83±0,83	88,50±0,98	90,37±1,03
<b>Спирты</b>	0,025±0,006	4,825±0,314	1,319±0,057	1,403±0,102	1,201±0,096	1,306±0,127
<b>Кислоты</b>	17,35±0,93	—	5,238±0,412	9,618±0,682	3,938±0,384	4,009±0,462
<b>Кетоны</b>	—	0,088±0,009	0,058±0,006	0,034±0,003	5,466±0,161	3,931±0,247
<b>Остальное</b>	2,375±0,217	1,787±0,097	5,585±0,537	8,115±0,514	0,895±0,064	0,384±0,026
<b>Общее кол-во ЛВАВ, нА·с</b>	<b>2,12±0,24</b>	<b>1,60±0,32</b>	<b>1,82±0,25</b>	<b>2,01±0,19</b>	<b>1,51±0,18</b>	<b>1,39±0,14</b>

Результаты органолептической экспертной оценки сыров в возрасте 30 и 60 суток созревания отражены на рисунках 17-19 и таблице 10. Установлено, что использование традиционной технологии и лактококковой ПБК (вариант 1), обеспечивает формирование идентификационного органолептического профиля сыра Российский.

При содержании термофильной культуры *Str. thermophilus* в составе ПБК более 30,0 % и использовании традиционной технологии (варианты 2 и 3), возникают риски не только чрезмерной интенсивности молочнокислого процесса во время выработки, но и ухудшения органолептических показателей, таких как недостаточная выраженность сырного вкуса и аромата, излишне кислый вкус (рисунок 17), пластичная и мажущаяся консистенция (таблица 10), слепой рисунок (рисунок 19), что приводит к снижению сортности сыров.

Однако уменьшение доли *Str. thermophilus* в составе ПБК до (20,0±1,0) % и исключение приема выдержки молочной смеси после внесения ПЗ (вариант 4) без изменения технологических режимов выработки даёт возможность получения сыра высшего сорта с идентификационными органолептическими характеристиками сыра Тильзитер.

Установлено, что с целью снижения рисков излишне интенсивного молочнокислого процесса при включении в состав ПБК *Str. thermophilus* для выработки полутвердых сыров, формуемых насыпью, и получения сыра Российский с близкими к идентификационным органолептическим характеристикам (рисунки 17-19 и таблица

10), возможно применение DVS с обязательной выдержкой молочной смеси для обеспечения времени для реактивации клеток (вариант 5).

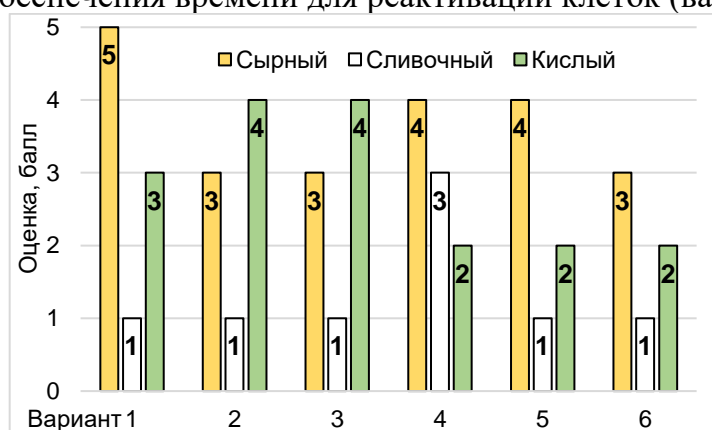


Рисунок 17 – Профилограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 60 суток

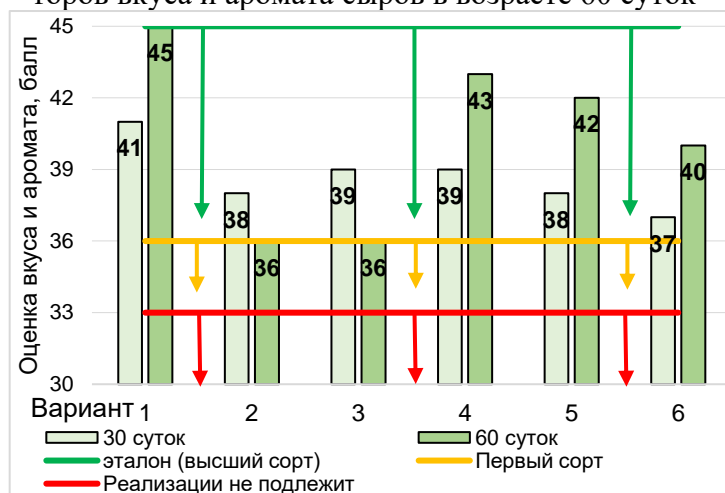


Рисунок 18 – Балльная оценка вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

