

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия-
филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

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

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
Свириденко Галина
Михайловна

Москва – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1 Биотехнологические аспекты производства полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания.....	12
1.2 Состав микрофлоры бактериальных заквасок, применяемых в производстве полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания.....	18
1.2.1 Состав основной кислотообразующей микрофлоры бактериальных заквасок.....	18
1.2.2 Состав газо- и ароматообразующей микрофлоры бактериальных заквасок.....	25
1.2.3 Мезофильные молочнокислые палочки как дополнительные культуры в производстве сыров с низкой температурой второго нагревания..	28
1.3 Способы конструирования и применения бактериальных заквасок.....	30
1.4 Заключение по обзору литературы.....	36
ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	38
2.1 Организация проведения исследований.....	38
2.1.1 Технологический регламент выработки моновидовых бактериальных концентрированных заквасок.....	40
2.1.2 Получение поливидовых бактериальных концентрированных заквасок.....	43
2.1.3 Приготовление производственной закваски.....	43
2.1.4 Технологический регламент выработки полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых из пласта.....	44
2.1.5 Технологический регламент выработки полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью.....	45
2.2 Объекты исследований.....	46

2.3 Методы исследований.....	46
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	53
3.1 Нарботка опытных партий моновидовых бактериальных концентрированных заквасок.....	53
3.2 Оценка сыропригодных свойств молока, использованных для выработок экспериментальных сыров.....	56
3.3 Конструирование состава поливидовых бактериальных концентрированных заквасок для различных видов полутвердых сыров	58
3.3.1 Конструирование состава поливидовых бактериальных заквасок для выработки полутвердых сыров, формуемых из пласта	59
3.3.1.1 Исследование влияния соотношения кислото- газо- и ароматообразующих лактококков на процессы выработки, созревания и формирование органолептических показателей сыров	59
3.3.1.2 Исследование целесообразности использования дополнительной кислотообразующей культуры <i>Str. thermophilus</i> в составе поливидовых БК....	70
3.3.1.3 Исследование возможности использования дополнительной газо- и ароматообразующей культуры <i>Leuconostoc</i> в составе поливидовых БК.....	81
3.3.1.4 Исследование целесообразности использования дополнительной протеолитически активной культуры <i>Lb. casei</i> в составе поливидовых БК	92
3.3.2 Конструирование состава поливидовых бактериальных заквасок для выработки полутвердых сыров, формуемых насыпью.....	101
3.3.2.1 Исследование влияния соотношения кислотообразующих МО в составе поливидовых БК	102
3.3.2.2 Исследование возможности использования <i>Str. thermophilus</i> путем корректировки технологических режимов производства.....	113
3.3.2.3 Исследование особенностей использования способа прямой инокуляции БК при производстве полутвердых сыров, формуемых насыпью	123
3.4 Разработка технической документации.....	135

3.5 Опытнo-промышленная апробация сконструированных поливидовых бактериальных заквасок в условиях молокоперерабатывающего предприятия	139
3.6 Экономическая эффективность	143
ВЫВОДЫ.....	144
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	146
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	147
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

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. Технология производства большинства видов сыров основывается на микробиологических, биохимических и физико-химических процессах, происходящих на всех этапах производства под действием заквасочной микрофлоры и ее метаболитов, что определяет специфические и идентификационные показатели готового продукта. 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.

В основу работы положена **рабочая гипотеза**, в соответствии с которой формирование требуемых идентификационных органолептических показателей конкретных групп полутвердых сыров можно достичь путем использования поливидовых бактериальных концентрированных заквасок, сконструированных из моновидовых бактериальных концентрированных заквасок целевого назначения в заданном соотношении с учетом особенностей технологических режимов производства сыра.

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 были 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, формуемых 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; оценить их органолептические показатели. Определить ПБК, позволяющие получить сыры Голландский и Гауда, соответствующие требуемым идентификационным показателям.

4. Сконструировать состав ПБК для полутвердых сыров, формуемых 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 «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».

Результаты исследований положены в основу разработки ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров» (Приложение А), 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 (Приложение Б).

Осуществлена опытно-промышленная апробация сконструированных ПБК на ООО «УСМЗ» при производстве полутвердых сыров Голландский (Приложения В 1, В 2, В 3) и Российский (Приложения В 4, В 5, В 6).

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 накопления ЛВАВ во время выработки и созревания сыров, а также формирования 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:

- Международная научно-практическая конференция «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства» (Углич, 2021);
- XIV Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Современные пищевые тенденции глазами молодых ученых: перспективы, инновации и прогрессивные технологии» (Санкт-Петербург, 2021);
- Международная научно-практическая конференция «Передовые достижения науки в молочной отрасли» секция «Инновационные технологии в переработке молока» (Вологда, 2021);
- Международная научная онлайн-конференция «Направленная трансформация продовольственного сырья при производстве продуктов питания, пищевых и биологически активных добавок, обеспечение контроля качества и безопасности» секция «Биотехнологические и физико-химические методы трансформации и хранения продовольственного сырья при производстве продуктов питания» (Краснодар, 2022);
- XV Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы и современные решения в области пищевых систем» (Москва, 2022);
- Международная научно-практическая конференция «Производство сыра, масла и другой молочной продукции в современных условиях. Проблемы и пути решения» (Углич, 2023);
- XVI Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов «Фуд-бум: новые технологии для будущего пищевой отрасли» (Москва, 2023);
- Международная научно-практическая конференция «Современные тренды в производстве, потреблении и контроле сыра, масла и другой молочной продукции» (Углич, 2024).

Результаты работы отмечены дипломом РАН в номинации «Лучшая научно-исследовательская работа» (Санкт-Петербург, 2021) (Приложение Г 1), дипломом участника заключительного тура конкурса научно-исследовательских работ молодых ученых (Вологда, 2021) (Приложение Г 2), дипломом «За перспективное направление научно-исследовательской работы» (Москва, 2022) (Приложение Г 3), благодарностью Министерства науки и высшего образования Российской Федерации за значительный вклад в развитие научной сферы, высокие достижения и успехи (Приложение Г 4).

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».

ГЛАВА 1 ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Биотехнологические аспекты производства полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания

В РФ внутреннее производство и потребление сыров и сырных продуктов на протяжении последних лет демонстрирует устойчивую положительную тенденцию [1-3].

Сыроделию, как производству, свойственен ряд особенностей, которые учитываются при оценке и совершенствовании существующих методов и средств управления биотехнологическими процессами, протекающими в сырах во время их выработки, созревания и хранения [4]. К особенностям биотехнологии производства полутвердых сыров можно отнести:

- использование молока, соответствующего требованиям сыропригодности, которое по своей природе характеризуется как сложная вариабельная биологическая система;

- использование бактериальных заквасок определенного видового состава, соответствующего технологическим режимам производства и органолептическим характеристикам конкретного вида сыра, так как с развитием и метаболизмом заквасочной микрофлоры связано большинство биотрансформаций компонентов молока, обуславливающих качество готового продукта [5-7].

Результаты исследований отечественных и зарубежных ученых, свидетельствуют о том, что необходимая интенсивность и направленность биотехнологических процессов во многом зависят не только от видового и штаммового состава заквасочных микроорганизмов, но и от их физиолого-биохимических и технологически ценных свойств, реализующихся в условиях производства конкретного вида сыра [5, 8-10].

Заквасочная микробиота, в зависимости от видового состава, выполняет следующие функции во время выработки и в процессе созревания сыров:

✓ выполняет биотрансформацию основных компонентов молока в соединения, которые формируют органолептические показатели сыра (вкус, аромат, консистенцию и рисунок);

✓ защищает в процессе выработки, созревания и хранения от биоповреждений путем ограничения или подавления роста и развития технически вредной микрофлоры, которая может ухудшить качество и безопасность готового продукта;

✓ ускоряет синерезис сгустка за счет интенсивного молочнокислого процесса, стимулирующего отделение сыворотки;

✓ может обладать способностью придавать сырам профилактические и пробиотические свойства [11-15].

С активностью и свойствами заквасочных микроорганизмов связано большинство трансформаций, которые происходят в молоке и сырной массе, в процессе выработки, созревания и хранения готового продукта:

– гликолиз – гидролиз углеводов (лактозы), с образованием в качестве основного продукта – молочной кислоты, продуцирование которой при сбраживании гомоферментативными микроорганизмами составляет 85-95 % и гетероферментативными культурами 50-65 %, при этом остальная глюкоза трансформируется в уксусную кислоту, этанол, глицерол, маннитол;

– протеолиз – является сложной серией реакций, в процессе которых казеины гидролизуются до пептидов и аминокислот, продуцирование пептидов протеиназами молочнокислых микроорганизмов может отличаться как количественно, так и качественно;

– липолиз – гидролиз молочного жира, протекающий под действием липаз, что приводит к образованию свободных жирных кислот, которые не только сами по себе являются важными ароматическими соединениями, но также служат источниками других ароматических соединений, таких как сложные эфиры и метилкетоны;

– образование вкусо-ароматических веществ – ароматические соединения играют важную роль в формировании вкуса, который является

главным свойством для потребителей. Сыры содержат множество ароматических соединений, являющихся результатом биохимических процессов, происходящих под действием экзоферментов молочнокислых микроорганизмов [5, 16-18].

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что заквасочные микроорганизмы оказывают определяющее значение при производстве ферментированных молочных продуктов, в том числе полутвердых сыров.

Как показали исследования покупательских предпочтений, большинство из респондентов при выборе сыра отдают предпочтение полутвердым сырам [19, 20]. Однако потребители зачастую высказывают замечания к их органолептическим показателям и вкусовому букету [21].

Одной из групп полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания являются сыры, формируемые из пласта. К данной группе относятся сыры следующих наименований: Голландский, Гауда, Костромской, Пошехонский, Ярославский, Эстонский, Степной, Маасдам. К наиболее популярным среди населения и производимым в значительных количествах сырам данной группы, но имеющим ряд характерных органолептических особенностей, относятся сыры Голландский и Гауда [22].

Происхождение сыра Гауда берет свое начало в конце 14 века в голландском городе Гауда, где его изготавливали на протяжении нескольких веков, и только к 19 веку данный продукт обрел популярность на всей территории Голландии [23]. При этом в настоящее время Сыр Гауда является один из самых производимых видов сыра в мире [24]. Отечественные же производители начали массово изготавливать сыр с данным наименованием только в начале 21 века.

Происхождение сыра Голландский относится к мелким фермерским производствам России начала 20 века. Технология данного вида сыра основана на технологиях типичных полутвердых сыров, производимых в Голландии, таких как Гауда и Эдам, но адаптирована под условия производства и потребительские предпочтения россиян [25].

Отличия в технологии данных видов сыров не значительны и формирование характерных органолептических показателей во многом определяется составом

заквасочной микрофлоры и соотношением отдельных видов молочнокислых микроорганизмов [26].

Для получения традиционного вкуса сыра Голландский в соответствии с идентификационными органолептическими показателями (ГОСТ 32260–2013) «Сыры полутвердые. Технические условия», а именно – «выраженный сырный с наличием остроты и легкой кисловатости», и консистенции с характеристикой «эластичная, слегка ломкая на изгибе», а также развитого рисунка, состоящего из глазков круглой или овальной формы, рекомендуется в составе заквасочной микрофлоры использовать смесь лактококков, включающую вид *Lactococcus cremoris*, а также подвиды *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* и *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* [27]. Однако в доступной литературе нет данных о рекомендуемом соотношении лактококков в составе бактериальной закваски.

Для сыра Гауда в соответствии с потребительскими предпочтениями, приветствуется наличие сливочного вкуса различной степени выраженности и пластичной консистенции, что предполагает иной состав микрофлоры, либо иное соотношение отдельных видов заквасочных микроорганизмов. При этом несмотря на то, что Гауда является одним из самых производимых видов сыра в мире, состав «типичной» бактериальной закваски не определен. Она может состоять не только из смеси различных штаммов и видов лактококков и лейконостоков, но и с добавлением таких бактерий как *Str. thermophilus*, *Lacticaseibacillus paracasei*, *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactiplantibacillus plantarum* [28, 29]. Однако как в зарубежных, так и в отечественных литературных источниках отсутствуют данные о рекомендуемом соотношении молочнокислых бактерий, входящих в состав бактериальной закваски.

К технологическим особенностям производства полутвердых сыров голландской группы относятся:

- максимальная температура второго нагревания не превышает 41 °С, в связи с чем в составе заквасочной микрофлоры могут быть использованы все виды / подвиды мезофильных лактококков;

– сыры данной группы формируются из пласта, что определяет необходимость подбора видового и количественного состава газо- и ароматообразующей микрофлоры для формирования необходимого рисунка [27, 30].

Другой группой полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания являются сыры, формируемые насыпью, к ней относятся сыры следующих наименований: Российский, Угличский, Тильзитер, Этельский, Вырусский, Литовский, Пикантный, Латвийский, из которых самыми популярными у населения РФ являются сыры Российский и Тильзитер [22, 31].

Технология сыра Российский разработана во ВНИИМС в середине 20 века, и уже к концу 1959 года первая партия сыра, выработанная на Угличском заводе, поступила на реализацию в Москву, через специализированный магазин «Сыр» [32]. В последующие годы технология сыра Российский была внедрена на многих сыродельных заводах СССР [33].

Сыр Российский имеет продолжительность созревания 60 суток и относится к группе полутвердых сыров с повышенным уровнем молочнокислого процесса. Поэтому наличие кислотности различной степени выраженности во вкусе является одним из его идентификационных органолептических признаков. Для получения вкуса «выраженный сырный, слегка кисловатый» и консистенции «умеренно эластичная», в соответствии с ГОСТ 32260–2013 «Сыры полутвердые. Технические условия» рекомендуется увеличивать дозу производственной закваски, состоящей из смеси лактококков, до 1,0-1,5 % [27].

Производство сыра Тильзитер зародилось в середине 19 века в городе Тильзит в Восточной Пруссии прусско-швейцарскими поселенцами из долины Эмменталь [34]. В России Тильзитер начали вырабатывать к концу 19 века, однако, оригинальная технология подразумевала созревание в условиях культивирования на поверхности головок сырной слизи [35].

В настоящее время большинство отечественных производителей изготавливают сыр Тильзитер без использования сырной слизи, по нормативным документам изготовителей с различной продолжительностью созревания. Вкус

сыра характеризуется как «от умеренно выраженного до выраженного сырного с наличием легкой кисловатости и сливочной ноты», консистенция «эластично-пластичная или пластичная» [36-38].

К технологическим особенностям производства полутвердых сыров российской группы можно отнести:

- повышенный уровень молочнокислого процесса и температура второго нагревания (42 ± 1) °С, что предполагает возможность использования в составе заквасочной микрофлоры для сыра Российский лактококков со значительной термостойкостью и кислотообразующей активностью, а для сыра Тильзитер возможность использования, наряду с лактококками, термофильного стрептококка, имеющего высокую скорость развития и кислотообразования;
- для сыров данной группы основное влияние на рисунок оказывает способ формования насыпью, в связи с чем имеется возможность снижения в составе бактериальной закваски доли газообразующей микрофлоры;
- за счет повышенного молочнокислого процесса в сыре Российский максимальный урожай жизнеспособных клеток заквасочных микроорганизмов и сбраживание большей части лактозы фиксируется после посолки сыров перед созреванием;
- повышенный уровень молочнокислого процесса для сыра Российский предполагает способ использования заквасочной микрофлоры – производственную закваску [27, 32, 33].

Таким образом, различия в технологическом процессе производства полутвердых сыров, включающие: режимы выработки, уровень молочнокислого процесса, способ формования и условия созревания, а также идентификационные органолептические показатели каждого вида продукта, такие как вкус, запах, консистенция, а также рисунок и цвет сырного теста, определяют необходимость подбора видового состава заквасочной микрофлоры и соотношения культур в бактериальных заквасках и способа их использования для каждого вида сыра.

1.2 Состав микрофлоры бактериальных заквасок, применяемых в производстве полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания

1.2.1 Состав основной кислотообразующей микрофлоры бактериальных заквасок

Проблема подбора видового состава бактериальных заквасок является одной из определяющих при разработке эффективных способов управления биотехнологическими процессами производства конкретных видов сыра [39]. Необходимость в научно обоснованных подходах к конструированию бактериальных заквасок, исходя, с одной стороны, из технологических особенностей производства и органолептических показателей сыров, а с другой стороны из особенностей развития и метаболизма заквасочных микроорганизмов, стоит особенно остро в связи с необходимостью развития производства бактериальных заквасок в РФ.

Основополагающим фактором обеспечения производства сыров различных групп высокого качества, безопасных для потребителя и хранимоспособных, является использование заквасочной микрофлоры известного состава, обеспечивающей получение готового продукта, отвечающего требованиям нормативной и технической документации [40]. Поэтому при разработке и производстве бактериальных заквасок особое внимание должно уделяться идентификации и изучению как биологических, так и технологически значимых свойств бактерий, которые в дальнейшем войдут в состав заквасочной микробиоты [41].

Анализ технологических особенностей производства отдельных видов полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, позволяет сделать вывод о необходимости подбора состава бактериальных заквасок с учетом специфических особенностей каждого вида / подвида микроорганизмов. При этом состав бактериальных заквасок для производства полутвердых сыров необходимо оценивать по наиболее значимым технологическим свойствам культур, таким как:

- скорость и интенсивность развития и кислотообразования в молоке;
- термостабильность при температурах второго нагревания;
- солеустойчивость и психротрофность, т.е. возможность развития в процессе созревания сыров;
- газо- и ароматообразующая способность, которая определяет интенсивность и направленность формирования рисунка в сыре;
- ферментативная активность, включающая интенсивность и направленность процессов гликолиза, протеолиза, липолиза и образование вкусо-ароматических веществ [26, 28, 42, 43].

Исследование особенностей метаболизма молочнокислых микроорганизмов относится к числу важных задач общей и технической микробиологии, имеющих не только теоретическое, но и большое практическое значение, так как составляет научную основу решения таких важных проблем как:

- формирование идентификационных показателей сыров, в том числе органолептических;
- целенаправленное управление молочнокислыми процессами при выработке ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров;
- интенсификация технологических процессов производства полутвердых сыров, повышение безопасности и качества готовой продукции;
- создание биотехнологии новых видов сыра [44-46].

Известно, что формирование органолептических показателей сыров происходит в результате биотрансформации компонентов молока во вкусовые вещества в основном под действием заквасочной микрофлоры. В бактериальных заквасках идентичного состава соотношение между отдельными видами микроорганизмов может быть различным, что отражается на качественных и идентификационных показателях сыров [47, 48].

Для традиционных отечественных полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания необходимой микрофлорой бактериальной закваски являются мезофильные гомоферментативные лактококки. Они представляют собой группу близкородственных в генетическом отношении

молочнокислых кокков, включающую вид *Lc. cremoris*, а также подвида *Lc. lactis* subsp. *lactis* и *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* [26, 49, 50].

В соответствии с «Определителем бактерий Берджи» [51] род *Lactococcus* относится к Группе 17 «Грамположительные кокки». Клетки данных микроорганизмов сферические или овальные размером $(0,5-1,2) \times (0,5-1,5)$ мкм, в жидкой среде располагаются в парах и коротких цепочках. Эндоспор не образуют, грамположительные, неподвижные, капсул не имеют. Факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы. Метаболизм бродильного типа: сбраживают углеводы с образованием в основном L (+) - молочной кислоты, но не газа. Потребности в питательных веществах сложные. Кatalазо- и оксидазоотрицательные. Оптимальная температура для роста рода *Lactococcus* 30 °C [26, 51].

Несмотря на родовые сходства лактококков, следует учитывать и технологически важные свойства каждого вида / подвида отдельно. Микроорганизмы подвида *Lc. lactis* subsp. *lactis* наиболее распространены среди лактококковых заквасок отечественного производства. По данным Перфильева Г.Д. моновидовая закваска молочного лактококка в процессе выработки сыров образует плотный ровный сгусток с колющейся консистенцией, кисломолочным вкусом и запахом [52]. Бактериальные закваски, в микрофлоре которых доминирует *Lc. lactis* subsp. *lactis*, обладают высокой кислотообразующей способностью и обеспечивают более высокую степень синерезиса сгустка [53].

При температурных режимах второго нагревания (41 ± 2) °C, которые приняты в традиционных технологиях полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, клетки испытывают тепловой шок, что приводит к торможению развития и снижению скорости кислотообразования лактококков. Так, при температуре культивирования 40 °C интенсивность развития *Lc. lactis* subsp. *lactis* значительно снижается по сравнению с оптимальной температурой роста (30 ± 1) °C. Увеличивая температуру до уровня второго нагревания, принятую при производстве сыра Российский, (42 ± 1) °C, отмечено замедление метаболических процессов и роста клеточной популяции [18, 54, 55].

Штаммы *Lc. lactis* subsp. *lactis* способны развиваться при температуре $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$, что дает возможность их использовать в качестве созревательных культур. Культура *Lc. lactis* subsp. *lactis* способна развиваться в молочной среде при 4 % NaCl, обеспечивая необходимый уровень метаболизма в большинстве полутвердых сыров. При этом штаммы данной культуры, несмотря на значительную психротрофность, не развиваются при температуре хранения готового продукта – $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ [56, 57].