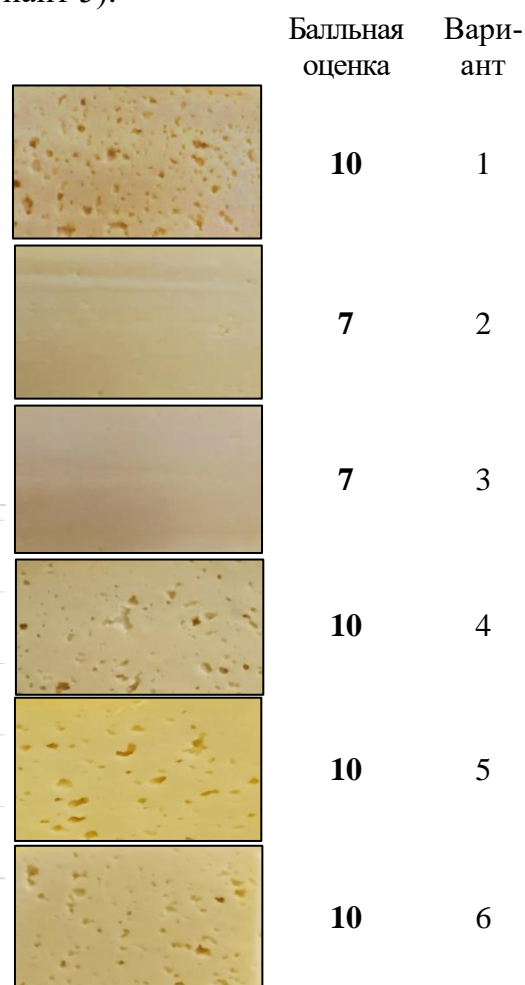


Рисунок 19 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте 60 суток

Таблица 10 – Органолептическая оценка консистенции сыров

Вариант	Консистенция сыров в возрасте 60 суток	
	характеристика	балл
1	отличная, эластично-пластичная	25
2	излишне пластичная, слегка мажущаяся	22
3	излишне пластичная, слегка мажущаяся	22
4	хорошая, эластично-пластичная	24
5	пластично-эластичная	23
6	пластично-эластичная	23

В результате проведенной серии экспериментов предложены варианты ПБК (таблица 11) для производства полутвердых сыров, формуемых насыпью, с использованием ПЗ, соответствующих идентификационным органолептическим профилям сыров Российский и Тильзитер и сыров по типу Российского с использованием DVS.

Таблица 11 – Состав ПБК для производства сыров, формуемых насыпью

Наименование сыра	Состав и соотношение МБК, %				Способ применения ПБК
	LcLL	LcLC	StT	LcLD	
Российский	30±1	40±1	—	30±1	ПЗ, с выдержкой
Тильзитер	30±1	20±1	20±1	30±1	ПЗ, без выдержки
Сыр по типу Российского	30±1	—	40±1	30±1	DVS, с выдержкой

**Глава 3.4** На основе полученных экспериментальных данных разработана техническая документация ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров». В документации представлен видовой состав и соотношение МБК в сконструированных ПБК, способствующих производству и выпуску полутвердых сыров высшего сорта с низкой температурой второго нагревания формуемых, как из пласта, так и насыпью, соответствующих идентификационным органолептическим характеристикам.

**В главе 3.5** представлены результаты опытно-промышленной апробации сконструированных составов ПБК для выработки сыров Голландский и Российский по традиционным технологиям на ООО «УСМЗ».

Опытные сыры выработаны с использованием ПЗ, приготовленной путем внесения ПБК в стерильное восстановленное обезжиренное молоко с содержанием сухих веществ ( $10,0 \pm 0,1$ ) %. Состав ПБК и готовая ПЗ соответствовали требованиям (таблица 12), установленным в ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров».

Таблица 12 – Состав ПБК и показатели ПЗ для выработки сыров

ПБК для сыра	Состав ПБК, %	Способ использования	Типруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у. е.
Голландский	LcLL – $30 \pm 1$ LcLC – $30 \pm 1$ LcLD – $30 \pm 1$ LbCas – $10 \pm 1$	ПЗ без выдержки	$90,9 \pm 1,3$	$1,58 \pm 0,12$	3
Российский	LcLL – $30 \pm 1$ LcLC – $40 \pm 1$ LcLD – $30 \pm 1$	ПЗ с выдержкой	$96,9 \pm 1,4$	$1,36 \pm 0,15$	2

Сыры в процессе созревания оценивались органолептически в возрасте 30 и 60 суток, балльная оценка представлена на рисунке 20.