Некоторые штаммы *Lc. lactis* subsp. *lactis* могут придавать горечь ферментированным молочным продуктам, особенно сыру, за счет образующихся полипептидов. В связи с этим при подборе штаммов *Lc. lactis* subsp. *lactis* в состав бактериальных заквасок следует уделять особое внимание выявлению «горьких» штаммов для своевременной их выбраковки [58-61].

Образование вкусо-ароматических соединений в полутвердых сырах представляет собой сложный процесс глубокого ферментативного преобразования продуктов гидролиза сухих веществ сыра, таких как лактоза, молочный жир и казеины при воздействии экзоферментов заквасочной микрофлоры. Поэтому видовой и штаммовый состав бактериальной закваски оказывает определяющее влияние на вкусовой профиль сыров [62].

Группой ирландских исследователей под руководством Alemayehu D. отмечено, что штаммы *Lc. lactis* subsp. *lactis* продуцировали в процессе метаболизма высокие уровни альдегидов с разветвленной цепью (2- и 3-метилбутаналь и 2-метилпропаналь) и соответствующих им спиртов (2- и 3-метилбутанол и 2-метил-1-пропанол), которые являются продуктами распада лейцина, изолейцина и валина соответственно [63].

Моновидовая закваска сливочного лактококка образует ровный сгусток с чистым кисломолочным вкусом и ароматом. Бактериальные закваски с преобладанием *Lc. cremoris* позволяют получить более мягкий сгусток, по сравнению с заквасками, в которых преобладает подвид *Lc. lactis* subsp. *lactis*, а сыры после прессования имеют более высокую влажность [64].

Значительный фактор, который может повлиять на развитие и метаболизм *Lc. cremoris*, и, как следствие, на интенсивность биохимических процессов и формирование органолептического профиля сыров – это увеличение температуры второго нагрева выше $(41 \pm 1)^\circ\text{C}$ [65]. У лактококков вида *Lc. cremoris* тяжесть повреждений при такой температуре выше, чем у лактококков подвида *Lc. lactis* subsp. *lactis*, и требуется более длительное время для их восстановления [18]. В связи с чем следует учитывать особенности метаболизма сливочного лактококка при производстве сыра Российский, при выработке которого максимальная температура второго нагревания может составлять 43°C , что определяет риск приостановления развития клеточной популяции *Lc. cremoris* в процессе выработки с возможностью последующего восстановления в процессе обработки зерна, формования и посолки [66].

Несмотря на то, что динамика развития клеточной популяции *Lc. cremoris* при $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ протекает существенно медленнее, чем *Lc. lactis* subsp. *lactis*, при температуре хранения готового продукта некоторые штаммы сливочных лактококков продолжают свое развитие [67].

Недавно проведенные во ВНИИМС комплексные исследования по изучению динамики формирования органолептических показателей ферментированных молочных продуктов, в том числе сыров, показали, что штаммы сливочного лактококка *Lc. cremoris* в значительно меньшей степени, чем штаммы молочного лактококка *Lc. lactis* subsp. *lactis*, создают риск образования горечи и, как результат, являются более предпочтительными в составе бактериальных заквасок для полутвердых сыров, формируемых из пласта [18, 58, 68].

Бактериальные закваски, производимые в России и за рубежом, в особенности, используемые в производстве полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, отличаются составом основной кислотообразующей лактококковой заквасочной микрофлоры. В составе бактериальных заквасок отечественного производства, как правило, основную долю микрофлоры составляют микроорганизмы подвида *Lc. lactis* subsp. *lactis*, в составе бактериальных заквасок большинства иностранных производителей

доминирует *Lc. cremoris*, при этом *Lc. lactis* subsp. *lactis* может, как отсутствовать, так присутствовать в незначительном количестве. Данное различие составов бактериальных заквасок обусловлено различиями в технологиях производства сыров и сыропригодных свойствах молока-сырья [9].

Наряду с лактококками в состав бактериальных заквасок в качестве кислотообразующего компонента может входить термофильная культура *Str. thermophilus*.

Род *Streptococcus* – в соответствии с «Определителем бактерий Берджи» относится к Группе 17 «Грамположительные кокки». Является гомоферментативным молочнокислым микроорганизмом. Клетки сферические или овальные, диаметром (0,5-2,0) мкм немного крупнее клеток лактококков, расположены парами и цепочками; в фазе экспоненциального роста преобладают длинные цепочки. Неподвижные; неспорообразующие; грамположительные. У некоторых видов клетка окружена капсулой. Факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы; нуждаются для роста в богатых питательных средах и иногда в 5 % CO₂. Метаболизм бродильного типа; образуют в основном лактат, но не газ. Каталазаотрицательные [26, 51].

Несмотря на то, что термофильный стрептококк и лактококки являются гомоферментативными молочнокислыми микроорганизмами, сбраживание лактозы данными культурами происходит не одинаково. Лактококки гидролизуют лактозу на клеточной мембране и сбраживают полученную галактозу и глюкозу до молочной кислоты внутри клетки [26, 69, 70]. Штаммы *Str. thermophilus*, гидролизуя лактозу внутри клетки, выделяют в среду галактозу, сбраживая внутри клетки только глюкозу. Не метаболизированная термофильным стрептококком галактоза участвует в энергетическом метаболизме лактококков в незначительном количестве [71] и может оставаться, в зависимости от состава заквасочной микрофлоры, в количестве до 0,6 % до конца срока созревания сыров [72].

Остаточная галактоза может являться источником углеводов для энергетического метаболизма мезофильных молочнокислых палочек незаквасочного происхождения, которые могут быть причиной пороков сыра [73].

Помимо этого, галактоза может вызывать пороки органолептических характеристик сыров. Так, группой ученых под руководством Igoshi A. доказано потемнение сырного теста под действием галактозы во время хранения [74]. Помимо этого, наличие галактозы в сыворотке может влиять на скорость кристаллизации лактозы во время ее переработки, и появление риска потемнения сухой сыворотки во время хранения [75]. При этом сыры с содержанием галактозы противопоказаны людям с заболеванием галактоземия [76].

Температурные режимы, используемые в процессе выработки сыров российской и голландской групп, обеспечивают условия для интенсивного развития *Str. thermophilus* и возможности достижения максимального урожая клеток и интенсивности молочнокислого процесса к началу стадии созревания. Однако в связи с этим возникает риск доминирования термофильного стрептококка над остальной заквасочной микрофлорой и чрезмерно интенсивного молочнокислого процесса и, как следствие – перекишение сырной массы [77].

В процессе постепенного охлаждения головок сыра до температуры созревания полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания культура *Str. thermophilus* приостанавливает процессы размножения и развития, что однако не исключает возможности ферментативных процессов разложения сухих веществ сыра под действием экзоферментов, выделившихся во время выработки сыров при более высоких температурах [78].

Группа ученых под руководством Qiu S. обозначила определенный риск использования термофильного стрептококка в связи с тем, что определенные штаммы во время метаболизма могут продуцировать гликолевый альдегид, который, в случае доминирования над другими ароматическими соединениями, придает готовому продукту привкус перепастеризации [79].

Как отмечают отечественные и зарубежные исследователи некоторые штаммы *Str. thermophilus* при глубинном культивировании в молочных средах образуют вязкие и тягучие сгустки. Данная особенность имеет отношение к продуцированию в молоке полисахаридов, в состав которых входит галактоза и глюкоза и в малых объемах ксилоза, арабиноза, рамноза и манноза [80-82]. При

подборе штаммов *Str. thermophilus* в состав бактериальных заквасок целевого назначения их необходимо разделять на «вязкие» и «невязкие», так как применение «вязких» штаммов при производстве сыров исключено [83, 84].

Согласно сборнику технологических инструкций по производству полутвердых сыров ТИ ГОСТ 32260–2013, термофильный стрептококк не должен входить в состав бактериальных заквасок для полутвердых сыров голландской и российской групп, что обусловлено его физиолого-биохимическими свойствами [27]. Применение бактериальных заквасок, в состав которых входит термофильная культура *Str. thermophilus*, при выработке полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания приводит к необходимости внесения изменений в технологический процесс производства. Несмотря на это, зарубежные производители бактериальных заквасок поставляют на российский рынок для производства вышеупомянутой группы сыров бактериальные закваски, в состав которых включен термофильный стрептококк [26, 85-87].

1.2.2 Состав газо- и ароматообразующей микрофлоры бактериальных заквасок

Для производства полутвердых сыров, формируемых из пласта, большое значение для формирования необходимого рисунка имеет газо- и ароматообразующая активность заквасочных микроорганизмов. Среди лактококков такой способностью обладают штаммы *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* [88-90].

Китайскими учеными под руководством Shunhe Wang было высказано предположение, что в процессе метаболизма диацетильным лактококком цитратов альфа-ацетолактат окисляется до диацетила под действием альфа-ацетолактатоксидазы. Ацетоин образуется непосредственно путем декарбоксилирования альфа-ацетолактата. Образование ацетона также может происходить за счет действия диацетилредуктазы, превращающей диацетил в ацетоин. При этом большинство штаммов диацетильного лактококка в процессе

метаболизма образуют ацетальдегид, ацетоин, диацетил, этиловый спирт, 2,3-бутиленгликоль [91].

Бактериальные закваски, в составе которых преобладает *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, позволяют получить более мягкий сгусток, а сыры после прессования имеют более высокую влажность [92].

Согласно данным Гудкова А.В. [5] по интенсивности развития и метаболизма в молочной среде, штаммы *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* можно разделить на следующие группы:

- сильные кислотообразователи, повышающие кислотность молока со скоростью 2,0-5,0 °Т/ч, при этом достигается предельная кислотность от 100 °Т до 125 °Т, данные штаммы наиболее близки к подвиду *Lc. lactis* subsp. *lactis* и наряду с ними используются в составе бактериальных заквасок как кислотообразующий компонент;

- слабые кислотообразователи, повышающие кислотность молока со скоростью 1,0-2,5 °Т/ч, при этом достигается предельная кислотность от 70 °Т до 100 °Т, данные штаммы применяются в составе заквасочной микробиоты как основной газо- и ароматообразующий компонент [5, 26].

Согласно данным, представленным исследователями ВНИИМС, следует, что штаммы *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* незначительно теряют в скорости роста клеточной популяции и интенсивности метаболизма при концентрации поваренной соли 4 % в молочной среде, но при этом процесс вымирания жизнеспособных клеток замедляется [93].

При проведении комплексных исследований метаболизма *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* выявлено, что клеточная популяция культуры продолжает свое развитие при температуре созревания полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания – $(10 \pm 1) ^\circ\text{C}$. При этом, процессы роста и метаболизма прекращаются у штаммов диацетильного лактококка при температуре хранения – $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$, исключая риски возникновения пороков рисунка и вздутия упаковки в процессе хранения сыров [93].

Для производства полутвердых сыров в качестве основного газо- и ароматообразующего компонента бактериальных заквасок, помимо диацетильного лактококка, применяют лейконостоки, относящиеся к гетероферментативным молочнокислым микроорганизмам. Гидролизую лактозу, микроорганизмы рода *Leuconostoc* образуют, помимо молочной кислоты, продуцируют ряд других соединений, таких как этанол, углекислый газ, уксусную кислоту. В отличие от диацетильного лактококка, большинство штаммов лейконостока метаболизируют цитраты с образованием углекислого газа, но, чаще всего, не образуют диацетил и ацетоин. Продуцирование штаммами *Leuconostoc* углекислого газа может усилить формирование рисунка, необходимого для сыров, формируемых из пласта, а также вкуса, особенно при дефиците в молоке цитратов [5, 94-97]. Однако лейконостоки могут продуцировать чрезмерное количество газа, в связи с чем их доля в бактериальных заквасках не превышает 2-20 % [98].

Род *Leuconostoc* является представителем молочнокислых бактерий, который менее изучен, чем лактококки несмотря на то, что их специфические свойства имеют большое значение во многих пищевых продуктах.

Исследователями из ВНИИМС доказано, что, несмотря на различия между штаммами, культура *Leuconostoc* в основном проявляет значительную солеустойчивость и психротрофность, что дает основание отнести данные культуры к созревательным. Способность развиваться при $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$ обеспечивает возможность протекания метаболизма во время созревания сыров, и, как следствие, оказывает влияние на формирование органолептического профиля готового продукта. Однако способность некоторых штаммов *Leuconostoc* развиваться при температурах хранения – $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ несет риск снижения хранимоспособности готового продукта [99, 100].

Таким образом, газо- и ароматообразующие микроорганизмы *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* в составе бактериальных заквасок для полутвердых сыров с низкой температурой, формируемых из пласта, являются компонентом основной микрофлоры, необходимой для образования рисунка сыра и

формирования диацетильных нот во вкусовом букете. Использование культуры *Leuconostoc* в составе бактериальных заквасок для полутвердых сыров можно рассматривать в качестве дополнительного компонента.

1.2.3 Мезофильные молочнокислые палочки как дополнительные культуры в производстве сыров с низкой температурой второго нагревания

В процессе созревания сыров количество нерастворимых белков уменьшается, а растворимых в воде продуктов протеолиза казеинов, таких как пептиды и аминокислоты – увеличивается, что отражает общий протеолитический процесс, при этом отношение количественного показателя растворимого белка к общему служит показателем степени зрелости сыра [101, 102].

Для производителей полутвердых сыров важна интенсификация процесса созревания, поэтому к основной кислотообразующей заквасочной микрофлоре зачастую добавляют мезофильные молочнокислые палочки *Lacticaseibacillus casei*, обладающие значительной протеолитической активностью [103, 104].

Мезофильные палочки *Lacticaseibacillus casei* применяют в составе бактериальных заквасок для производства ферментируемых молочных продуктов, в том числе созревающих сыров, в первую очередь для активизации протеолитических и липолитических процессов, ускоряющих созревание сыра [105, 106].

Группа ученых под руководством Hong-Xin J. доказала, что штаммы *Lacticaseibacillus casei* в период созревания сыров могут продуцировать пептидазы, такие как дипептидаза, трипептидаза, карбоксипептидаза, аминопептидаза и эндопептидаза, что интенсифицирует процесс созревания [107, 108].

Группы ученых под руководством Rodrigues D. и Zomorodi S. H. в своих исследованиях доказали, что добавление в состав заквасочной микрофлоры культуры *Lacticaseibacillus casei* увеличило содержание свободных жирных кислот по сравнению с другими образцами сыров, что говорит о значительной липолитической активности исследуемых штаммов [18, 109, 110].

С другой стороны, различные производители заквасочных культур включают *Lacticaseibacillus casei* в состав заквасок как пробиотическую культуру с целью производства продуктов функционального значения [105, 111-113].

Помимо интенсификации процессов созревания и обогащения пробиотическими свойствами сыров, некоторые штаммы *Lacticaseibacillus casei* могут обладать защитными свойствами против патогенной и технически вредной микрофлоры. Так, испанскими исследователями под руководством Martín I. доказаны антагонистические свойства *Lacticaseibacillus casei*, препятствующие развитию *Listeria monocytogenes* [114]. Уругвайскими же исследователями Rodi J. O., Ramos M.J.G., Gadea P.D. и Reginensi S.M. доказано ингибирование развития бактерий рода *Clostridium* за счет продуцирования бактериоцина, перекиси водорода и карбонильных соединений [115].

Зарубежные производители бактериальных заквасок рекомендуют дополнительно к основной заквасочной микрофлоре наряду с *Lacticaseibacillus casei* вносить протеолитически активную культуру *Lacticaseibacillus paracasei* [116, 117].

Рядом исследователей было доказано, что штаммы *Lacticaseibacillus paracasei* не только интенсифицирует вторичный протеолиз в полутвердых сырах, но и метаболизм летучих вкусо-ароматических соединений. Данные молочнокислые палочки продуцируют в результате жизнедеятельности из летучих вкусо-ароматических соединений в основном 2-метилбутаналь, 3-метилбутаналь, диацетил, уксусную и 3-метилбутановую кислоты [118, 119].

Другой мезофильной молочнокислой палочкой рода *Lacticaseibacillus*, которая является протеолитически активным микроорганизмом, является *Lacticaseibacillus rhamnosus*, рассматриваемая как дополнительная культура, применяемая как в производстве мягких, так и полутвердых сыров для ускорения процесса созревания [104, 120]. Кроме того, данная культура способна продуцировать аминотрансферазы и глутаматдегидрогеназы, влияющие на процесс вкусообразования в сырах [121].

Помимо интенсификации протеолитических процессов *Lactocaseibacillus rhamnosus* способен продуцировать диацетил, который позволяет усилить сливочность в аромате готового сыра [122, 123].

Согласно данным, представленным группой ученых, штаммы культуры *Lactocaseibacillus rhamnosus* могут продуцировать бактериоцины с широким спектром активности в отношении грамотрицательных бактерий [124, 125].

Из исследований российских и зарубежных ученых следует, что большинство штаммов мезофильных молочнокислых палочек *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactocaseibacillus casei* и *Lactocaseibacillus paracasei* обладают возможностью расти и развивать клеточную популяцию при 10 °С, что обеспечивает возможность протекания метаболизма во время созревания полутвердых сыров [126, 127].

Следовательно, культуры мезофильных молочнокислых палочек рода *Lactocaseibacillus* рекомендуется использовать в качестве дополнительного компонента бактериальных заквасок для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания с целью интенсификации процессов созревания, повышения пробиотических свойств продукта и, при использовании специально подобранных штаммов, в качестве защитных культур.

1.3 Способы конструирования и применения бактериальных заквасок

На первом этапе развития производства ферментированных молочных продуктов сыры вырабатывали только из сырого молока, которое одновременно являлось источником микрофлоры, определяющей микробиологические и биохимические процессы и формирующей органолептические показатели продуктов. При этом микрофлора сырого молока оказывала не только позитивное, но и негативное влияние на безопасность и качество продуктов [128, 129].

При увеличении объемов производства с целью повышения доли полезной микрофлоры при выработке ферментированных молочных продуктов появились «естественные закваски», которые представляют собой часть ранее произведенного продукта методом «самокваса» [130]. При этом в некоторых

странах, например в Италии, и в настоящее время используют в качестве источника заквасочной микрофлоры часть подсырной сыворотки предыдущей выработки [81]. С другой стороны, состав микрофлоры данных заквасок нестабилен, в связи с чем применение «естественных заквасок» возможно только на небольших фермерских производствах при переработке малых объемов молока или применении традиционных технологий, с учетом санитарно-гигиенического состояния производства [44, 131].

В начале XX века индустриализация и коммерциализация сыроделия вызвали необходимость превратить традиционные процессы ферментации в контролируемую и рационализированную систему использования заквасочных микроорганизмов стабильного состава [81]. В связи с увеличением молокоперерабатывающих предприятий и их мощностей, и как следствие, переработки большего количества молока, возникла острая необходимость создания лабораторий для выделения, исследования и сохранения заквасочной микрофлоры, с целью производства бактериальных заквасок [44, 132].

Исторически первым является трехпересадочный способ приготовления производственной закваски из бактериальных заквасок, содержащих малое количество жизнеспособных клеток. Основным преимуществом данного метода является относительно низкая себестоимость, не значительный расход бактериальных заквасок. С другой стороны, помимо преимуществ, у данного метода существуют недостатки, такие как трудоемкость, длительность и риски, связанные с поражением клеток бактериофагом и развитием посторонней микрофлоры [133, 134].

Постепенно заквасочное дело развилось в крупные биотехнологические производства, обладающие коллекциями отобранных и исследованных культур с технологически ценными свойствами. Совершенствование биотехнологии производства бактериальных заквасок, связанное с оптимизацией процессов накопления бактериальной массы (состав питательной среды, подготовка и доза инокулята, pH-статирование и термостатирование, временные и другие параметры процесса глубинного жидкофазного культивирования), освоением и внедрением

способов концентрирования биомассы, а также применение криодессикации совместно с криопротекторами привело к появлению концентрированных бактериальных заквасок (БК) с высоким содержанием жизнеспособных клеток и длительной хранимоспособностью [135, 136].

В соответствии с ГОСТ 34372–2017 «Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия» в зависимости от количества видов или подвидов микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры бактериальные закваски подразделяются на:

- моновидовые закваски, состоящие из одного вида (подвида) заквасочных микроорганизмов;
- поливидовые закваски, состоящие из двух и более видов (подвидов) микроорганизмов [137].

При производстве поливидовых бактериальных заквасок соотношение между штаммами и культурами не должно изменяться, а подбор культур должен осуществляться, исходя из технологических режимов производства и идентификационных показателей вырабатываемых продуктов [138].

В настоящее время производство поливидовых бактериальных концентрированных заквасок осуществляется двумя способами:

- совместное культивирование смеси культур;
- раздельное производство моновидовых бактериальных концентрированных заквасок с последующим смешением в заданных пропорциях [139, 140].

Большинство зарубежных производителей поливидовых бактериальных заквасок с целью расширения ассортимента и подбора заквасочной микрофлоры для каждого вида сыра производят сухие поливидовые бактериальные закваски путем комбинации сухих моновидовых. При этом производители не указывают соотношение микроорганизмов, входящих в состав закваски, что может иметь большое значение для производства конкретных видов сыров.

Отечественные производители бактериальных заквасок, производят поливидовые закваски путем совместного культивирования различных видов и

штаммов микроорганизмов [139]. К недостаткам данной технологии можно отнести то, что исходное соотношение культур в инокуляте не гарантирует сохранение заданного соотношения в готовой поливидовой закваске [140].

Для нормального протекания микробиологических и биохимических процессов при выработке большинства ферментированных молочных продуктов, в частности сыров, количество жизнеспособных клеток заквасочных микроорганизмов в исходной молочной смеси должно составлять (10^6-10^7) КОЕ/см³ [141, 142]. Для достижения такого содержания жизнеспособных клеток заквасочной микрофлоры, используя бактериальные концентрированные закваски, в настоящее время существуют три основных способа их применения:

- приготовление производственной закваски беспересадочным способом;
- прямая инокуляция бактериальной закваски непосредственно в молочную смесь для выработки продукта (в отечественных и зарубежных источниках используется понятие DVS (Direct Vat Starters));
- активизация заквасочной микрофлоры для приготовления производственных заквасок или перед внесением в смесь для выработки сыров бактериальной закваски методом прямой инокуляции [26, 143, 144].

В настоящее время производители ферментированных молочных продуктов имеют в своем распоряжении как бактериальные закваски (с содержанием жизнеспособных клеток не менее 10^9 КОЕ/г (см³)), так и концентрированные бактериальные закваски (с содержанием жизнеспособных клеток более 10^{10} КОЕ/г (см³)) [145].

При использовании производственной закваски заквасочная микрофлора вносится в молочную смесь в экспоненциальной фазе роста клеток, в связи с чем в технологический процесс производства не закладывается время на реактивацию клеток. При этом использование производственной закваски подразумевает малый расход сухих бактериальных концентрированных заквасок. Так для получения 300 дм³ производственной закваски используется 1 единица активности бактериальной закваски, а при выработке полутвердых сыров с низкой

температурой второго нагревания дозы производственных заквасок могут быть от 0,5 % до 1,5 % от объема молочной смеси. Таким образом, бактериальная закваска с 1 единицей активности обеспечивает приготовление производственной закваски для внесения в 20-60 м³ молока. При этом существует возможность корректировки дозы внесения производственной закваски в зависимости от качества и сыропригодности молока и особенностей технологического процесса [27, 145].

С другой стороны, помимо преимуществ, у данного способа применения бактериальных заквасок существуют недостатки, такие как риски, связанные с поражением клеток бактериофагом и развитием посторонней микрофлоры в процессе приготовления производственной закваски, а также необходимость оснащения производства асептическими заквасочниками или заквасочным помещением с учетом всех санитарно-гигиенических норм. Для приготовления производственной закваски нужны подготовленные сотрудники и дополнительное время [146-148].

Прямая инокуляция бактериальной концентрированной закваски непосредственно в молоко является прогрессивным и самым простым способом их применения. Данный способ упрощает использование бактериальных заквасок и позволяет снизить риски заражения посторонней микрофлорой и бактериофагом до внесения в молоко. С другой стороны, у способа прямой инокуляции есть особенности:

- повышенные требования ко всему объему перерабатываемого молока, включающие полноценность состава и отсутствие ингибирующих веществ для эффективной реактивации клеток;
- отсутствие возможности корректировки дозы внесения в зависимости от качества молока и вида производимого сыра;
- необходимость внесения изменений в традиционный технологический процесс производства отечественных видов сыра, рассчитанный на использование производственной закваски;

- риск опережающего размножения технически вредной микрофлоры, в том числе БГКП, в случае недостаточно интенсивного молочнокислого процесса;
- дорогостоящий способ применения бактериальных концентрированных заквасок в связи с необходимостью большого расхода препарата для обеспечения нормального хода технологического процесса (не менее 10^6 КОЕ/ см³ молочной смеси для выработки) [141].

Для экономии времени и снижения расходов на сухие бактериальные концентрированные закваски на молокоперерабатывающих предприятиях может применяться их предварительная активизация, как для приготовления производственной закваски, так и непосредственно перед прямой инокуляцией. При этом активизацию сухих концентрированных бактериальных заквасок возможно проводить в небольшом количестве молока гарантированного качества, или 10-12 % восстановленного обезжиренного молока, или молока, обогащенного биоактиваторами, или специальной стандартной питательной среде [149, 150].

В качестве примера активатора роста и развития молочнокислых микроорганизмов может служить препарат «Актибакт-Углич». Данный биоактиватор разработан и производится во ВНИИМС и представляет собой комплекс органических и неорганических биостимуляторов. «Актибакт-Углич» может применяться круглогодично, но особенно эффективен в зимне-весенний период при ухудшении биологических свойств молока. Предварительная активизация 1 единицы активности бактериальной концентрированной закваски позволяет получить 1 м³ производственной закваски [151].

Помимо препарата «Актибакт-Углич» исследователями ВНИИМС разработана питательная среда «Реактибакт» и эффективные способы ее применения, позволяющие сократить дозу сухой концентрированной бактериальной закваски в три раза, обеспечив при этом необходимую направленность и интенсивность микробиологических и биохимических процессов выработки и созревания сыров. Первый способ – получение производственной закваски на 5 % водном растворе сухой питательной среды. Вторым способом является кратковременная активизация сухой

концентрированной бактериальной закваски в 5 % водном растворе сухой питательной среды с последующим внесением в молочную смесь для выработки сыра [152].

Таким образом, при производстве полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания важно учитывать не только видовой состав применяемых поливидовых бактериальных концентрированных заквасок, но и способ их применения.

1.4 Заключение по обзору литературы

На основании анализа законодательной, нормативно-технической и специализированной научно-технической литературы показано, что различия в технологическом процессе производства полутвердых сыров, включающие: режимы выработки, уровень молочнокислого процесса, способ формования и условия созревания, а также идентификационные органолептические показатели каждого вида продукта, такие как вкус, запах, консистенция, рисунок и цвет сырного текста, определяют необходимость подбора видового состава заквасочной микрофлоры в бактериальных заквасках, а также способа их применения.

В составе бактериальных заквасок для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания обязательным компонентом являются кислотообразующие мезофильные гомоферментативные лактококки (вид *Lc. cremoris*, а также *Lc. lactis* subsp. *lactis*). Однако наряду с лактококками в состав заквасочной микрофлоры может быть включена термофильная культура *Str. thermophilus*.

Для образования рисунка в полутвердых сырах, формируемых насыпью, в состав бактериальных заквасок необходимо включать газо- и ароматообразующие микроорганизмы *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*. Использование культуры *Leuconostoc* можно рассматривать в качестве дополнительного компонента.

С целью интенсификации процессов созревания полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, в составе бактериальных заквасок рекомендуется использовать в качестве дополнительной культуры мезофильные молочнокислые палочки рода *Lacticaseibacillus*.

Производство поливидовых бактериальных концентрированных заквасок возможно путем смешения моновидовых. При этом применение различных комбинаций моновидовых бактериальных концентрированных заквасок позволит обеспечить необходимую направленность и интенсивность микробиологических и биохимических процессов для формирования идентификационных органолептических показателей различных групп полутвердых сыров, а также учесть особенности технологических режимов производства. Однако в доступной литературе нет данных о рекомендуемом соотношении моновидовых бактериальных концентрированных заквасок в составе поливидовых. Что определяет актуальность и необходимость разработки поливидовых бактериальных концентрированных заквасок на основе моновидовых бактериальных концентрированных заквасок с учетом идентификационных органолептических показателей и технологических особенностей производства конкретных групп полутвердых сыров.

ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация проведения исследований

Работа проводилась на базе Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия (ВНИИМС) – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН в рамках государственного задания FNEN-2019-0010. Экспериментальные выработки сыров проведены в условиях экспериментального цеха отдела сыроделия ВНИИМС. Схема проведения исследований приведена на рисунке 2.1.

Структура диссертационной работы включает теоретические и экспериментальные этапы: анализ проблемы и формулирование темы исследований; постановку цели и задач; разработка рабочей гипотезы; поиск и анализ научно-технической информации по теме исследований; выбор методов исследований; наработка опытных образцов моновидовых бактериальных концентрированных заквасок; составление комбинаций моновидовых бактериальных концентрированных заквасок для различных групп полутвердых сыров (формуемых из пласта на примере сыров Голландский и Гауда и формуемые насыпью на примере сыров Российский и Тильзитер); проведение экспериментальных выработок различных групп сыров; исследование микробиологических, физико-химических, биохимических процессов во время выработки и созревания сыров; органолептическая оценка сыров; анализ и математическую обработку полученных экспериментальных данных; разработку технической документации на поливидовые бактериальные концентрированные закваски, получаемые путем комбинирования моновидовых бактериальных концентрированных заквасок, для различных групп полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания; проведение производственной апробации полученных результатов.

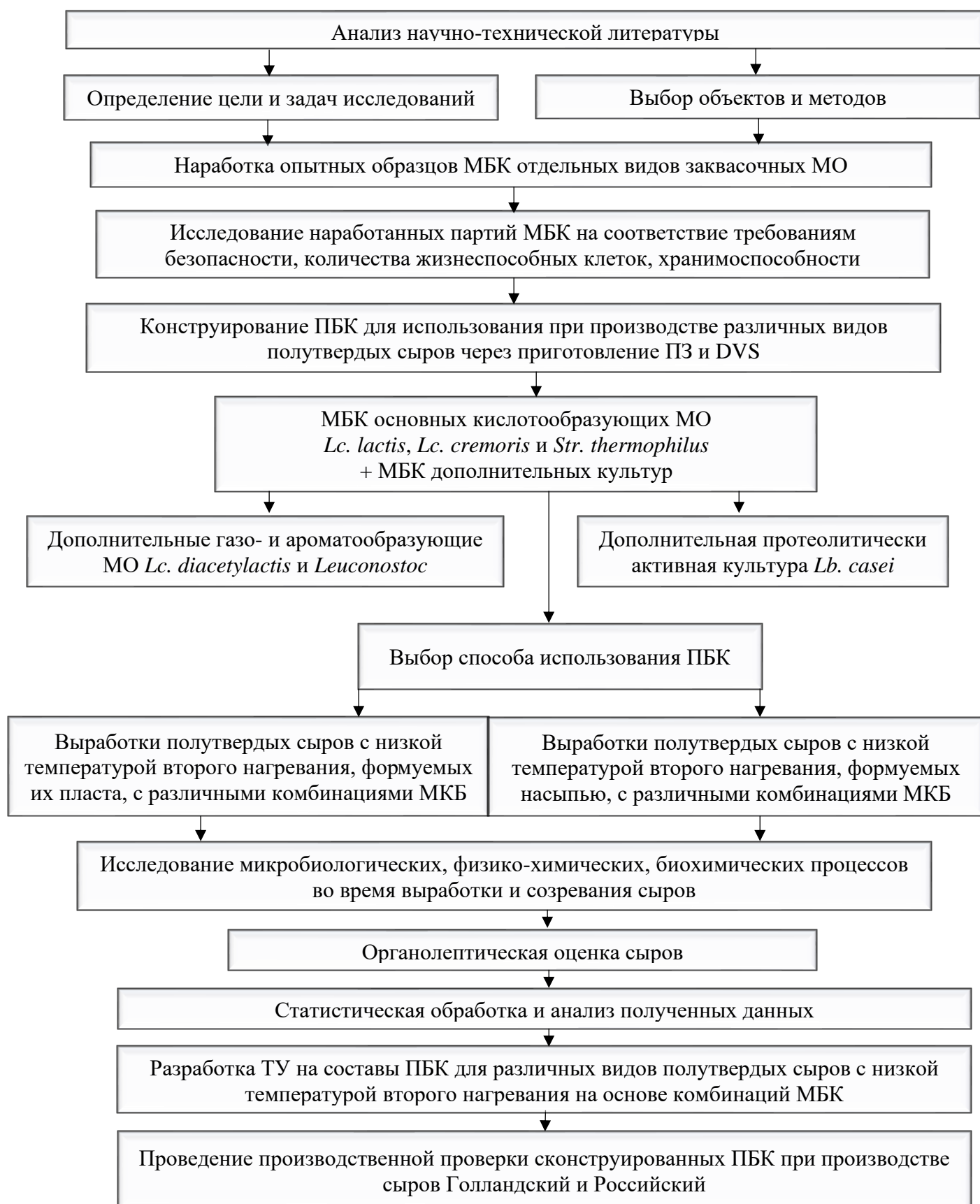


Рисунок 2.1 – Общая схема проведения исследований

2.1.1 Технологический регламент выработки моновидовых бактериальных концентрированных заквасок

Штаммы молочнокислых микроорганизмов для производства моновидовых бактериальных концентрированных заквасок культивировались в лабораторном ферментере (биореакторе) BIORUS-GJ-7, изображенном на рисунке 2.2. Устройство включает в себя термоустойчивую стеклянную емкость (1); нагревательный элемент (2); датчик контроля температуры (3); датчик контроля pH (4); система перемешивания (5); порт для внесения инокулята (6); порты для подпитки (7); система отбора проб (8); система управления и контроля (9).

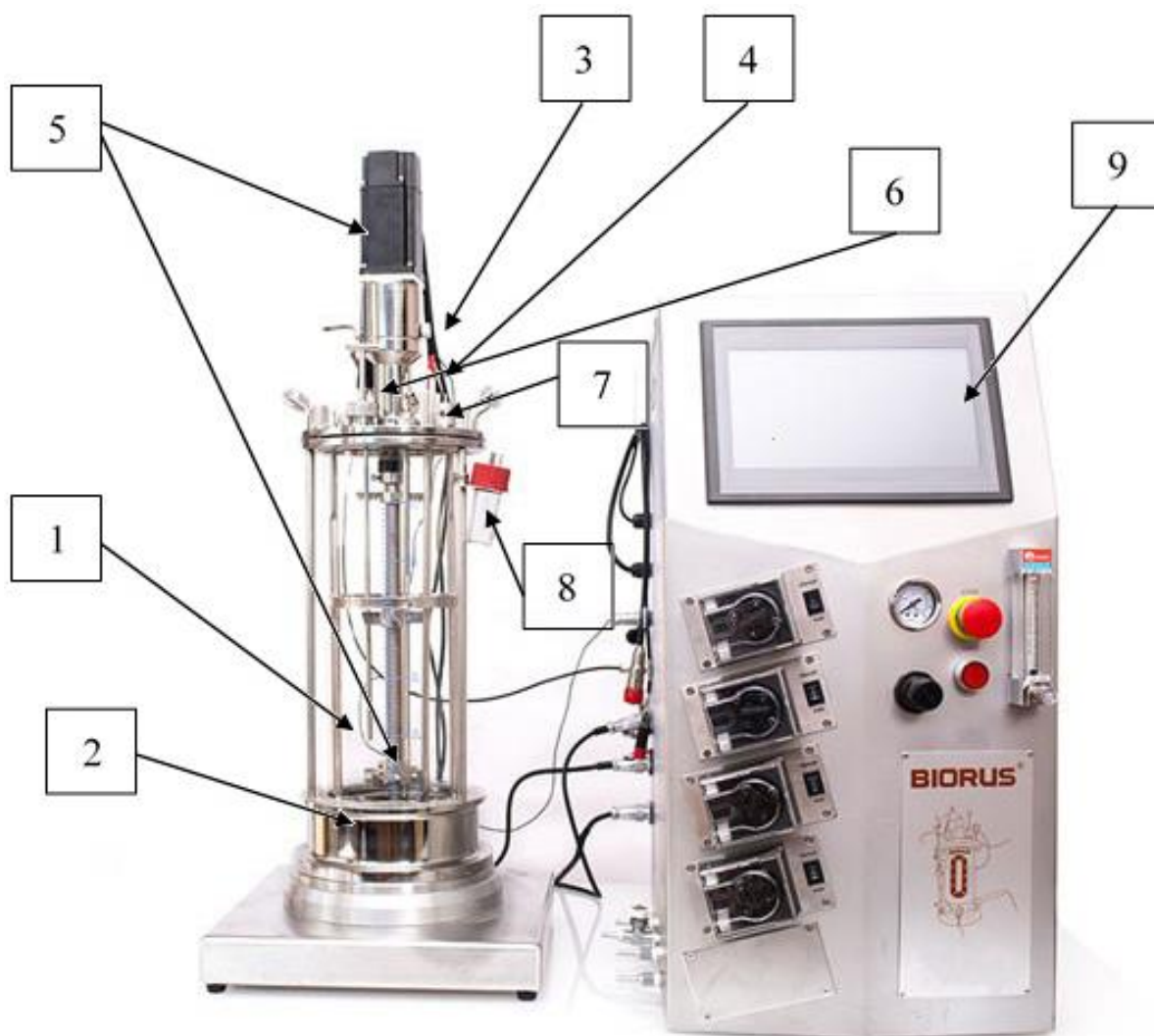


Рисунок 2.2 – Внешний вид ферментера BIORUS-GJ-7

Питательные среды для культивирования МКМ включали сухую сыворотку определенного состава; сухой гидролизат белков молока, производимый ВНИИМС в соответствии СТО ВНИИМС 010–2012 [153] и/или сухой гидролизат сывороточных белков молока (лактопептон), производимый ВНИИМС в соответствии с СТО 19862939-012-2014 [154]; сухой дрожжевой автолизат, производимый ВНИИМС в соответствии с СТО ВНИИМС 001–2009 [155]; цитратные и фосфатные буферные соли (фосфорнокислый калий двузамещенный – $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ и цитрат натрия – $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$); глюкоза; сернокислый магний ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$); сернокислый марганец ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$); сернокислое железо ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Состав питательных сред для культивирования каждого отдельного вида молочнокислых микроорганизмов, включающий определенный состав компонентов и их количественное соотношение, оптимизирован в результате ранее проведенных исследований.

После растворения сухих компонентов, входящих в состав питательной среды для культивирования определенного вида МКМ, в отстоянной водопроводной воде, питательную среду переливали в ферментер и стерилизовали вместе с биореактором в автоклаве при температуре $(121 \pm 2)^\circ C$ в течение (15 ± 1) мин.

Культуры МКМ подбирались из производственной коллекции Экспериментальной биофабрики ВНИИМС. Инокулят для заражения питательной среды готовился путем внесения $(0,10 \pm 0,01) \text{ см}^3$ смеси 3 штаммов конкретного вида МКМ в $(50 \pm 1) \text{ см}^3$ стерильной питательной среды и культивировался при $(30 \pm 1)^\circ C$ (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*), при $(37 \pm 1)^\circ C$ (*Lacticaseibacillus casei*) и при $(42 \pm 1)^\circ C$ (*Streptococcus thermophilus*) в течение (18 ± 2) часов.

Перед внесением инокулята, питательная среда в биореакторе охлаждалась до температуры культивирования. Далее культивирование велось при постоянном перемешивании культуральной жидкости, рН-статировании и термостатировании

согласно режимам, приведенным в таблице 2.1. Раскисление проводилось (30,0±1,0) % раствором гидроксида натрия (NaOH).

Таблица 2.1 – Режимы культивирования МКМ

Вид МКМ	Доза инокулята, %	Уровень pH-статирования, pH	Температура культивирования, °С	Скорость перемешивания, рад·с ⁻¹	Время культивирования, ч
<i>LcLL</i>	1,0±0,1	6,50±0,15	30±1	5,2±0,1	9,0±0,1
<i>LcLC</i>					
<i>StT</i>		6,05±0,10	42±1		5,0±0,1
<i>LcLD</i>		6,60±0,10	30±1		8,0±0,1
<i>Leu</i>		6,10±0,10			10,0±0,1
<i>LbCas</i>	2,5±0,1	6,10±0,10	37±1		12,0±0,1

После окончания процесса наращивания биомассы культуральную жидкость с содержащимися в ней микроорганизмами охлаждали до температуры (6±2) °C и проводили концентрирование биомассы на лабораторной центрифуге UC-1536E в течение (19±1) минут при (520±5) рад·с⁻¹. После отделения надосадочной жидкости биомассу смешивали асептически в пропорциях 1:1 с защитной средой, состоящей из раствора, содержащего (15,0±0,5) % сахарозы и (5,0±0,5) % 5,5 водного лимоннокислого натрия (пищевая добавка E331). Полученную биомассу, смешанную с защитной средой, разливали тонким слоем в кюветы для лиофильной сушки.

Дальнейшие этапы производства моновидовых бактериальных концентрированных заквасок проводили в производственных условиях Экспериментальной биофабрики ВНИИМС. Биомассу лиофилизировали при следующих режимах: температура в начале сушки минус (35±5) °C, в конце плюс (28,5±1,5) °C, при осмотическом давлении не более (13,3×10⁻³) Па. Продолжительность сушки (26±2) часов до массовой доли влаги в сухом концентрате не более 5,0 %. Сухую бактериальную концентрированную закваску асептически измельчали в порошок в стерильной ступке и пересыпали в стерильные пенициллиновые пузырьки. Сухие моновидовые бактериальные концентрированные закваски хранили при температуре (4±2) °C.

2.1.2 Получение поливидовых бактериальных концентрированных заквасок

Расчет массы каждой моновидовой бактериальной концентрированной закваски 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 моновидовой бактериальной концентрированной закваски, г;

x – процентное содержание конкретного вида заквасочного микроорганизма в составе поливидовой закваски;

$V_{\text{см}}$ – объем восстановленного обезжиренного молока, используемого для приготовления производственной закваски или объем молочной смеси для выработки сыров с применением прямой инокуляции, см³;

$N_{\text{см}}$ – требуемое количество жизнеспособных клеток в восстановленном обезжиренном молоке или молочной смеси для выработки сыра после заквашивания (для обеспечения необходимой интенсивности молочнокислого процесса при выработке сыров, количество заквасочных МО должно быть на уровне $(1,0-5,0) \times 10^6$ КОЕ/см³);

$N_{\text{мбк}}$ – количество жизнеспособных клеток в моновидовой бактериальной концентрированной закваске, КОЕ/г.