Анализируя данные комплексной органолептической оценки сыров, можно сделать вывод, что опытные сыры, выработанные с использованием сконструированных ПБК, уже к 30 суткам созревания соответствовали высшему сорту.

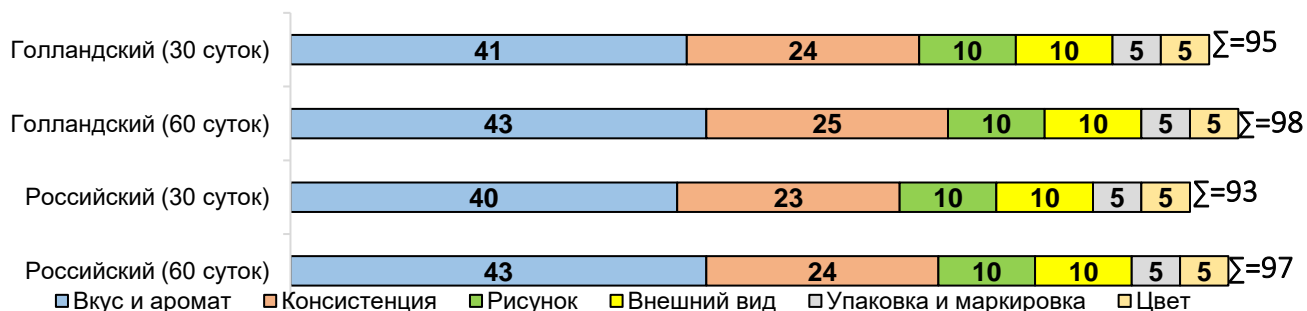


Рисунок 20 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

В результате проведения опытно-промышленной апробации, установлено, что использование сконструированных ПБК позволяет производить сыры Голландский и Российский высшего сорта соответствующих идентификационным органолептическим профилям каждого вида сыра.

**Глава 3.6** Экономическая эффективность от использования сконструированных ПБК может заключаться в разнице цен между сырами первого и высшего сортов (рисунок 21). Так, снижение сортности сыра за счет неправильно подобранной БЗ может уменьшить прибыль от реализации на 9-11%. При этом продажа сыра для промпереработки не всегда покрывает стоимость производства продукта и убытки могут составлять до 22 % от себестоимости.

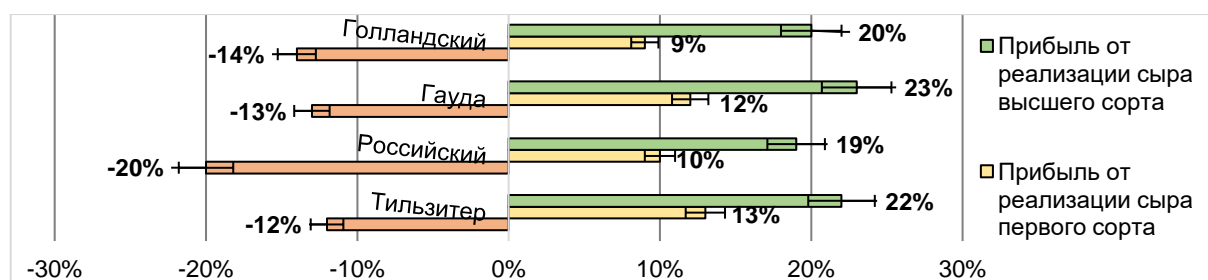


Рисунок 21 – Гистограмма прибыли от реализации различных видов полутвердых сыров

Результаты работы имеют народно-хозяйственное и социальное значение за счет возможности применения сконструированных ПБК для производства высококачественных полутвердых сыров, сокращения рисков снижения сортности сыров и ухудшения хранимоспособности, и как следствие, расширение возможности экспортного потенциала продуктов сыроделия и бактериальных заквасок.

### Выводы

1. Установлено, что выработанные в лабораторных условиях сухие МБК видов: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp., *Lacticaseibacillus casei* соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 34372–2017 по показателям безопасности, количеству жизнеспособных клеток и хранимоспособности и могут быть использованы для конструирования ПБК.