Готовые ПБК асептически пересыпались в стерильные пенициллиновые пузырьки и хранились при температуре не выше 6 °С и относительной влажности воздуха не более 85 %.

2.1.3 Приготовление производственной закваски

Производственная закваска для выработки сыров готовилась путем внесения различных поливидовых концентрированных бактериальных заквасок

(сконструированных согласно формуле 1) в колбы эрленмейера со стерильным восстановленным обезжиренным молоком с содержанием сухих веществ $(10,0 \pm 0,1)$ % и термостатировали при температуре (30 ± 1) °С в течение (17 ± 1) часов. Данный температурный режим распространялся как на мезофильную, так и мезофильно-термофильную микрофлору ПБК для сохранения исходного соотношения МО.

2.1.4 Технологический регламент выработки полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых из пласта

Выработки сыров проводили в условиях экспериментального цеха ВНИИМС, по единой технологической схеме производства полутвердого сыра Голландский с массовой долей жира в сухом веществе 45 %. Формование сырной массы осуществляли из пласта. Посолку сыров проводили в рассоле.

Выработки проводили из молока, полученного от коров хозяйств Ярославской области, соответствующего как общим критериям качества, так и специфическим критериям сыропригодности.

Сыры вырабатывали из молока, пастеризованного при температуре (72 ± 1) °С с выдержкой (20 – 25) секунд. В подготовленную к свертыванию смесь при температуре (33 ± 1) °С вносили производственную закваску в дозе $(0,60 \pm 0,1)$ %, а также молокосвертывающий ферментный препарат (сычужный фермент). Продолжительность свертывания смеси – (35 ± 5) минут. После разрезки сгустка зерно вымешивали (25 ± 5) минут до начала второго нагревания. Готовность зерна к второму нагреванию определяли, оценивая его по плотности, упругости и форме. Температура второго нагревания была установлена (40 ± 1) °С. Окончание обсушки зерна определяли по его упругости. Сыр формовали из пласта. Масса головки после прессования $(5,0 \pm 0,5)$ кг. После прессования сыры солили в рассоле с концентрацией NaCl (18–20) % при температуре (11 ± 1) °С. Продолжительность посолки составила (23 ± 1) часа. После посолки и обсушки

сыры помещали в камеру созревания с температурой воздуха (11 ± 1) °C на 60 суток для созревания.

2.1.5 Технологический регламент выработки полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формируемых насыпью

Выработки сыров проводили в условиях экспериментального цеха ВНИИМС, по единой технологической схеме производства полутвердого сыра Российский с массовой долей жира в сухом веществе 50 %. Формование сырной массы осуществляли насыпью. Посолку сыров проводили в рассоле.

Выработки проводили из молока, полученного от коров хозяйств Ярославской области, соответствующего как общим критериям качества, так и специфическим критериям сыропригодности.

Сыры вырабатывали из молока, пастеризованного при температуре (72 ± 1) °C с выдержкой (20 – 25) секунд. В подготовленную к свертыванию смесь при температуре (33 ± 1) °C вносили производственную закваску в дозе $(1,00\pm 0,05)$ %, после чего для нарастания кислотности до (20 ± 1) °T выдерживали смесь (45 ± 15) минут. В случае использования БК путем прямой инокуляции, смесь сухих моновидовых БК (рассчитывались по формуле 1) предварительно растворяли в 500 см³ стерильной воды и выдерживали для набухания клеток в течение (30 ± 1) минут, после чего вносили в подготовленное для выработки сыра молоко.

После выдержки вносили молокосвертывающий ферментный препарат (сычужный фермент). Продолжительность свертывания смеси – (35 ± 5) минут. После постановки зерно вымешивали (20 ± 1) минут до начала второго нагревания. Готовность зерна к второму нагреванию определяли, оценивая его по плотности, упругости и форме. Температура второго нагревания была установлена (42 ± 1) °C. Окончание обсушки зерна определяли по его упругости. Сыр формовали насыпью (15 ± 5) минут. Масса головки после прессования $(7,0\pm 0,5)$ кг. После прессования сыры солили в рассоле с концентрацией NaCl (18–20) % при температуре

(11±1) °C. Продолжительность посолки составила (36±1) часов. После посолки и обсушки сыры помещали в камеру созревания с температурой воздуха (11±1) °C на 60 суток для созревания.

2.2 Объекты исследований

На разных этапах выполнения работы объектами исследований являлись:

- моновидовые бактериальные концентрированные закваски (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp., *Lacticaseibacillus casei*);
- комбинации моновидовых бактериальных концентрированных заквасок в составе ПБК;
- производственные закваски;
- молоко коровье сырое;
- пастеризованное молоко для выработки сыра до внесения заквасочных культур;
- молочные смеси после внесения заквасочных культур;
- сыры Голландский, Гауда, Российский и Тильзитер после прессования, в процессе созревания и в стадии кондиционной зрелости.

2.3 Методы исследований

Динамику развития и метаболизм молочнокислых микроорганизмов контролировали в процессе выработки моновидовых БК по следующим показателям:

- микробиологические показатели, включающие параметры роста, по контролю количества жизнеспособных клеток;
- физико-химические показатели, в том числе активную кислотность, массовую долю сухих веществ.

Динамику развития и метаболизм молочнокислых микроорганизмов контролировали в полутвердых сырах с низкой температурой второго нагревания по следующим показателям:

- микробиологические показатели, по контролю жизнеспособных клеток, а также контроль бактериального пейзажа в молоке, молочной смеси и сырах в процессе созревания;
- физико-химические показатели, включающие контроль активной кислотности, массовая доля: сухих веществ, влаги, соли;
- биохимические показатели, включающие контроль лактозы и продуктов ее гидролиза (глюкоза, галактоза, молочная кислота), протеолиза и накопления летучих вкусо-ароматических веществ;
- органолептические показатели, включающие оценку внешнего вида, вкуса, консистенции и рисунка.

В работе применялись стандартные и общепринятые микробиологические, химические, физико-химические и биохимические методы исследований. Перечень используемых стандартных методов приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Стандартные методы испытаний

Показатели	Объекты исследований	Методы исследований
Массовая доля белка	молоко коровье сырое	ГОСТ 25179–2015 [156]
Массовая доля жира	молоко коровье сырое	ГОСТ 5867–90 [157]
Массовая доля лактозы	молоко коровье сырое	ГОСТ 32255–2013 [158]
Массовая доля минеральных солей	молоко коровье сырое	ГОСТ 32255–2013 [158]
СОМО	молоко коровье сырое	ГОСТ 32255–2013 [158]
Температура замерзания	молоко коровье сырое	ГОСТ 32255–2013 [158]
Плотность	молоко коровье сырое	ГОСТ 32255–2013 [158]
Количество соматических клеток	молоко коровье сырое	ГОСТ 23453–2014 [159]
Ингибирующие вещества	молоко коровье сырое	ГОСТ 23454–2016 [160]
Антибиотики	молоко коровье сырое	ГОСТ 32219–2013 [161]
Сычужная проба	молоко коровье сырое	ГОСТ 32901–2014 [162]
Количество спор мезофильных анаэробных лактатсбраживающих бактерий	молоко коровье сырое	ГОСТ 32012–2012 [163]
КМАФАнМ	молоко коровье сырое	ГОСТ 32901–2014 [162]
Титруемая кислотность	молоко коровье сырое, производственная закваска	Титриметрический метод ГОСТ Р 54669–2011 [164]
Массовая доля влаги	МБК	ГОСТ 29246–91 [165]

Продолжение таблицы 2.2

Показатели	Объекты исследований	Методы исследований
Количество спор анаэробных МО рода <i>Clostridium</i>	молочная смесь для выработки сыра до и после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования	ГОСТ 32012–2012 [163]
Количество дрожжей	МБК, молоко коровье сырое, молочная смесь для выработки сыра до и после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования	ГОСТ 33566–2015 [166]
Количество плесневых грибов	МБК, молочная смесь для выработки сыра до и после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования	ГОСТ 33566–2015 [166]
Количество <i>S. aureus</i>	МБК	ГОСТ 30347–2016 [167]
Количество МКМ (КМКМ)	питательная среда для выработки МБК после внесения инокулята, культуральная жидкость после культивирования, МБК, производственная закваска, молочная смесь для выработки сыра после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ 33951–2016 [168]
КТАФАНМ	производственная закваска, молочная смесь для выработки сыра после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ 33951–2016 [168]
Количество молочнокислых палочек <i>L. casei</i>	производственная закваска, молочная смесь для выработки сыра после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ 33951–2016 [168]
Количество цитратсбраживающих МКМ (КМАрФАНМ)	производственная закваска, молочная смесь для выработки сыра после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования и в процессе созревания	МР 2.3.2.2327–08 [169]
Газообразующая активность МКМ	производственная закваска	МР 2.3.2.2327–08 [169]
Ароматообразующая активность МКМ	производственная закваска	МР 2.3.2.2327–08 [169]

Продолжение таблицы 2.2

Показатели	Объекты исследований	Методы исследований
БГКП	МКБ, молочная пастеризованная смесь для выработки сыра до и после внесения производственной закваски или ПБК, сыры после прессования	ГОСТ 32901–2014 [162]
Количество энтерококков	сыры после прессования	ГОСТ 28566–90 [170]
Активная кислотность	питательная среда в процессе выработки МКБ, сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ 32892–2014 [171]
Массовая доля влаги и сухого вещества	МКБ, сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ Р 55063-2012 [172]
Массовая доля жира и массовая доля жира в сухом веществе в сыре	сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ 5867–90 [157] ГОСТ Р 55063–2012 [172]
Массовая доля общего белка	сыры после прессования и в процессе созревания	ГОСТ Р 54662–2011 [173]
Массовая доля общего водорастворимого белкового азота	сыры после прессования и в процессе созревания	Метод Кьельдаля, МВИ ВНИИМС, свидетельство об аттестации № 1–01–16–90
Органолептические показатели	сыры в процессе созревания	ГОСТ 33630–2015 [174]

При проведении работы использованы следующие специальные методы исследований.

Расчет потерь биомассы при центрифугировании

Расчет потери биомассы молочнокислых микроорганизмов при центрифугировании проводился по следующей формуле:

$$ПБ = \frac{N_{нж}}{N_{кж}} * 100\%, \quad (2)$$

где ПБ – потери биомассы при центрифугировании, %;

$N_{нж}$ – количество жизнеспособных клеток в надосадочной жидкости после центрифугирования, КОЕ/см³;

$N_{кж}$ – количество жизнеспособных клеток культуральной жидкости перед центрифугированием, КОЕ/см³.

Молекулярно-массовое распределение растворимых азотистых соединений в сырах

Молекулярно-массовое распределение растворимых азотистых соединений в водном экстракте определяли методом гель-фильтрации высокого разрешения с использованием колонок Superose 12 10/300 GL (GE Healthcare, Швеция) и Superose 6 Increase 10/300 GL (Cytiva, Швеция). Подготовка образца для гель-фильтрации включает обезжиривание пробы, взятие навески обезжиренной пробы, растворение ее в растворе буфера, отделение нерастворимых в воде фракций фильтрованием или центрифугированием. Элюент – водный раствор 0,05 М Na_2HPO_4 + 0,15 М NaCl , скорость подачи элюента – 0,5 мл/мин; длина волны детектора – 280 нм. Калибровку колонки проводили по времени выхода белковых веществ с известной молекулярной массой: IgG (180 кДа), альдолаза (158 кДа), BSA (69 кДа), овоальбумин (43 кДа), β -Lg (36,0 кДа), α -La (14,4 кДа), цитохром С (12,3 кДа), триптофан (0,204 кДа). Калибровочный график был построен на основе логарифмической регрессионной модели [175].

Оценка степени протеолиза в сырах

Определение степени протеолиза осуществляли расчетным способом, основанным на анализе количественного соотношения водорастворимых фракций белка к общему количеству белка. Измерение массовой доли общего белка и водорастворимого белка осуществляется по стандартизованной методике на основе метода Кьельдаля.

Массовая доля лактозы, галактозы, глюкозы и молочной кислоты в сырах

Определение массовой доли лактозы, галактозы, глюкозы и молочной кислоты проводили методом капиллярного электрофореза с помощью системы «Капель – 105М» [176].

Определение летучих вкусо-ароматических веществ

Вкусо-ароматический профиль сыров определяли по содержанию летучих ароматообразующих веществ в паровой фазе сыров. Качественный анализ летучих вкусо-ароматических веществ в паровой фазе сыра проводили с

использованием газового хроматографа «Цвет-800» (Россия) и устройства для равновесного пара «Фаза» (Россия).

Метод основан на термостатировании пробы продукта в замкнутом сосуде с последующим газохроматографическим определением в паровой фазе пробы продукта индивидуальных компонентов летучих вкусо-ароматических веществ и их идентификации. Условия проведения анализа: колонка стеклянная, длина 2 м, внутренний диаметр 2 мм, насадка OV-210 на хроматроне N-AW-HMD; температура термостатирования колонок – 50 °С; температура испарителя – 80 °С; температура переходной камеры – 60 °С; расход газа-носителя – 30 см³/мин; водорода – 30 см³/мин; воздуха – 300 см³/мин.

Анализировали пробу исследуемого объекта массой 3 г, предварительно нагретую на водяной бане до 50 °С. Непосредственно перед проведением анализа пробу встряхивали для установления термодинамического равновесия. Длительность анализа 900 сек. Обработку полученных данных проводили методом внутренней нормализации с помощью программы «Цвет-Аналитик» (Россия) с последующей идентификацией.

Массовую долю каждого компонента X_i (%) вычисляли методом нормализации площадей газохроматографических пиков по формуле:

$$X_i = \frac{A_{xi} \cdot 100}{A_s}, \quad (3)$$

где A_{xi} – площадь пика, соответствующая i -ому компоненту, нА·с;

A_s – сумма площадей всех пиков, нА·с.

Для идентификации веществ на полученной хроматограмме проводили измерение времени удерживания гексанола-1 и вычисляли относительное время удерживания каждого пика на хроматограмме.

За результат измерений каждого компонента принимали среднее арифметическое двух параллельных измерений, выполненных в условиях повторяемости: $|X_1 - X_2| < 0,2 \%$, где X_1 и X_2 – результаты параллельных определений массовой доли i -того компонента, %.

Дескрипторная оценка основных органолептических характеристик сыров

Органолептическая оценка сыров проводилась экспертной комиссией, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов, с использованием дескрипторно-профильного метода, принимая во внимание степень выраженности основных характеристик вкуса и запаха (сырный, кислый, посторонний, сливочный и т.д.), и консистенции (плотная, пластичная, эластичная и т.д.), оцениваемой по шкале от 0 до 5 баллов.

Математическая обработка данных.

Достоверность полученных данных подтверждается проведением экспериментов не менее, чем в 3-х кратной повторности. Экспериментальные данные были проанализированы при помощи процедуры парного сравнения (критерий Тьюки) при уровне статистической значимости $p = 0,05$. Статистическую обработку полученных данных и построение графиков проводили с использованием программы «Microsoft Excel». Результаты представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» ($n=3$).

С целью реализации возможности комбинирования видового состава и соотношения заквасочных МО для производства сыров с определенными идентификационными показателями и потребительскими свойствами были наработаны опытные партии моновидовых бактериальных концентрированных заквасок (*Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *Str. thermophilus*, *Leuconostoc*, *Lb. casei*), согласно технологическому регламенту (2.1.1).

В таблицах 3.1, 3.2 и 3.3 представлены средние данные технологических и микробиологических показателей процесса производства МБК, а также соответствие готовых бактериальных концентрированных заквасок требованиям безопасности в соответствии с ТР ТС 033/2013. Вырабатывали 3-4 партии каждого вида МБК.

Параметры	МБК					
	LcLL	LcLC	LcLD	StT	Leu	LbCas
Объем среды для выработки, см ³	7000±50					
Выход сырой биомассы, г	130,8±3,5	132,6±2,9	118,93±2,6	149,7±4,1	219,0±5,6	86,8±1,7
Потери биомассы при центрифугировании, %	4,08±0,42	6,41±0,69	24,65±1,89	0,16±0,11	1,78±0,28	27,86±1,29
Выход БК, г	56,92±1,77	56,34±1,91	49,46±1,42	60,12±2,14	85,09±2,46	35,93±1,12
Массовая доля влаги в БК, %	4,91±0,04	4,87±0,04	4,83±0,06	4,82±0,03	4,92±0,06	4,72±0,06

Средние данные для всех партий БК в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3-4).

Технологический регламент производства обеспечивает получение сухих моновидовых БК с содержанием жизнеспособных клеток на уровне $(1,0-6,0) \times 10^{11}$ КОЕ/г (таблица 3.2), что значительно превышает требования ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 34372–2017 к необходимому содержанию жизнеспособных клеток заквасочных микроорганизмов в сухих БК.

Отсутствие во всех исследованных партиях БК признаков роста патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, БГКП, дрожжей, плесневых грибов и стафилококков (таблица 3.3) говорит о надлежащем уровне санитарии производства и, как результат, полном соответствии требованиям безопасности, предъявляемым к БК ТР ТС 033/2013.

На рисунке 3.1 представлена гистограмма результатов исследования хранимостпособности выработанных МБК, согласно которой, в опытных образцах незначительно снижается уровень жизнеспособных клеток в течении года хранения при температуре $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

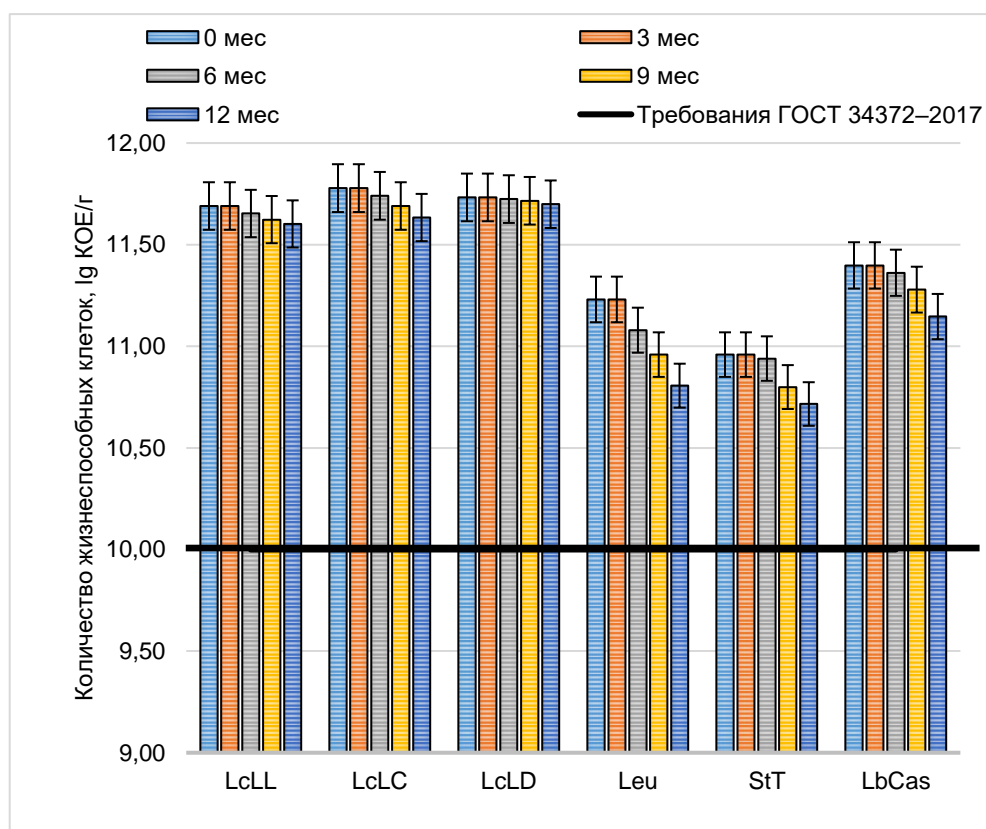


Рисунок 3.1 – Гистограмма результатов исследования хранимостпособности МБК

В результате проведенных исследований установлено, что все партии БК заквасочных МО видов *Lc. lactis*; *Lc. cremoris*; *Lc. diacetylactis*; *Str. thermophilus*; *Leuconostoc*; *Lb. casei* в течение 12 месяцев хранения сохраняют количество жизнеспособных клеток, значительно превышающее требования к необходимому их содержанию согласно действующей нормативной документации.

Таким образом, свойства МБК и высокая их сохраняемость дают возможность использовать их для конструирования поливидовых БК с различным видовым составом и определенным соотношением заквасочных микроорганизмов, как основных кислотообразующих культур видов *Lc. lactis*; *Lc. cremoris*; *Lc. diacetylactis*; *Str. thermophilus*, так и дополнительных культур, обладающих газо- и ароматообразующей активностью *Lc. diacetylactis*, *Leuconostoc* и повышенной протеолитической способностью *Lb. casei*.

3.2 Оценка сыропригодных свойств молока, использованного для выработок экспериментальных сыров

В рамках проводимых исследований проведено 42 выработки полутвердых сыров. Сырое молоко, используемое для производства экспериментальных сыров, проверяли по общим критериям безопасности в соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013 и специфическим показателям сыропригодности в соответствии с требованиями СТО ВНИИМС 019-2019 «Молоко коровье сырое. Технические условия» (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Показатели безопасности и сыропригодности сырого молока, используемого для экспериментальных выработок полутвердых сыров

Показатель	Экспериментальные данные	Требования СТО ВНИИМС 019 – 2019
Массовая доля, %:		
➤ Жира	4,34±0,39	Не менее 3,2
➤ Белка	3,18±0,08	Не менее 3,0
➤ СОМО	8,8±0,2	Не менее 8,2
➤ Лактозы	4,63±0,10	Не нормируется
➤ Минеральных солей	0,72±0,02	Не нормируется
Плотность, кг/м ³	1028,95±0,89	Не менее 1027,0
Титруемая кислотность, °Т	16,8±0,7	От 16,0 до 18,0

Продолжение таблицы 3.4

Показатель	Экспериментальные данные	Требования СТО ВНИИМС 019 – 2019
Точка замерзания, °С	Минус (0,546±0,013)	Не выше минус 0,520
Количество соматических клеток, тыс. клет./см ³	261,1±53,8	Не более 400
Ингибирующие вещества	Отсутствуют	Не допускаются
Антибиотики	Отсутствуют	Не допускаются
Сычужная проба, класс	I	I-II
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	(7,0±1,5)·10 ⁴	Не более 3·10 ⁵
Количество спор ЛСМБ, НВЧ спор/см ³	2,5±1,8	Не более 13
Количество спор аэробных микроорганизмов, спор/см ³	(2,6±1,4)·10 ¹	Не более 10 ²
Дрожжи, КОЕ/см ³	(3,4±1,2)·10 ¹	Не более 10 ²
Патогенные МО, в том числе сальмонеллы, в 25 г	Отсутствуют	Не допускаются
Средние данные для всех серий исследований в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=42).		

По результатам анализа данных, представленных в таблице 3.4, можно сделать вывод, что используемое для экспериментальных выработок сыров сырое молоко соответствует как общим критериям безопасности, так и критериям сыропригодности.

Средние значения микробиологических показателей пастеризованных молочных смесей, использованных для выработок полутвердых экспериментальных сыров до внесения производственной закваски, представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Микробиологические показатели пастеризованной молочной смеси в сыродельной ванне до внесения заквасочных микроорганизмов

КМАФАнМ, КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , НВЧ спор/см ³
(1,1±0,5)·10 ²	(1,2±1,1)·10 ¹	отсут.	не обнар.	не обнар.	(8,1±4,0)·10 ⁰	(3,1±2,9)·10 ⁰
Средние данные для всех выработок представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=42)						

Данные, представленные в таблице 3.5, показывают, что в смесях для выработки сыров не выявлены такие микроорганизмы порчи, как БГКП, дрожжи и плесневые грибы, а содержание термофильных микроорганизмов

незаквасочного происхождения и споровой микрофлоры находится на низком уровне, что не может оказать значимого влияния на органолептические показатели сыров.

3.3 Конструирование состава поливидовых бактериальных концентрированных заквасок для различных видов полутвердых сыров

В целях конструирования состава ПБК для выработки различных видов полутвердых сыров и обеспечения стабильного качества продуктов с заданными органолептическими свойствами проводились выработки с использованием комбинаций и соотношением МБК различного целевого назначения (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – 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 технически ценных свойств конкретных видов МКМ, особенностей технологических режимов производства сыров и идентификационных органолептических показателей (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – 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		
			Глазки неправильной и угловатой формы

3.3.1 Конструирование состава поливидовых бактериальных заквасок для выработки полутвердых сыров, формуемых из пласта

Целью данной серии экспериментов было конструирование ПБК для получения сыров с идентификационными характеристиками сыров Голландский и Гауда. Проведены 24 выработки сыров по традиционной технологии сыра Голландский с применением ПЗ, приготовленной с использованием ПБК (таблица 3.8), сконструированных путем комбинации различных соотношений МБК определенного целевого назначения.

Таблица 3.8 – 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

3.3.1.1 Исследование влияния соотношения кислото- газо- и ароматообразующих лактококков на процессы выработки, созревания и формирование органолептических показателей сыров

Целью данной серии экспериментов является исследование влияния соотношения кислото- газо- и ароматообразующих лактококков (*Lc. lactis*; *Lc. cremoris*; *Lc. diacetylactis*) в составе ПБК на формирование органолептических показателей Голландского сыра. Выбор исследуемых МО связан с тем, что мезофильные гомоферментативные лактококки являются традиционной микрофлорой бактериальных заквасок для сыров данного вида.

Для исследования влияния соотношения кислотообразующих и газо- и ароматообразующих лактококков на процессы производства и формирование органолептических показателей полутвердых сыров, формуемых из пласта,

проведены выработки с использованием производственных заквасок, приготовленных с различными комбинациями лактококков:

1) Повышенная доза кислотообразующих лактококков *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, до (40 ± 1) % каждого, доля газо- и ароматообразующего лактококка *Lc. diacetylactis* (20 ± 1) %;

2) Повышенная доза кислотообразующих лактококков *Lc. lactis* (30 ± 1) % и *Lc. cremoris* (40 ± 1) %, увеличенная доля газо- и ароматообразующего лактококка *Lc. diacetylactis* - (30 ± 1) %;

3) Повышенная доза газо- и ароматообразующего лактококка *Lc. diacetylactis* до (40 ± 1) %, пониженная доза кислотообразующих лактококков *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, до (30 ± 1) % каждого.

Комбинации культур готовили из ранее выработанных МБК в разных соотношениях из расчета общего количества заквасочных микроорганизмов $(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^6$ КОЕ/см³ в стерильном восстановленном обезжиренном молоке для приготовления производственной закваски. Соотношения отдельных культур и массы МБК в составе ПБК, количество жизнеспособных клеток в сухих МБК и смеси для выработки в различных вариантах сыров, представлены в таблице 3.9.

Экспериментальные сыры вырабатывали из молока сырого, соответствующего показателям безопасности и сыропригодности (таблица 3.4).

Таблица 3.9 – Варианты составов ПБК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидах БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе поливидовой БК, %	Расчетное количество жизнеспособных клеток, КОЕ/100дм ³	Расчетная масса моновидовых БК на 100 дм ³ молока, г
1	$LcLL - (4,9 \pm 0,3) 10^{11}$ $LcLC - (6,0 \pm 0,4) 10^{11}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,4) 10^{11}$	$LcLL - 40 \pm 1$	$LcLL - (4,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLL - 0,082 \pm 0,001$
		$LcLC - 40 \pm 1$	$LcLC - (4,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLC - 0,067 \pm 0,001$
		$LcLD - 20 \pm 1$	$LcLD - (2,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLD - 0,037 \pm 0,001$
2		$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$LcLC - 40 \pm 1$	$LcLC - (4,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLC - 0,067 \pm 0,001$
		$LcLD - 30 \pm 1$	$LcLD - (3,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLD - 0,056 \pm 0,001$
3		$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$LcLC - 30 \pm 1$	$LcLC - (3,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLC - 0,050 \pm 0,001$
		$LcLD - 40 \pm 1$	$LcLD - (4,0 \pm 0,1) 10^{10}$	$LcLD - 0,074 \pm 0,001$
Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).				

В таблице 3.10 представлены показатели производственных заквасок.

Таблица 3.10 – Показатели производственных заквасок для выработки сыров

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у. е.
1	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(3,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(21,1 \pm 0,5)$	$96,4 \pm 1,2$	$1,05 \pm 0,19$	1
2	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(5,6 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(32,9 \pm 0,5)$	$94,7 \pm 1,8$	$1,31 \pm 0,18$	2
3	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^9$	$(7,5 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(39,5 \pm 0,5)$	$89,9 \pm 1,9$	$1,58 \pm 0,12$	3
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – $(40 \pm 1) \%$, <i>LcLC</i> – $(40 \pm 1) \%$, <i>LcLD</i> – $(20 \pm 1) \%$; 2 – <i>LcLL</i> – $(30 \pm 1) \%$, <i>LcLC</i> – $(40 \pm 1) \%$, <i>LcLD</i> – $(30 \pm 1) \%$; 3 – <i>LcLL</i> – $(30 \pm 1) \%$, <i>LcLC</i> – $(30 \pm 1) \%$, <i>LcLD</i> – $(40 \pm 1) \%$. Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).					

Представленные в таблице 3.10 показатели производственных заквасок, указывают на то, что общее количество жизнеспособных клеток, титруемая кислотность, газо- и ароматообразующая активность соответствовали их видовому составу. Наибольшую кислотообразующую активность, но и в тоже время наименьшую газо- и ароматообразующую активность имели производственные закваски с наибольшим количеством *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* (варианты 1 и 2). При увеличении в составе закваски дозы *Lc. diacetylactis* (вариант 2 и 3) кислотообразующая активность снижается, а газо-ароматообразующая – увеличивается пропорционально количеству диацетильного лактококка. Доля цитратсбраживающих МО во всех образцах относительно общего количества жизнеспособных клеток изменилась не значительно во время приготовления производственной закваски.

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/см ³
1	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7$	$(2,2 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,3 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(3,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$
2	$(1,3 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(3,9 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(3,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$

Продолжение таблицы 3.11

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/см ³
3	$(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(4,8 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,7 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(3,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (40±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (20±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 3 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).

Анализ данных микробиологических исследований молочной смеси после внесения производственной закваски, указанных в таблице 3.11, показывает, что начальное количество жизнеспособных клеток заквасочных микроорганизмов соответствует необходимому уровню.

В таблицах 3.12 и 3.13 приведены микробиологические и физико-химические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.12 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г, / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1	$(7,8 \pm 0,2) \cdot 10^{8a}$	$(1,6 \pm 0,2) \cdot 10^{8a}$ / $(20,5 \pm 0,5)$	$(3,3 \pm 0,2) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(9,3 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
2	$(8,2 \pm 0,2) \cdot 10^{8a}$	$(2,8 \pm 0,1) \cdot 10^{8b}$ / $(34,1 \pm 0,5)$	$(4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(9,1 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
3	$(8,1 \pm 0,2) \cdot 10^{8a}$	$(3,7 \pm 0,1) \cdot 10^{8c}$ / $(45,7 \pm 0,5)$	$(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(9,7 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (40±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (20±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 3 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Анализируя результаты микробиологических показателей сыров после прессования, приведенные в таблице 3.12, можно сделать вывод, что общее количество клеток заквасочной микрофлоры во всех вариантах сыров находится на необходимо высоком уровне и колеблется в интервале $(8,0 \pm 0,4) \cdot 10^8$ КОЕ/г. Количество цитратсбраживающих МО находится на уровне $(2,6 \pm 1,2) \cdot 10^8$ КОЕ/г,

закономерно увеличиваясь с повышением в составе закваски доли *Lc. diacetylactis*. В тоже время во всех вариантах сыров посторонняя микрофлора либо отсутствует, либо ее количество не существенно.

Таблица 3.13 – Физико-химические показатели сыров после прессования

Вариант	Активная кислотность, рН	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	5,53±0,02 ^a	0,64±0,06 ^a	43,6±0,4 ^a	45,3±0,3 ^a	21,51±0,42 ^a
2	5,62±0,05 ^b	0,79±0,08 ^b	44,0±0,3 ^a	44,9±0,4 ^a	22,14±0,37 ^a
3	5,71±0,04 ^c	0,93±0,06 ^c	44,4±0,3 ^a	44,1±0,1 ^a	21,96±0,38 ^a
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (40±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (20±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3). Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий (p > 0,05).					

Между вариантами сыров после прессования по физико-химическим показателям (таблица 3.13), таким как количество остаточной лактозы и активная кислотность, выявлены статистически значимые отличия (p < 0,05). 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. Поэтапное увеличение в составе закваски *Lc. diacetylactis* за счет снижения доли кислотообразующих МО, привело к увеличению показателя активной кислотности пропорционально снижению доли *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, но с сохранением в пределах установленной нормы.

С учетом отсутствия статистически достоверных отличий между такими физико-химическими показателями сыров после прессования, как содержание влаги, белка и жира, а также одинаковым видовым составом заквасочной микрофлоры и общим содержанием жизнеспособных клеток, можно прогнозировать, что ход процессов созревания и органолептические характеристики сыров, будут определяться соотношением видов заквасочных МО.

Динамика развития клеточной популяции кислотообразующих и цитратсбраживающих лактококков в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.2. Установлено, что процессы роста заквасочных МО в исследуемых

вариантах сыров идентичны и максимальное количество жизнеспособных клеток достигается к 7 суткам созревания, с последующим вымиранием клеточных популяций, что приводит к их снижению к 60 суткам созревания на 2-3 порядка. При этом наибольшее количество кислотообразующих лактококков *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* закономерно наблюдается в сырах варианта 1, а максимальное количество цитратсбраживающей микрофлоры закономерно выявлено в сырах, выработанных с преобладанием газо- ароматообразующих лактококков *Lc. diacetylactis* (вариант 3).

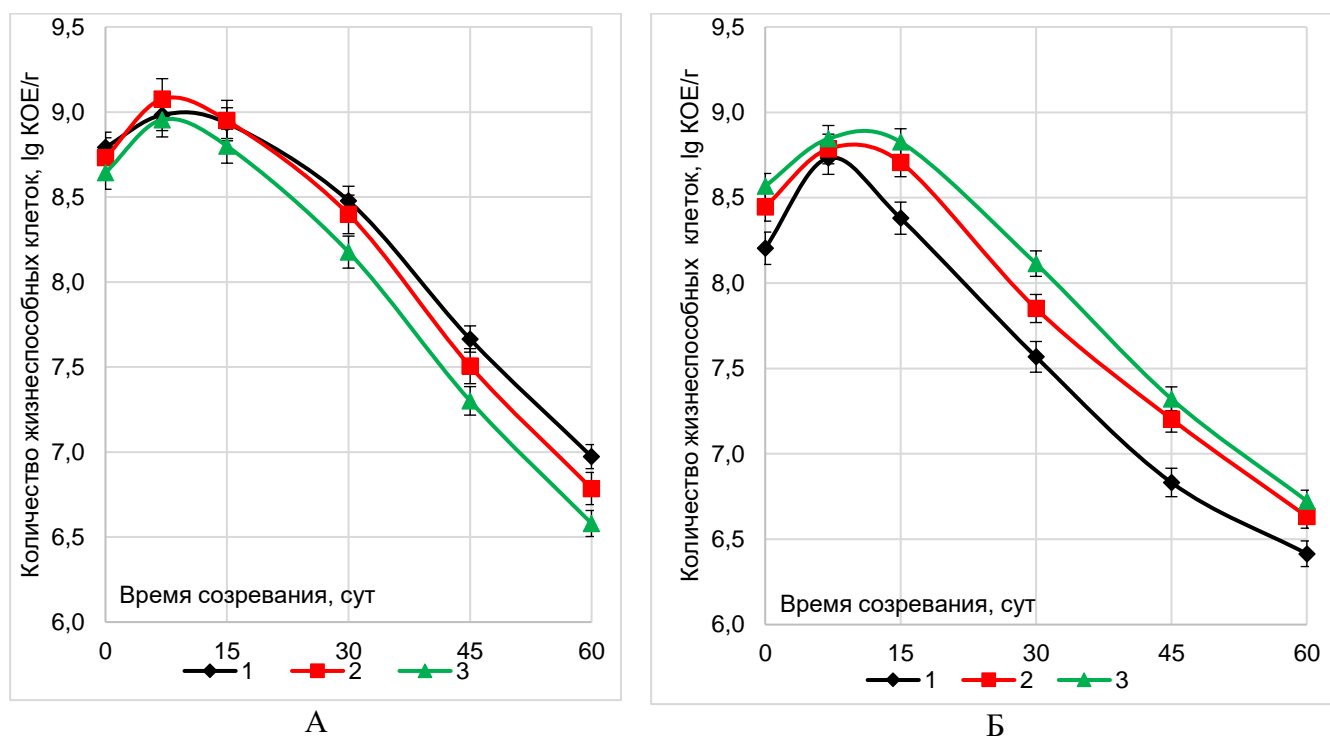


Рисунок 3.2 – Динамика развития лактококков в сырах в процессе созревания (А – *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, Б – *Lc. diacetylactis*)

Интенсивность молочнокислого процесса оценивалась по продуктам гликолиза лактозы, т.е. убыли лактозы, возможному накоплению глюкозы и галактозы, как промежуточных продуктов метаболизма лактозы, и увеличению количества молочной кислоты (таблица 3.14) в сырах в процессе созревания. Показатели остаточного количества лактозы в сырах говорят о том, что при всех исследуемых комбинациях лактококков обеспечивается достаточный уровень молочнокислого процесса. Однако стоит заметить, что закономерно наиболее

интенсивно молочнокислый процесс проходил в сырах с максимальным количеством кислотообразующих лактококков (вариант 1).

Таблица 3.14 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1	0,64±0,06	отсут.	отсут.	0,78±0,04
2	0,79±0,08	отсут.	отсут.	0,52±0,08
3	0,93±0,06	отсут.	отсут.	0,41±0,02
Сыр в возрасте 7 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,88±0,12
2	следы	отсут.	отсут.	1,74±0,14
3	следы	отсут.	отсут.	1,72±0,12
Сыр в возрасте 15 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,90±0,16
2	отсут.	отсут.	отсут.	1,90±0,18
3	отсут.	отсут.	отсут.	1,86±0,15
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (40±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (20±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

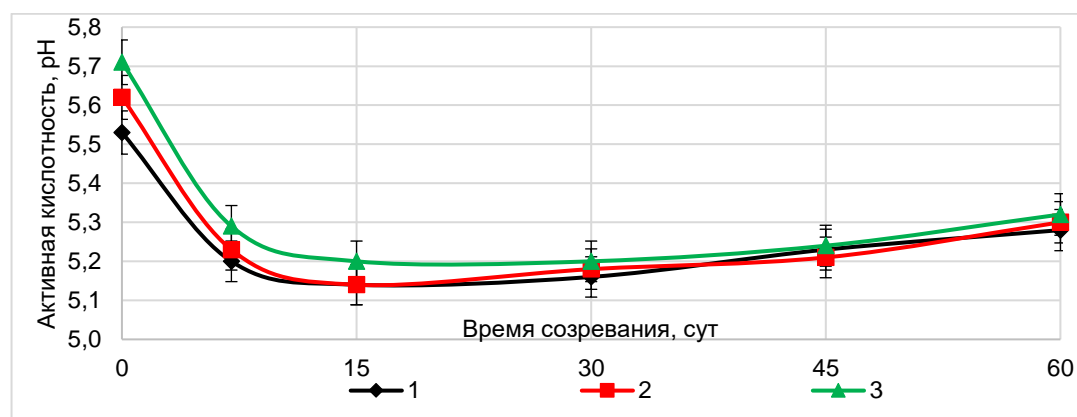


Рисунок 3.3 – Динамика активной кислотности (pH) в сырах в процессе созревания

Анализируя динамику активной кислотности (pH) в процессе созревания сыров (рисунок 3.3) можно сделать вывод, что во всех вариантах зафиксировано наибольшее снижение активной кислотности к 15 суткам созревания. При этом наиболее интенсивное падение наблюдается в 1 варианте сыра. В период с 30 до 60 суток созревания величина активной кислотности несколько повышалась до значения (5,30±0,05) pH во всех вариантах сыров, что связано с накоплением

щелочных продуктов расщепления белковых соединений. Таким образом, интенсивность гликолиза, накопление молочной кислоты и падение активной кислотности, отражающие ход молочнокислого процесса, зависят от соотношения видов лактококков в закваске, используемой для выработки сыров.

В процессе созревания сыров количество нерастворимых белков уменьшается, а растворимых в воде фракций азота – увеличивается, что отражает ход протеолитического процесса и может служить показателем степени зрелости сыра. Несмотря на то, что, по общепринятому мнению, мезофильные лактококки обладают незначительной протеолитической активностью, в процессе созревания сыров наблюдается существенный прирост растворимых форм белка, что отражается как в степени протеолиза, так и в накоплении низкомолекулярных пептидов и аминокислот (рисунки 3.4 и 3.5). Установлено, что при увеличении в составе закваски дозы *Lc. diacetylactis* процесс протеолиза незначительно интенсифицируется, что должно коррелировать с усилением выраженности сырного вкуса.