2. На основе анализа свойств основных видов кислотообразующих, газо- и ароматообразующих и протеолитически активных МБК, а также особенностей технологических режимов производства и идентификационных органолептических показателей полутвердых сыров, формуемых из пласта (Голландский и Гауда) и формуемых насыпью (Российский и Тильзитер), сконструированы варианты ПБК. Анализ результатов экспериментальных выработок позволил установить, что изменение состава и соотношения МБК в ПБК позволяет регулировать направленность ферментативных процессов при выработке и созревании сыров, что влияет на формирование идентификационных, в том числе органолептических показателей, характерных для конкретного вида сыра.

3. Доказано, что для обеспечения производства сыра Голландский высшего сорта с характерными идентификационными органолептическими показателями состав ПБК должен включать  $(40 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, а также в равном соотношении по  $(30 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* и *Lactococcus cremoris*; для ускорения процесса созревания Голландского сыра до 30–45 суток, рекомендуется замена  $(10 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* на *Lacticaseibacillus casei*, а для сыра Гауда – в равном соотношении по  $(20 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus cremoris* и *Streptococcus thermophilus* и  $(40 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*.

4. Установлено, что для производства полутвердых сыров, формуемых насыпью, соответствующих требованиям высшего сорта и характерным идентификационным органолептическим показателям, состав заквасочной микрофлоры для сыра Российский, вырабатываемого по традиционной технологии, должен включать  $(30 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*,  $(40 \pm 1) \%$  *Lactococcus cremoris* и  $(30 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*; а для производства сыра Тильзитер в состав закваски, помимо лактококков, рекомендуется включать  $(20 \pm 1) \%$  *Streptococcus thermophilus* за счет уменьшения доли *Lactococcus cremoris*.

5. Показано, что для производства сыров по типу Российский, соответствующих требованиям высшего сорта, допустимо применение мезофильно-термофильной DVS, включающей  $(30 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*,  $(40 \pm 1) \%$  *Streptococcus thermophilus* и  $(30 \pm 1) \%$  *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, в сочетании с технологическим приемом – выдержка смеси перед вне-



сением молокосвертывающего фермента до достижения титруемой кислотности  $(19 \pm 1)^\circ\text{T}$ .

6. Разработаны ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров», которые могут быть использованы биофабриками с целью научно обоснованного конструирования ПБК, обеспечивающих получение различных видов полутвердых сыров высшего сорта, соответствующих требуемым идентификационным органолептическим показателям.

7. Результаты проведенных исследований получили подтверждение при проведении опытно-промышленных выработок полутвердых сыров Голландский и Российский на ООО «УСМЗ» с применением сконструированных ПБК. В результате комплексной органолептической оценки показано, что применение рекомендуемых ПБК при выработке сыров по традиционным технологиям позволило получить сыры высшего сорта, соответствующие установленным идентификационным органолептическим показателям за более короткие сроки созревания.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

#### Статьи в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science

1. Sviridenko, G.M. Characteristics of Growth and Metabolism of *Lactocaseibacillus casei* in Model Milk Media and Semi-Hard Cheeses / G.M. Sviridenko, D.S. Vakhruшева, O.M. Shukhalova, **D.S. Mamykin**, V.A. Mordvinova // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2024. – Vol. 60. – № 6. – P. 1351–1362. DOI: 10.1134/S0003683824604980.

2. Свириденко, Г.М. Формирование рисунка сыров при использовании моновидовых культур / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, Д.С. Вахрушева, **Д.С. Мамыкин** // Пищевые системы. – 2024. – Том 7. – № 2. – С. 276–281. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-2-276-281.

3. Sviridenko, G.M. Optimization of the composition of the protein-carbohydrate base of the nutrient medium for the production of monospecific bacterial starter culture of *Lactobacillus casei* // G.M. Sviridenko, **D.S. Mamykin**, T.V. Komarova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1052. – № 1. – A. 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/1052/1/012066.

#### Статьи в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов ВАК РФ (категории K1 и K2)

4. 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.

5. **Мамыкин, Д.С.** Оптимизация состава питательной среды для производства заквасочных культур *Lactobacillus plantarum* / **Д.С. Мамыкин** // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – № 3S. – С. 193–198. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-193-198.

6. Свириденко, Г.М. Биотехнологическая трансформация молока под действием *Streptococcus thermophilus* при производстве сыра / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, Д.С. Вахрушева, **Д.С. Мамыкин** // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2022. – № 5. – С. 19–23. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.5.4.

7. 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/PP1.2023.2.2.013.

8. 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. 71–76. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-6-18.