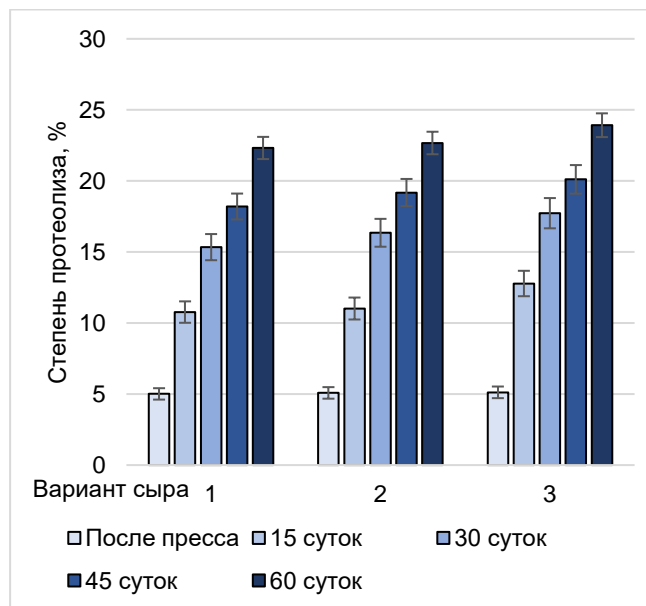


Рисунок 3.4 – Динамика протеолиза в сырах во время созревания

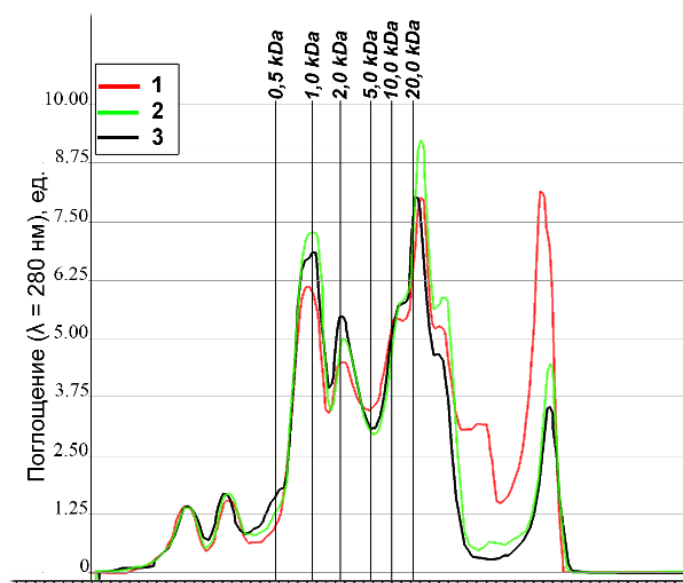


Рисунок 3.5 – Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости (колонка Superose 12 10/300 GL)

Различия в метаболизме кислото- и газо- ароматообразующих лактококков оказывают влияние не только на интенсивность процессов гликолиза и протеолиза в сырах, но и на накопление летучих ВАВ (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Вариант		
	1	2	3
Альдегиды, %:			
этаналь	85,201±1,382	80,712±1,414	61,831±1,060
пропаналь	—	—	8,172±0,941
гептаналь	0,331±0,041	—	—
пентаналь	0,034±0,010	0,012±0,011	—
изо-гексаналь	0,201±0,021	0,084±0,024	0,011±0,002
изо-гептаналь	—	—	0,092±0,008
Спирты, %:			
гексанол-1	0,125±0,011	0,097±0,010	0,151±0,022
метанол	2,057±0,142	—	—
бутанол-1	2,018±0,145	0,024±0,013	—
Кислоты, %:			
уксусная кислота	7,931±0,912	16,827±1,282	27,624±0,761
Кетоны и его производные, %:			
бутанон-2	0,072±0,010	0,022±0,004	0,031±0,004
пентанон-2	0,025±0,003	—	—
гексанон-1	—	0,101±0,019	—
гептанон-2	—	—	0,232±0,032
гексанон-2	—	—	0,081±0,010
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	1,671±0,171	1,831±0,184	2,274±0,116
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (40±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (20±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %. Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3)			

Из данных, представленных в таблице 3.15, следует, что наибольшее количество летучих ВАВ содержит паровая фаза сыра варианта 3 ((2,274±0,116) нА·с.). Во всех сырах преобладающими летучими вкусо-ароматическими соединениями являются этаналь (61,8-85,2) % и уксусная кислота (7,93 – 27,62) %, количество которой возрастает по мере увеличения дозы диацетильного лактококка. В сыре варианта 3 помимо этанала и уксусной кислоты выявлено значительное количество пропанала (8,2 %). Альдегиды, в том числе этаналь и пропаналь, являются одними из основных веществ, участвующих в формировании вкуса и аромата молочных продуктов, в том числе сыров. Причиной образования

альдегидов может быть проявление активности карбоксилаз, которые катализируют реакцию декарбоксилирования кислот.

Метаболизм лактококков в сырах оказывает прямое влияние на формирование их органолептического профиля. Результаты органолептической экспертной оценки сыров в процессе созревания в возрасте 30 и 60 суток отражены на диаграмме (рисунок 3.6), а сравнительная оценка степени выраженности основных для данной группы сыров дескрипторов вкуса и аромата представлена на диаграмме (рисунок 3.7).

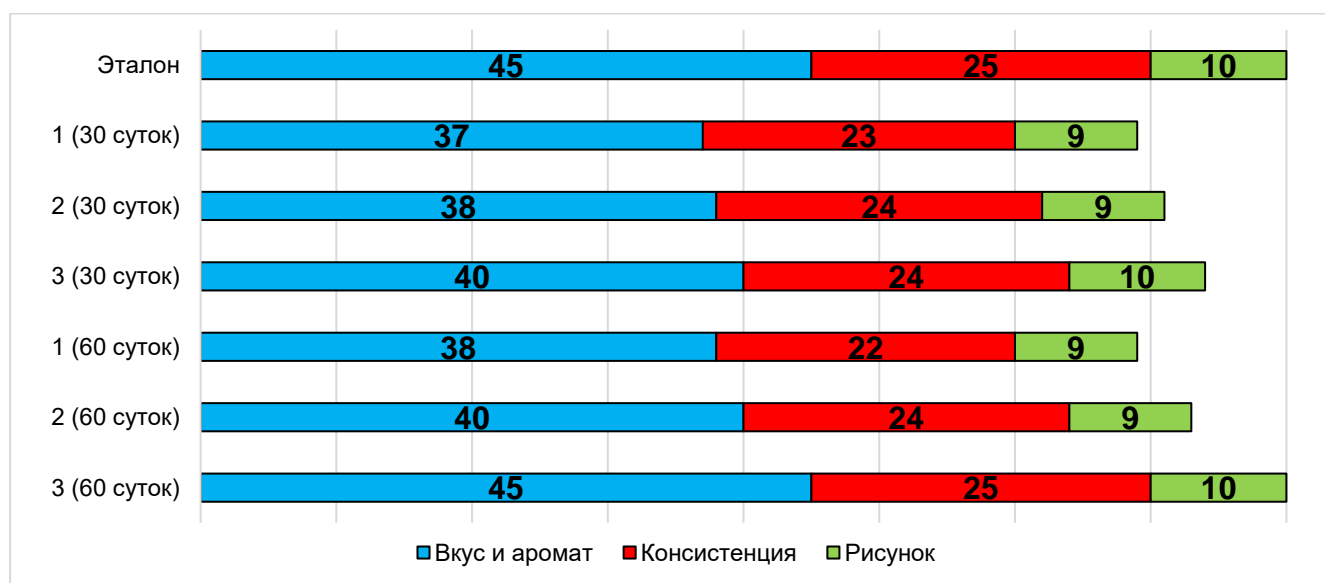


Рисунок 3.6 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Анализируя данные органолептической экспертной оценки (рисунки 3.6 и 3.7), стоит отметить, что во всех вариантах сыров не выявлено пороков вкуса. В сырах, содержащих максимальную дозу кислотообразующих лактококков (вариант 1), не выявлено излишней кислоты во вкусе к 30 суткам созревания, однако к 60 суткам созревания вкус стал излишне кислым. Сыры варианта 1 имели недостаточно выраженный сырный вкус, а также отсутствовал сливочный аромат, что отразилось на балльной оценке и в возрасте кондиционной зрелости (60 суток) она составляла 38 баллов.

Диаграмма основных дескрипторов вкуса и аромата (рисунок 3.7) свидетельствует о том, что сыры с увеличенной дозой сливочного и

диацетильного лактококков (варианта 2) относительно сыров варианта 1 имели менее кислый и более выраженный сырный вкус, а также легкий сливочный аромат. При этом в процессе созревания выраженность сырного вкуса усилилась.

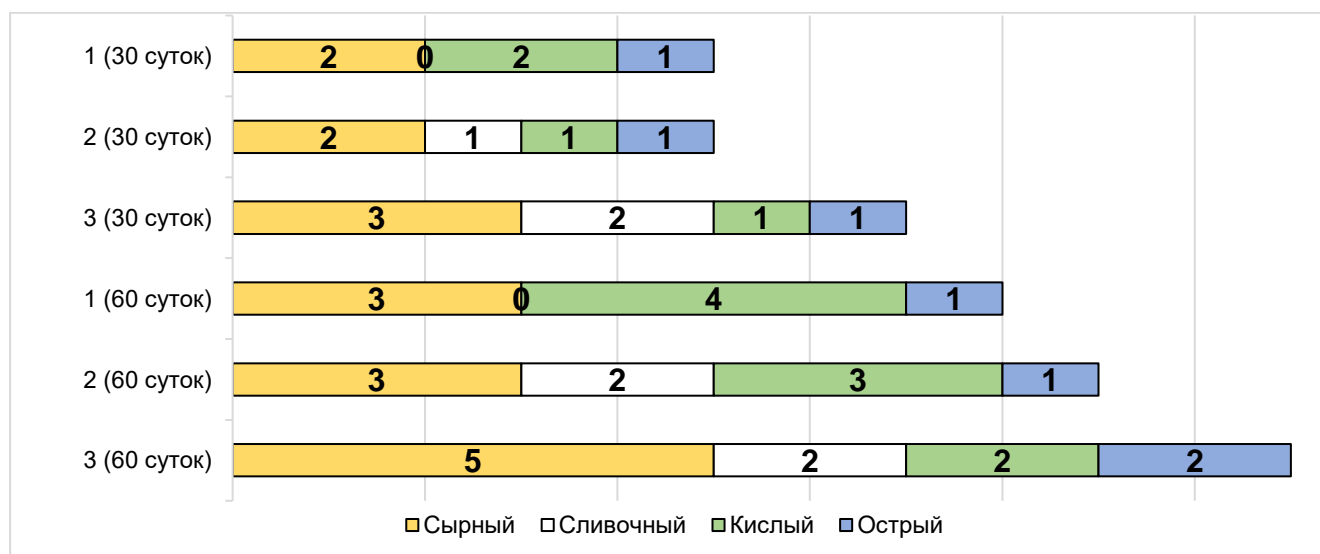


Рисунок 3.7 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

Установлено, что сыры с максимальной долей *Lc. diacetylactis* (вариант 3) соответствовали идентификационному органолептическому профилю сыра Голландский – выраженный сырный и умеренно кислый вкус с наличием остроты.

Консистенцию сыров в процессе созревания оценивали органолептически, характеризуя плотность, эластичность и пластичность сырной массы, как основные характеристики текстуры. Так, консистенция сыров вариантов 2 и 3 в кондиционной зрелости была оценена, как хорошая и отличная, эластично-пластичная и эластичная на 24 и 25 баллов соответственно. Консистенция сыров варианта 1 оценена в 22 балла по причине излишней пластичности, ставшей в процессе созревания мажущей.

Важной характеристикой сыров данной группы является рисунок, представляющий собой глазки правильной формы, равномерно расположенные по площади всего сырного теста. Все варианты экспериментальных сыров имели светло-желтый равномерный цвет теста и характерный для данной группы сыров рисунок (рисунок 3.8). Отмечено, что при увеличении дозы диацетильного

лактококка в сырах выраженность рисунка усиливается за счет увеличения количества глазков правильной формы.



1 – 9 баллов

2 – 9 баллов

3 – 10 баллов

Рисунок 3.8 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

В результате проведенной серии экспериментов установлено, что для получения идентификационных органолептических показателей необходимо учитывать соотношение кислото- и газо-ароматообразующих лактококков. Наилучшие органолептические показатели, соответствующие идентификационным показателям сыра Голландский, были получены при использовании производственной закваски, приготовленной с использованием комбинации моновидовых БК отдельных видов лактококков, исходя из соотношения количества жизнеспособных клеток:

- *Lc. lactis* – (30±1) %;
- *Lc. cremoris* – (30±1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (40±1) %.

3.3.1.2 Исследование целесообразности использования дополнительной кислотообразующей культуры *Str. thermophilus* в составе поливидовых БК

Целью данной серии исследований является изучение целесообразности использования дополнительной кислотообразующей культуры *Str. thermophilus* в составе поливидовой БК для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формируемых насыпью.

Для исследования влияния *Str. thermophilus* на процессы созревания и формирования органолептических показателей, проведены выработки сыров с использованием различных комбинаций моновидовых БК термофильного стрептококка и лактококков в составе ПБК. В качестве контрольного образца рассматривались сыры, выработанные с использованием лактококковой закваски с оптимальным соотношением культур отдельных видов (вариант 1). В ходе эксперимента исследовалась лактококковая закваска с уменьшенной дозой кислотообразующих МО *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, компенсируемые *Str. thermophilus* (вариант 2). Также в ходе работы исследовалась ПБК с увеличенной долей термофильного стрептококка за счет уменьшения всех видов лактококков, включая снижение диацетильного лактококка на 10 % (вариант 3).

Соотношения и масса МБК в составе ПБК, для приготовления различных производственных заквасок, использованных для выработки экспериментальных вариантов сыра, представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Варианты соотношения МБК в составе поливидовой БК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидовых БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе поливидовой БК, %	Расчетное количество жизнеспособных клеток, КОЕ/100 дм ³	Расчетная масса моновидовых БК на 100 дм ³ молока, г	
1	$LcLL - (4,9 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLC - (6,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $StT - (9,1 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 30 \pm 1$ $LcLC - 30 \pm 1$ $LcLD - 40 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLC - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLD - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$ $LcLC - 0,050 \pm 0,001$ $LcLD - 0,074 \pm 0,001$	
2		$LcLL - 20 \pm 1$ $LcLC - 20 \pm 1$ $StT - 20 \pm 1$ $LcLD - 40 \pm 1$	$LcLL - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLC - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $StT - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLD - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,041 \pm 0,001$ $LcLC - 0,033 \pm 0,001$ $StT - 0,220 \pm 0,001$ $LcLD - 0,074 \pm 0,001$	
3		$LcLL - 20 \pm 1$ $LcLC - 20 \pm 1$ $StT - 30 \pm 1$ $LcLD - 30 \pm 1$	$LcLL - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLC - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $StT - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLD - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,041 \pm 0,001$ $LcLC - 0,033 \pm 0,001$ $StT - 0,330 \pm 0,001$ $LcLD - 0,056 \pm 0,001$	
Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).					

В таблице 3.17 представлены показатели готовых производственных заквасок.

Результаты исследований производственных заквасок, представленные в таблице 3.17, показывают, что газо- ароматообразующая активность в производственных заквасках с частичной заменой диацетильного лактококка на термофильный стрептококк (вариант 3) снизилась относительно вариантов 1 и 2. Доля цитратсбраживающих и термофильных заквасочных МО во всех образцах, относительно общего количества жизнеспособных клеток изменилась незначительно во время приготовления производственной закваски.

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , НВЧ спор/см ³
1	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(4,3 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,3 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(3,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$
2	$(1,6 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(6,3 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(3,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(3,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$
3	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^7$	$(4,1 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(4,0 \pm 0,4) \cdot 10^6$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,7 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(3,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
2 – *LcLL* – (20±1) %, *LcLC* – (20±1) %, *StT* – (20±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
3 – *LcLL* – (20±1) %, *LcLC* – (20±1) %, *StT* – (30±1) %, *LcLD* – (30±1) %.

Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).

Согласно данным микробиологических исследований молочной смеси после внесения производственной закваски (таблица 3.18), можно сделать вывод о том, что начальное количество заквасочных МО соответствует необходимому уровню. При этом в молочной смеси не обнаружены БГКП, дрожжи и плесневые грибы, другие же микроорганизмы незаквасочного происхождения выявлены в допустимых пределах.

В таблицах 3.19 и 3.20 приведены микробиологические и физико-химические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.19 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г / доля от общего кол- ва, %	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^9$ ^a	$(4,2 \pm 0,1) \cdot 10^8$ ^a / $(38,2 \pm 0,5)$	$(3,1 \pm 0,2) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(7,6 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
2	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^9$ ^a	$(4,5 \pm 0,3) \cdot 10^8$ ^a / $(30,0 \pm 0,5)$	$(6,2 \pm 0,5) \cdot 10^{8b}$ / $(41,3 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(7,5 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
3	$(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^9$ ^a	$(1,7 \pm 0,5) \cdot 10^{8b}$ / $(12,1 \pm 0,5)$	$(8,8 \pm 0,5) \cdot 10^{8c}$ / $(58,7 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(6,8 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
 2 – *LcLL* – (20±1) %, *LcLC* – (20±1) %, *StT* – (20±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
 3 – *LcLL* – (20±1) %, *LcLC* – (20±1) %, *StT* – (30±1) %, *LcLD* – (30±1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Как следует из микробиологических показателей сыров после прессования (таблица 3.19) общее количество клеток заквасочной МО во всех вариантах сыров находится на необходимо высоком уровне и колеблется в интервале от $0,8 \cdot 10^9$ КОЕ/г до $1,7 \cdot 10^9$ КОЕ/г. Количество цитратсбраживающих бактерий в сырах контрольного варианта находится на уровне $(4,2 \pm 0,1) \cdot 10^8$ КОЕ/г. Наименьшее количество газо- и ароматообразующих МО выявлено в сырах, выработанных с применением закваски, в состав которой входит *Str. thermophilus* (вариант 3). При этом количественные показатели термофильной микрофлоры имеют статистически значимые отличия ($p < 0,05$) в опытных вариантах. В контрольных образцах (вариант 1) выявлено незначительное количество

термофильных микроорганизмов, относящихся к остаточной микрофлоре после пастеризации, при этом другая технически вредная микрофлора не выявлена.

Таблица 3.20 – Физико-химические показатели сыров после прессования

Вариант	Активная кислотность, pH	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	5,71±0,04 ^a	0,92±0,08 ^a	44,4±0,3 ^a	45,0±0,3 ^a	20,61±0,14 ^a
2	5,40±0,05 ^b	0,48±0,05 ^b	43,4±0,3 ^a	44,9±0,5 ^a	20,53±0,12 ^a
3	5,26±0,03 ^c	0,21±0,02 ^c	43,3±0,4 ^a	45,3±0,4 ^a	20,54±0,18 ^a
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (20±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (20±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3). Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий (p > 0,05).					

Закономерно, что за счет использования мезофильно-термофильной закваски (варианты 2 и 3) молочнокислый процесс интенсифицируется на этапе выработки и приводит к снижению уровня активной кислотности в сырах после прессования ниже нормируемого (таблица 3.20). В сырах варианта 3, за счет большего количества термофильного стрептококка, значения остаточной лактозы составили (0,21±0,02) %, что является показателем более интенсивного молочнокислого процесса.

Динамика развития *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *Str. thermophilus* в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.9. Выявлено, что во всех исследуемых вариантах сыров максимальное количество заквасочных МО достигается к 7 суткам созревания, после чего клетки, минуя стационарную фазу роста, переходят на стадию вымирания.

Установлено, что наиболее интенсивное вымирание лактококков наблюдается в сырах, выработанных с использованием мезофильно-термофильных ПБК (варианты 2 и 3). Наибольшее количество цитратсбраживающих МО на конец срока созревания отмечено в сырах, выработанных с использованием лактококковой производственной закваски (вариант 1).

Анализ данных, представленных на рисунке 3.9 В, 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.

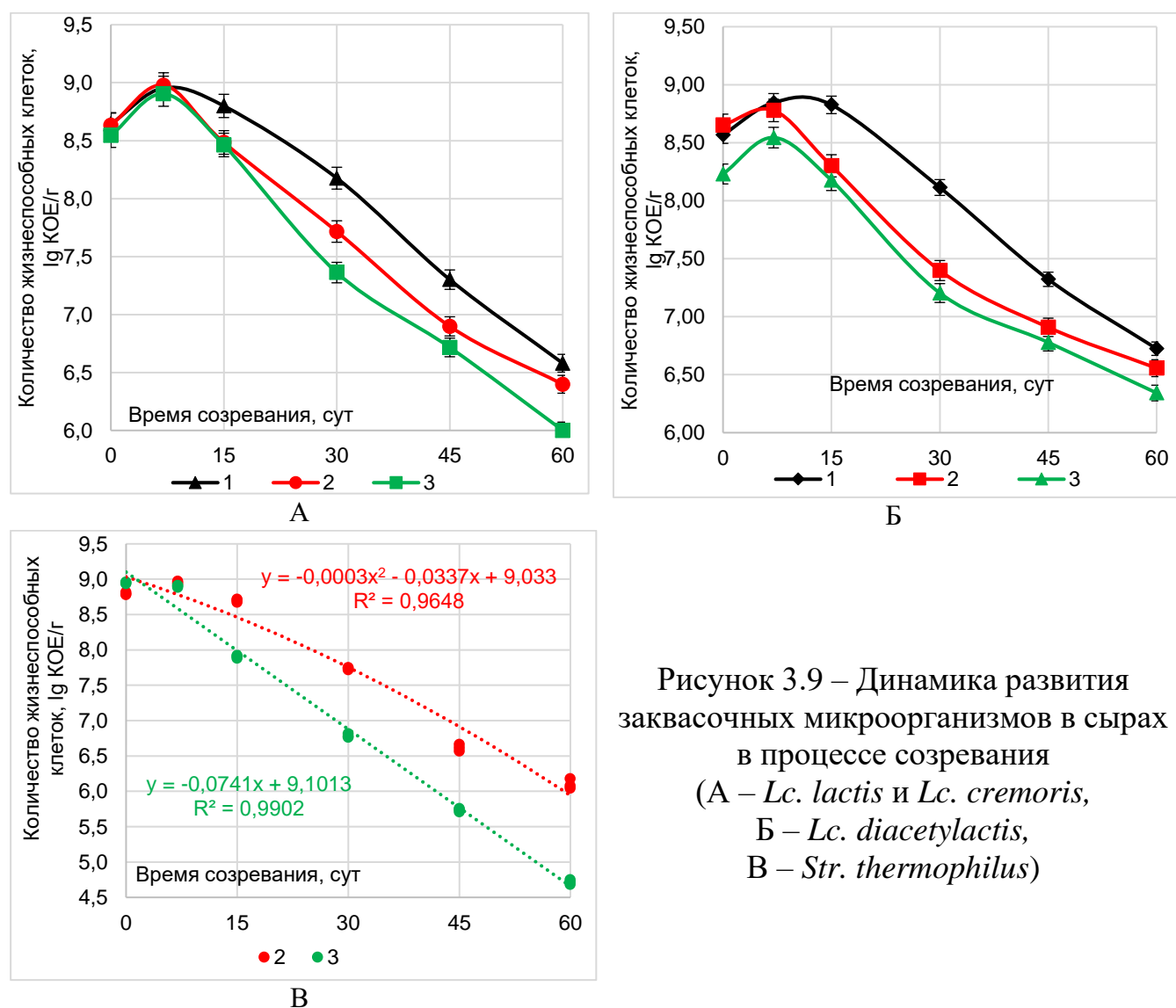


Рисунок 3.9 – Динамика развития заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания
(А – *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*,
Б – *Lc. diacetylactis*,
В – *Str. thermophilus*)

Интенсивность молочнокислого процесса оценивалась по продуктам гликолиза лактозы, т.е. убыли лактозы, возможному накоплению глюкозы и галактозы, приросту количества молочной кислоты (таблица 3.21) в сырах в процессе созревания.