9. Свириденко, Г.М. Влияние основной кислотообразующей микрофлоры бактериальных заквасок на формирование органолептического профиля сыров с низкой температурой второго нагревания / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин** // Молочная промышленность. – 2024. – № 5. – С. 50–55. DOI: 10.21603/1019-8946-2024-5-12.

#### Статьи в материалах конференций и журналах, индексируемых в РИНЦ

10. Свириденко, Г.М. Комплексная оценка свойств молочных лактококков в составе бактериальных заквасок для сыров / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин** // Переработка молока. – 2022. – № 1. – С. 64–67.

11. Свириденко, Г.М. Особенности развития молочных лактококков, используемых в составе бактериальных заквасок для сыров / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова,

**Д.С. Мамыкин** // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства». – Углич. – 22-24 июня 2021 г. – С. 83-87.

12. Свириденко, Г.М. Исследование свойств сливочных лактококков с целью использования в составе бактериальных заквасок для сыров / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин** // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства». – Углич. – 22-24 июня 2021 г. – С. 87-92.

13. Свириденко, Г.М. Исследование свойств диацетильных лактококков с целью использования в составе бактериальных заквасок для сыров / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин** // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства». – Углич. – 22-24 июня 2021 г. – С. 93-98.

14. Свириденко, Г.М. Исследование свойств термофильного стрептококка с целью использования в составе бактериальных заквасок для сыров / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин** // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства». – Углич. – 22-24 июня 2021 г. – С. 98-103.

15. **Мамыкин, Д.С.** Оптимизация технологических процессов производства моновидовой бактериальной закваски *Lbc. plantarum* / **Д.С. Мамыкин** // Сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы и современные решения в области пищевых систем». – Москва. – 20-22 сентября 2022 г. – С. 219-224.

16. Шухалова, О.М. Подбор микрофлоры бактериальных заквасок для производства сыров континентальной группы / О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин**, Д.С. Вахрушева // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Производство сыра, масла и другой молочной продукции в современных условиях. Проблемы и пути решения». – Углич. – 19-23 июня 2023 г. – С. 175-182.

17. Шухалова, О.М. Влияние *Streptococcus thermophilus* на трансформацию компонентов молока в процессе созревания сыров голландской группы / О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин**, Д.С. Вахрушева // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Производство сыра, масла и другой молочной продукции в современных условиях. Проблемы и пути решения». – Углич. – 19-23 июня 2023 г. – С. 189-195.

18. **Мамыкин, Д.С.** Исследование композиционного состава бактериальных заквасок для полутвердых сыров голландской группы / **Д.С. Мамыкин**, Д.С. Вахрушева // Сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли». – Москва. – 28-29 сентября 2023 г. – С. 192-198.

19. Шухалова, О.М. Оценка видового состава и биологических свойств бактериальных заквасок для производства сыров / О.М. Шухалова, **Д.С. Мамыкин** // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современные тренды в производстве, потреблении и контроле сыра, масла и другой молочной продукции». – Углич. – 18-20 июня 2024 г. – С. 111-114.

#### Патенты на изобретения

20. Патент РФ № 2823060. Способ получения поливидовой бактериальной концентрированной закваски для производства сыров голландской группы / Г.М. Свириденко, **Д.С. Мамыкин**, О.М. Шухалова, В.А. Мордвинова, Т.В. Комарова. – заявл. 27.12.2023, – опубл. 18.07.2024, – бюлл. № 20.

#### Перечень сокращений и условных обозначений:

БЗ – бактериальная закваска; БК – бактериальная концентрированная закваска; ВАВ – вкусо-ароматические вещества; КОЕ – колониеобразующие единицы; ЛВАВ – летучие вкусо-ароматические вещества; МБК – моновидовая бактериальная концентрированная закваска; МД – массовая доля; МО – микроорганизмы; МКМ – молочнокислые микроорганизмы; ПЗ – производственная закваска; ПБК – поливидовая бактериальная концентрированная закваска; СВ – сухое вещество; DVS – закваска прямого внесения; LbCas (*Lb. casei*) – *Lactocaseibacillus casei*; LcLC (*Lc. cremoris*) – *Lactococcus cremoris*; LcLD (*Lc. diacetylactis*) – *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*; LcLL (*Lc. lactis*) – *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*; Leu (*Leuconostoc*) – *Leuconostoc mesenteroides* subsp.; lg N – десятичный логарифм числа N; StT (*Str. thermophilus*) – *Streptococcus thermophilus*.