Таблица 3.21 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1	0,93±0,08	отсут.	отсут.	0,41±0,02
2	0,48±0,05	отсут.	0,56±0,02	0,73±0,04
3	0,21±0,02	отсут.	0,67±0,04	1,17±0,06
Сыр в возрасте 7 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,72±0,12
2	отсут.	отсут.	0,51±0,03	1,86±0,14
3	отсут.	отсут.	0,61±0,03	1,91±0,14
Сыр в возрасте 15 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,86±0,15
2	отсут.	отсут.	0,57±0,04	1,92±0,16
3	отсут.	отсут.	0,43±0,03	1,94±0,15
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (20±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (20±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

Отсутствие остаточного количества лактозы (таблица 3.21) во всех вариантах сыров к 7 суткам созревания говорит о том, что при всех исследуемых соотношениях культур обеспечивается необходимая интенсивность молочнокислого процесса. Стоит отметить, что наиболее интенсивно молочнокислый процесс во время выработки проходил в сырах варианта 3.

Установлено, что в сырах, выработанных с использованием *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3), закономерно накапливается галактоза, количество которой увеличивается по мере повышения доли термофильного стрептококка в составе ПБК.

Результаты исследований динамики снижения активной кислотности в процессе созревания сыров (рисунок 3.10) указывают на то, что в сырах 1 варианта зафиксировано наибольшее снижение активной кислотности за счет наименьшей интенсивности молочнокислого процесса на этапе выработки. В варианте сыров 3 динамика падения активной кислотности незначительна, т.к. при большей дозе термофильного стрептококка максимальное снижение кислотности наблюдается на стадии выработки сыра.

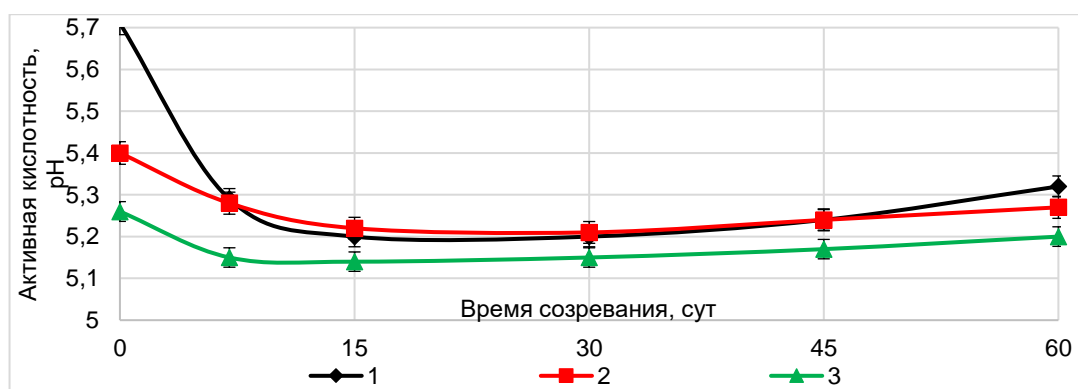


Рисунок 3.10 – Динамика активной кислотности (pH) в сырах в процессе созревания

Результаты исследований степени протеолиза в процессе созревания сыров (рисунок 3.11) показывают, что во всех экспериментальных вариантах наблюдается существенная динамика прироста растворимых форм белка. Закономерно, что при частичной замене в составе ПБК лактококков на *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3), интенсивность протеолиза в сырах снижается.

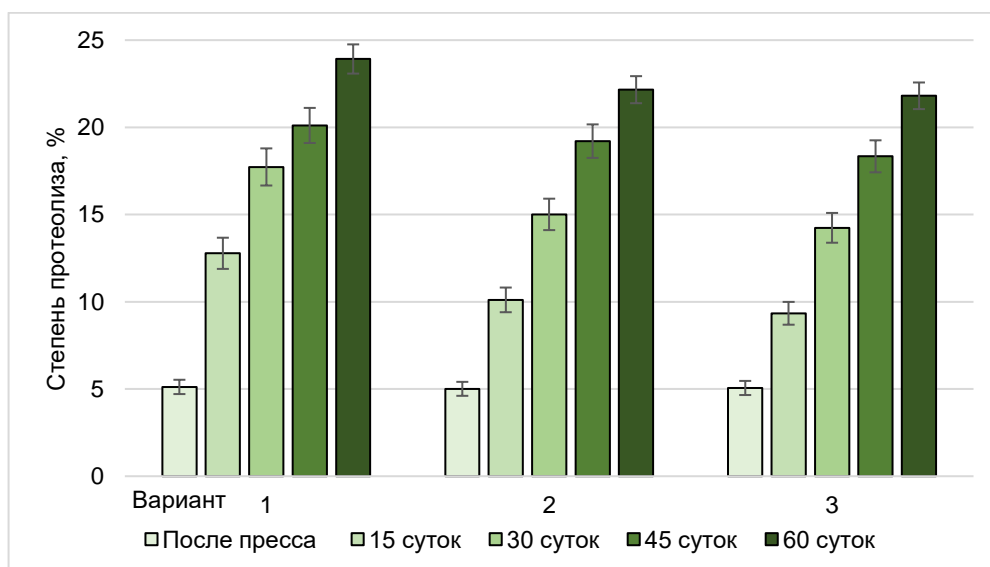


Рисунок 3.11 – Динамика процесса протеолиза в сырах во время созревания

Содержание летучих ВАВ определяли в паровой фазе сыров в возрасте кондиционной зрелости, данные представлены в таблице 3.22.

Таблица 3.22 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Вариант		
	1	2	3
Альдегиды, %:			
этаналь	61,831±1,060	76,431±1,446	92,482±1,836
пентаналь	—	—	0,013±0,002
бутаналь	—	9,557±0,437	2,787±0,093
пропаналь	8,172±0,972	—	—
бутеналь-2	—	1,158±0,149	0,023±0,003
изо-гексаналь	0,011±0,002	—	—
изо-гептаналь	0,092±0,008	—	—
Спирты, %:			
гексанол-1	0,151±0,022	—	—
метанол	—	—	0,044±0,005
пропанол-1	—	0,266±0,019	—
пентанол-1	—	0,150±0,008	—
Кислоты, %:			
уксусная кислота	27,624±0,761	—	—
Кетоны и его производные, %:			
бутанон-2	0,031±0,004	12,101±0,838	2,942±0,187
пентанон-2	—	—	0,419±0,034
гептанон-1	—	—	0,082±0,009
гептанон-2	0,232±0,012	—	0,081±0,008
гексанон-2	0,081±0,010	—	0,108±0,008
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	2,274±0,116	2,114±0,142	1,950±0,104
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (20±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (20±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).			

Из данных, представленных в таблице 3.22, следует, что наибольшее количество летучих ВАВ содержит паровая фаза сыров, выработанных с применением мезофильной закваски (вариант 1). Во всех вариантах сыров преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением является этаналь (61,8-92,5) %. При внесении в состав закваски термофильного стрептококка (вариант 2), с последующим увеличением за счет уменьшения диацетильного лактококка (вариант 3), общее количество летучих ВАВ снижается, а процентное содержание этанала увеличивается до (92,48±1,84) %.

Результаты комплексной органолептической экспертной оценки сыров в процессе созревания отражены на диаграмме общих балльных оценок и графике основных дескрипторов вкуса и аромата (рисунки 3.12 и 3.13).

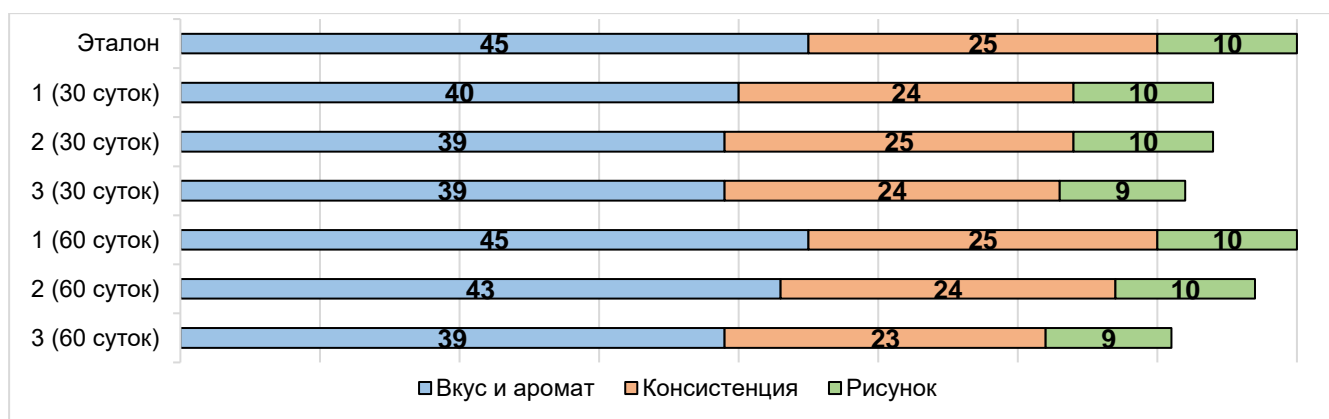


Рисунок 3.12 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Органолептическая балльная оценка показывает, что включение в состав закваски термофильного стрептококка (варианты 2 и 3) ускоряет процесс выработки, но в кондиционной зрелости сыры в полной мере не соответствуют идентификационным характеристикам сыра Голландский. Однако при содержании в ПБК *Str. thermophilus* не более 20,0 % и не менее 40,0 % *Lc. diacetylactis* (вариант 2), возможно производить продукт, соответствующий идентификационным органолептическим характеристикам сыра Гауда, усиливая за счет сконструированной закваски сливочный аромат, снижая кислоту и остроту во вкусе.

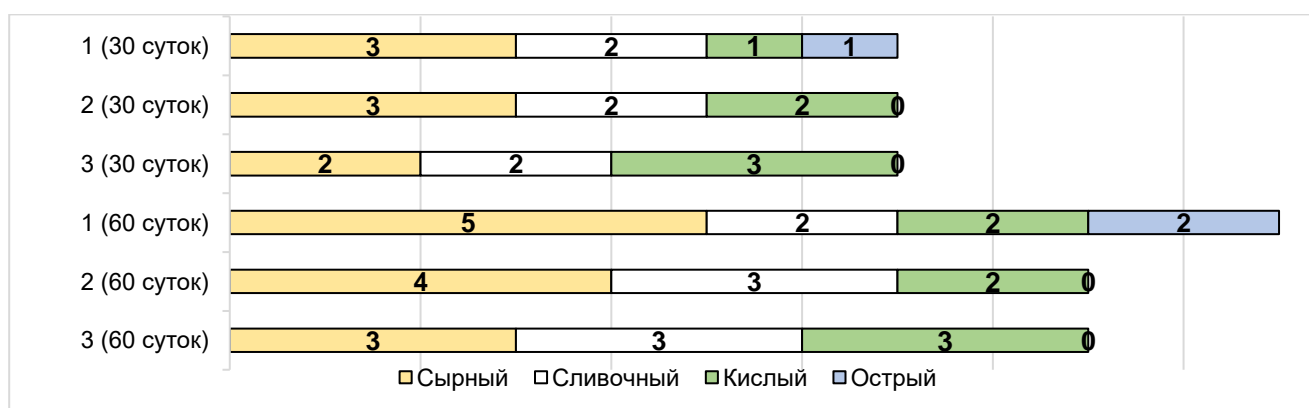


Рисунок 3.13 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

При увеличении доли термофильного стрептококка в составе ПБК до (30±1) % (вариант 3), к концу срока созревания сыров возникают риски ухудшения органолептических показателей: недостаточная выраженность

сырного вкуса и аромата, а также сильная кислота во вкусе, что приводит к снижению балльной оценки за вкус и аромат.

Консистенцию сыров в процессе созревания оценивали органолептически по показателям плотности, эластичности и пластичности сырной массы, как основных характеристик текстуры. Стоит отметить, что консистенция сыров, выработанных с использованием ПБК с максимально исследованным уровнем термофильного стрептококка (вариант 3) в кондиционной зрелости, была пластичной, и оценивалась в 23 балла (рисунок 3.12). При снижении в составе ПБК доли *Str. thermophilus* до (20 ± 1) % (вариант 2), консистенция сыров кондиционной зрелости характеризуется как хорошая эластично-пластичная и оценена экспертами в 24 балла из 25 возможных.

Фотографии сыров в разрезе, представленные на рисунке 3.14, показывают, что во всех опытных образцах присутствовал рисунок, характерный для полутвердых сыров, формируемых из пласта, с наличием глазков правильной круглой формы. Однако в сырах, выработанных с использованием лактококковой ПБК (вариант 1), рисунок характеризовался как более выраженный, а при уменьшении доли диацетильного лактококка (вариант 3) выраженность рисунка снизилась.

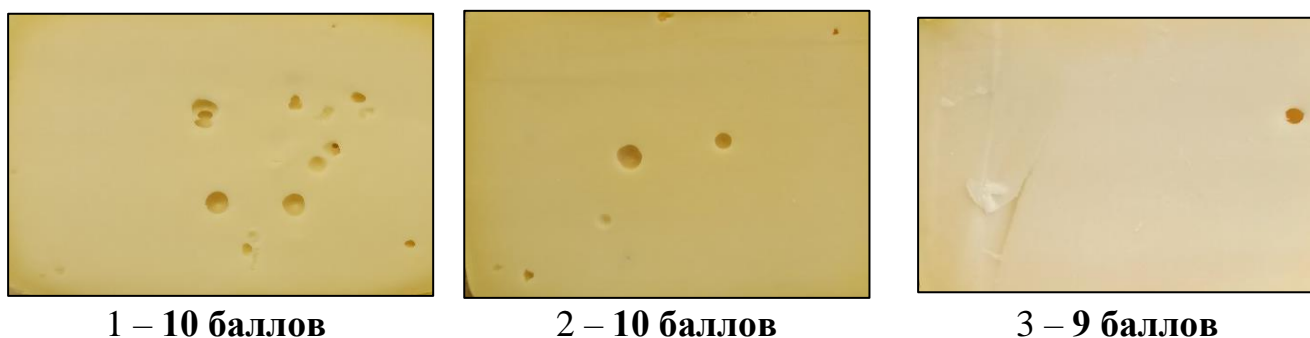


Рисунок 3.14 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

В результате проведенной серии экспериментов установлено, что в сырах, при выработке которых применялись поливидовые БК с частичной заменой кислотообразующих лактококков на *Str. thermophilus*, отмечены идентификационные органолептические характеристики сыра Гауда. Сыры, при

выработке которых применялись закваски с повышенной долей термофильного стрептококка, к концу срока созревания отличались от контроля ухудшением органолептических характеристик.

Таким образом, в очередной серии экспериментов установлено, что для производства готового продукта с идентификационными органолептическими характеристиками полутвердого сыра Гауда, следует использовать ПБК следующего состава:

- *Lc. lactis* – (20±1) %;
- *Lc. cremoris* – (20±1) %;
- *Str. thermophilus* – (20±1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (40±1) %.

3.3.1.3 Исследование возможности использования дополнительной газо- и ароматообразующей культуры *Leuconostoc* в составе поливидовых БК

Целью данной серии исследований является изучение возможности использования дополнительной газо- и ароматообразующей культуры *Leuconostoc* в составе поливидовой БК для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формируемых из пласта.

Для исследования влияния *Leuconostoc* на процессы созревания полутвердых сыров и формирование органолептических показателей были проведены выработки с использованием различных соотношений лактококков и лейконостока в производственных заквасках, приготовленных с использованием различных ПБК. В качестве контрольных вариантов рассматривали сыры, выработанные с использованием оптимального соотношения лактококков, полученного в предыдущей серии экспериментов $LcLL : LcLC : LcLD = 30 : 30 : 40\%$ (вариант 1). В ходе работы исследовались, как частичная замена диацетильного лактококка на лейконосток (вариант 2), так и полная (вариант 3).

Соотношения и масса моновидовых культур в составе ПБК, для приготовления различных производственных заквасок, использованных для выработки экспериментальных вариантов сыра, представлены в таблице 3.23.

Таблица 3.23 – Варианты соотношения МКМ в составе ПБК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидовых БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе ПБК, %	Расчетное количество жизнеспособных клеток, КОЕ/100дм ³	Расчетная масса моновидовых БК на 100 дм ³ молока, г
1	$LcLL - (4,9 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLC - (6,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $Leu - (1,7 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$LcLC - 30 \pm 1$	$LcLC - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLC - 0,050 \pm 0,001$
		$LcLD - 40 \pm 1$	$LcLD - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLD - 0,074 \pm 0,001$
2		$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$LcLC - 30 \pm 1$	$LcLC - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLC - 0,050 \pm 0,001$
		$LcLD - 20 \pm 1$	$LcLD - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLD - 0,037 \pm 0,001$
		$Leu - 20 \pm 1$	$Leu - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$Leu - 0,118 \pm 0,001$
3		$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$LcLC - 30 \pm 1$	$LcLC - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLC - 0,050 \pm 0,001$
		$Leu - 40 \pm 1$	$Leu - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$Leu - 0,235 \pm 0,001$
Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).				

В таблице 3.24 представлены показатели готовых производственных заквасок.

Таблица 3.24 – Показатели производственных заквасок для выработки сыров

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у. е.
1	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^9$	$(7,5 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(39,5 \pm 0,5)$	$89,9 \pm 1,9$	$1,55 \pm 0,19$	3
2	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^9$	$(6,2 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(34,4 \pm 0,5)$	$88,5 \pm 0,7$	$1,73 \pm 0,14$	1
3	$(2,1 \pm 0,2) \cdot 10^9$	$(8,1 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(38,6 \pm 0,5)$	$88,1 \pm 0,8$	$1,96 \pm 0,06$	0
Состав ПБК: 1 – $LcLL - (30 \pm 1) \%$, $LcLC - (30 \pm 1) \%$, $LcLD - (40 \pm 1) \%$; 2 – $LcLL - (30 \pm 1) \%$, $LcLC - (30 \pm 1) \%$, $LcLD - (20 \pm 1) \%$, $Leu - (20 \pm 1) \%$; 3 – $LcLL - (30 \pm 1) \%$, $LcLC - (30 \pm 1) \%$, $Leu - (40 \pm 1) \%$. Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).					

Анализ представленных в таблице 3.24 показателей производственных заквасок, показывает, что общее количество жизнеспособных клеток и титруемая кислотность соответствовали видовому составу и уровню, необходимому для обеспечения молочнокислого процесса при выработке сыров. Однако газообразующая активность увеличилась в производственных заквасках с

частичной (вариант 2) и полной (вариант 3) заменой *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc*. Наименьшую ароматообразующую активность показала производственная закваска варианта 3 с полной заменой *Lc. diacetylactis*. Доля цитратсбраживающих МО во всех образцах относительно общего количества жизнеспособных клеток изменилась не значительно во время приготовления производственной закваски.

Экспериментальные сыры вырабатывали из молока сырого, соответствующего показателям безопасности и сыропригодности (таблица 3.4).

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.25 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/см ³
1	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7$	$(4,1 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(8,4 \pm 0,2) \cdot 10^0$	$(2,4 \pm 0,3) \cdot 10^0$
2	$(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(3,5 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(8,9 \pm 0,4) \cdot 10^0$	$(2,4 \pm 0,3) \cdot 10^0$
3	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(4,4 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(1,2 \pm 0,3) \cdot 10^1$	отсут.	не обн.	не обн.	$(7,9 \pm 0,5) \cdot 10^0$	$(2,4 \pm 0,3) \cdot 10^0$
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (20±1) %, <i>Leu</i> – (20±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>Leu</i> – (40±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).								

Анализ микробиологических показателей молочной смеси после внесения производственной закваски, представленных в таблице 3.25, показывает, что начальное количество внесенных заквасочных МО соответствует необходимому уровню и идентично во всех вариантах смесей для выработок. В молочной смеси обнаружена споровая и термофильная микрофлора, не превышающая допустимых норм. При этом группы микроорганизмов, такие как БГКП, дрожжи и плесневые грибы не обнаружены.

В таблицах 3.26 и 3.27 приведены микробиологические и физико-химические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.26 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г, / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{9a}$	$(4,2 \pm 0,1) \cdot 10^{8a}$ / $(38,2 \pm 0,5)$	$(3,7 \pm 0,2) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(5,9 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
2	$(1,4 \pm 0,4) \cdot 10^{9a}$	$(5,1 \pm 0,2) \cdot 10^{8b}$ / $(36,4 \pm 0,5)$	$(4,1 \pm 0,3) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(6,4 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
3	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^{9a}$	$(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^{8b}$ / $(22,7 \pm 0,5)$	$(3,9 \pm 0,3) \cdot 10^{1a}$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(5,8 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (20±1) %, *Leu* – (20±1) %;
 3 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *Leu* – (40±1) %.

Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Результаты микробиологических исследований, представленные в таблице 3.26, показывают, что общее количество клеток заквасочной МО во всех вариантах сыров после прессования находится на необходимо высоком уровне. Количество цитратсбраживающих бактерий в сырах 1 варианта, в состав закваски которых входит 40 % *Lc. diacetylactis*, значительно и соответствует необходимому уровню. Наименьшее количество микроорганизмов, способных к сбраживанию цитратов, выявлено в сырах, выработанных с использованием ПБК с полной заменой *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc* (варианты 3).

Между вариантами сыров после прессования по массовой доле белка, жира и влаги (таблица 3.27) отсутствуют статистически значимые отличия ($p > 0,05$), однако между показателями остаточной лактозы, активной кислотности и отличия значимые ($p < 0,05$).

Таблица 3.27 – Физико-химические показатели сыров после прессования

Вариант	Активная кислотность, рН	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	$5,71 \pm 0,04^a$	$0,93 \pm 0,06^a$	$44,4 \pm 0,3^a$	$44,1 \pm 0,3^a$	$20,11 \pm 0,44^a$
2	$5,79 \pm 0,04^b$	$1,28 \pm 0,13^b$	$44,6 \pm 0,3^a$	$44,4 \pm 0,4^a$	$19,74 \pm 0,49^a$

Продолжение таблицы 3.27

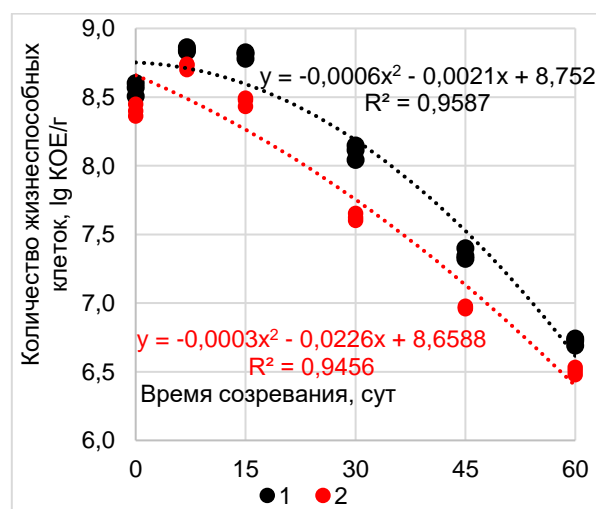
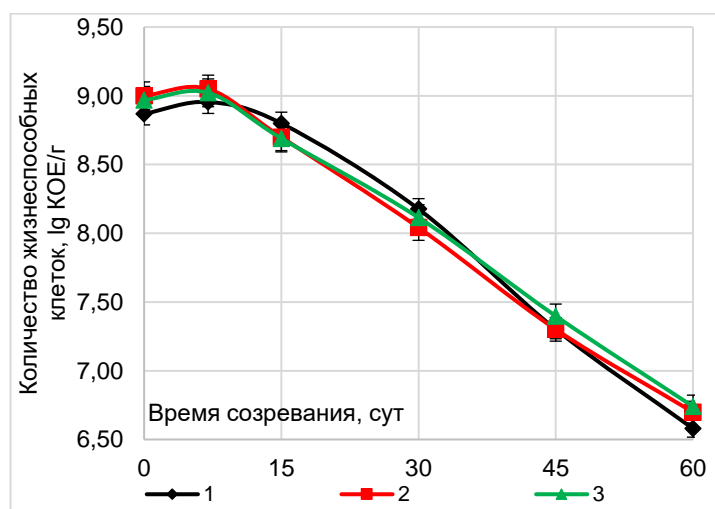
Вариант	Активная кислотность, рН	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
3	5,89±0,03 ^c	1,58±0,10 ^c	44,7±0,3 ^a	44,1±0,5 ^a	19,59±0,43 ^a

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (20±1) %, *Leu* – (20±1) %;
 3 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *Leu* – (40±1) %.

Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Значения массовой доли влаги, жира в СВ и белка во всех вариантах сыров после прессования (таблица 3.27) находятся в рамках нормируемых показателей. Закономерно, что наибольшие значения остаточной лактозы и, как следствие, большие показатели активной кислотности выявлены в сырах, выработанных с заквасками, в составе которых присутствуют гетероферментативные лейконостоки (варианты 2 и 3), что является признаком снижения интенсивности молочнокислого процесса. При полной замене диациетильного лактококка на лейконосток (вариант 3) замедление молочнокислого процесса на этапе выработки привело к тому, что уровень активной кислотности в сыре после прессования не соответствовал установленной норме.

Динамика развития *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *Leuconostoc* в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.15.



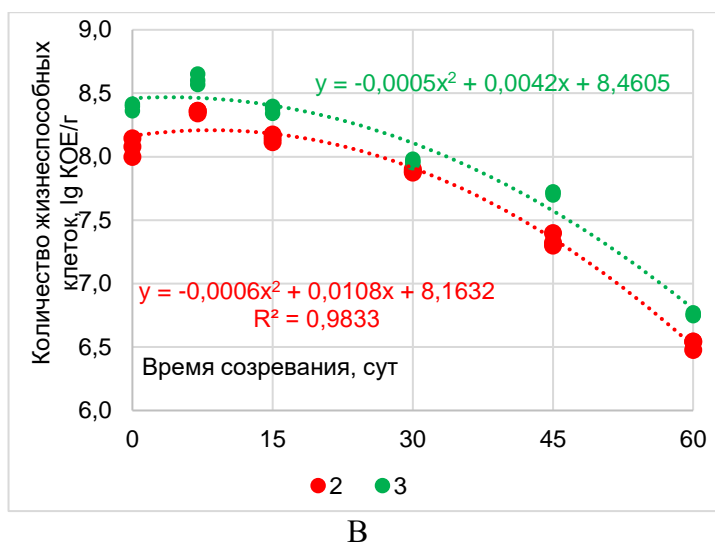


Рисунок 3.15 – Динамика развития заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания (А – *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, Б – *Lc. diacetylactis*, В – *Leuconostoc*)

Во всех исследуемых вариантах сыров максимальное количество жизнеспособных клеток достигается к 7 суткам созревания. Установлено, что клеточные популяции цитратсбраживающих МО *Lc. diacetylactis* (рисунок 3.15 Б) и *Leuconostoc* (рисунок 3.15 В) развиваются идентично и после посолки в условиях созревания вымирают с равнозначной интенсивностью.

Установлено, что использование в составе ПБК культуры *Leuconostoc* (варианты 2 и 3) замедляет интенсивность молочнокислого процесса на этапе выработки сыров, в связи с чем остаточное количество лактозы в сыре после прессования находится на уровне выше 1,15 %. Однако к 7 суткам созревания отмечено практически полное сбраживание лактозы в опытных образцах, что говорит о достижении необходимой интенсивности молочнокислого процесса на этапе созревания.

Таблица 3.28 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1	0,93±0,06	отсут.	отсут.	0,41±0,02
2	1,28±0,13	отсут.	отсут.	0,37±0,02
3	1,58±0,10	отсут.	отсут.	0,26±0,03
Сыр в возрасте 7 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,82±0,12
2	следы	отсут.	отсут.	1,64±0,14
3	следы	отсут.	отсут.	1,62±0,12

Продолжение таблицы 3.28

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр в возрасте 15 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,86±0,15
2	отсут.	отсут.	отсут.	1,85±0,16
3	отсут.	отсут.	отсут.	1,85±0,16
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (20±1) %, <i>Leu</i> – (20±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>Leu</i> – (40±1) %.				
Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

Результаты исследований динамики снижения активной кислотности в процессе созревания сыров (рисунок 3.16) свидетельствуют о том, что во всех вариантах зафиксировано наибольшее снижение активной кислотности к 15 суткам созревания. При этом минимальное падение уровня активной кислотности в процессе созревания отмечено в сырах, выработанных на закваске без культуры *Leuconostoc* (вариант 1), за счет более активного молочнокислого процесса на этапе выработки.

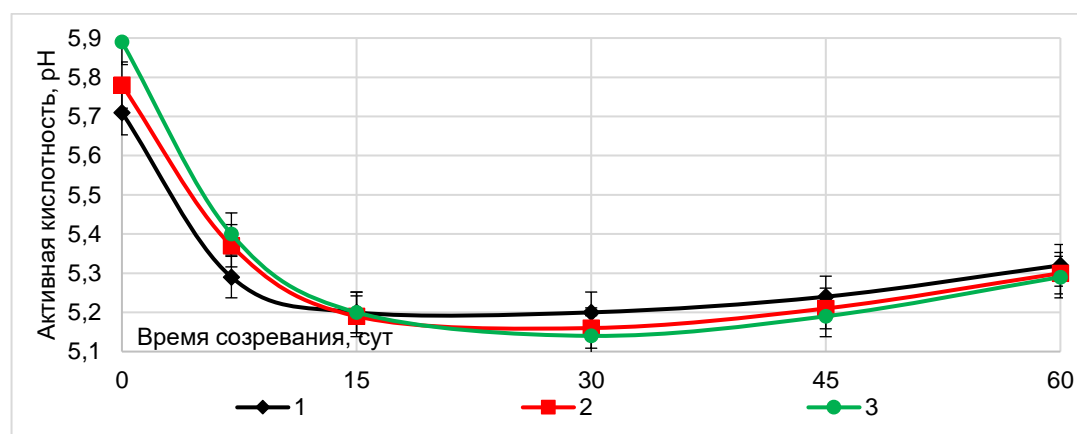


Рисунок 3.16 – Динамика активной кислотности (pH) в сырах в процессе созревания

Анализ результатов динамики степени протеолиза и накопления низкомолекулярных пептидов и аминокислот в процессе созревания сыров (рисунки 3.17 и 3.18) показывает, что при замене диацетильного лактококка на *Leuconostoc* интенсивность протеолиза незначительно снижается. Однако согласно молекулярно-массовому распределению продуктов протеолиза

отмечено, что количество низкомолекулярных пептидов и аминокислот зафиксировано больше в сырах кондиционной зрелости (60 суток) с культурой *Leuconostoc* (варианты 2 и 3).

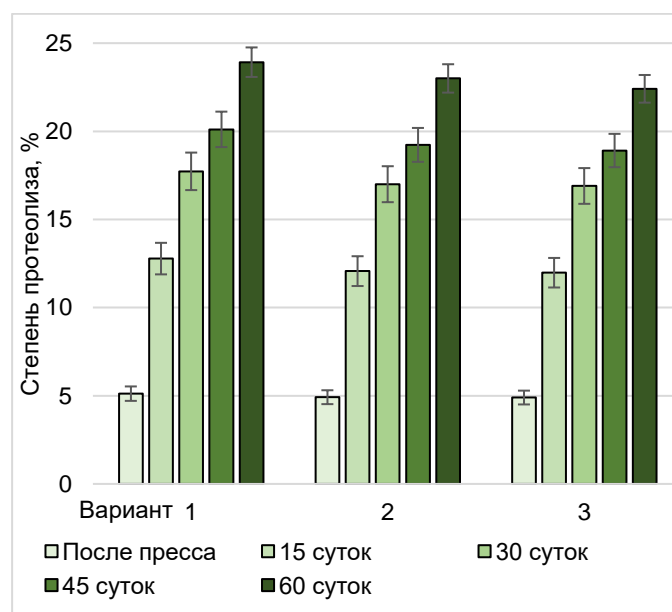


Рисунок 3.17 – Динамика степени протеолиза в сырах во время созревания

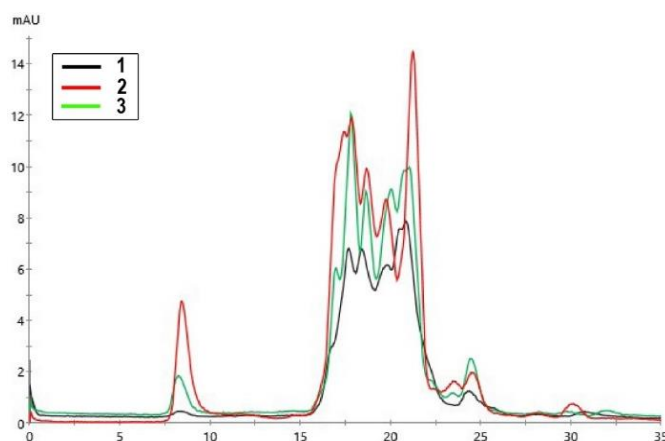


Рисунок 3.18 – Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости (Колонка Superose 6 Increase 10/300 GL)

В таблице 3.29 представлен качественный и количественный состав летучих ВАВ в паровой фазе сыров кондиционной зрелости (60 суток).

Таблица 3.29 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Вариант		
	1	2	3
Альдегиды, %:			
этаналь	61,831±1,060	96,892±1,364	94,259±1,176
бутаналь	—	0,098±0,007	—
пропаналь	8,172±0,972	—	—
изо-гексаналь	0,011±0,002	—	—
изо-гептаналь	0,092±0,008	—	—
Спирты, %:			
гексанол-1	0,151±0,022	—	—
метанол	—	—	0,026±0,004
Кетоны и его производные, %:			
бутанон-2	0,031±0,004	2,329±0,131	4,546±0,195
гептанон-2	0,232±0,012	—	—

Продолжение таблицы 3.29

Наименование летучего ВАВ	Вариант		
	1	2	3
гексанон-2	0,081±0,010	—	—
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	2,274±0,116	1,914±0,102	1,684±0,142
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (20±1) %, <i>Leu</i> – (20±1) %; 3 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>Leu</i> – (40±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).			

Из данных, представленных в таблице 3.29, следует, что наибольшее количество летучих ВАВ содержит паровая фаза сыров, выработанных с применением лактококковой закваски (вариант 1). В данных сырах преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением является этаналь (61,831±1,060) %. В опытных сырах, в микробиоту которых включены МО рода *Leuconostoc* (варианты 2 и 3), преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением так же является этаналь, при этом его доля значительно выше и составляет (96,892±1,364) % и (94,259±1,176) % соответственно. При этом добавление в состав закваски лейконостока снижает разнообразие идентифицированных ЛВАВ в сырах кондиционной зрелости.

Состав и соотношение заквасочных культур, используемых в производстве сыров, оказывая влияние на процессы выработки и созревания, во многом определяют формирование органолептического профиля сыров. Результаты органолептической экспертной оценки сыров в процессе созревания отражены на диаграмме балльных оценок и гистограмме основных дескрипторов вкуса и аромата (рисунки 3.19 и 3.20).

Органолептическая балльная оценка (рисунки 3.13 и 3.14) подтверждает ранее полученные данные о том, что сыры, выработанные с использованием лактококковой закваски (вариант 1), к 60 суткам созревания характеризовались, как сыры с выраженным сырным, слегка кисловатым вкусом с наличием остроты, а также слабым сливочным ароматом и оценены экспертами по максимальному баллу.

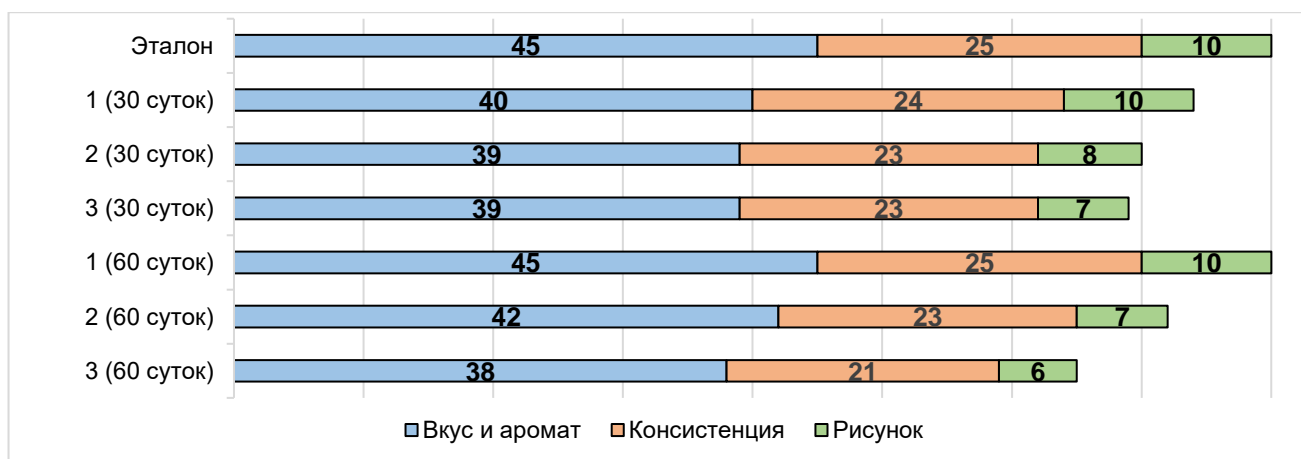


Рисунок 3.19 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Экспериментальные сыры с частичной заменой диацетильного лактококка на лейконосток (вариант 2), относительно контрольных сыров варианта 1, к концу срока созревания имели более кислый и менее выраженный сырный вкус и аромат (рисунки 3.19 и 3.20), поэтому оценены экспертами в 42 балла. В сырах, при выработке которых применялась закваска с полной заменой *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc* (вариант 3), к концу срока созревания отмечены: умеренная выраженность сырного вкуса, отсутствие сливочного аромата, а также умеренная кислота, в связи с чем оценка экспертами за вкус – 38 баллов.

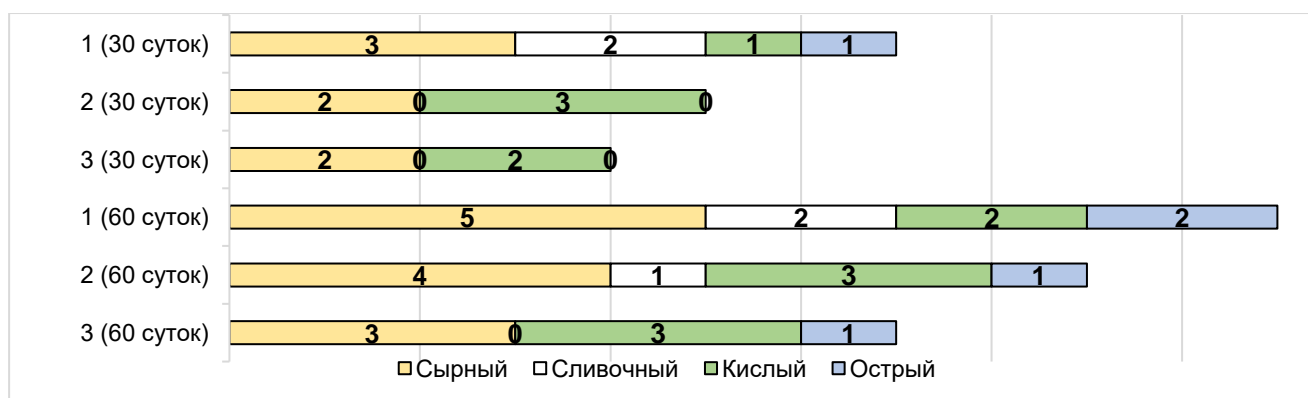


Рисунок 3.20 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

Консистенцию сыров в процессе созревания оценивали органолептически. Консистенция в сырах с частичной заменой диацетильного лактококка на лейконосток (вариант 2) оценена в 23 балла по причине того, что характеризовалась как пластичная. В сырах, при выработке которых применялась

закваска с полной заменой *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc* (вариант 3), отмечена излишняя пластичность, ставшая в процессе созревания мажущейся (21 балл).

Важной характеристикой сыров данной группы является рисунок. Анализ внешнего вида сыров кондиционной зрелости (рисунок 3.21) показывает, что все образцы имели светло-желтый равномерный цвет сырного теста. При этом характерный для данной группы сыров рисунок присутствует только в сырах, выработанных на лактококковой бактериальной закваске (вариант 1). Отмечено, что в экспериментальных сырах, при выработке которых применялась закваска с частичной заменой *Lc. diacetylactis* на *Leuconostoc* (вариант 2), присутствовал гнездовидный рисунок и небольшие трещины (до 15 мм). В сырах варианта 3 с единственным газо- и ароматообразователем – *Leuconostoc* отмечен слепой рисунок и небольшие трещины (до 15 мм).



1 – 10 баллов 2 – 7 баллов 3 – 6 баллов
Рисунок 3.21 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

Таким образом, в результате проведенной серии экспериментов установлено, что при внесении лейконостока в состав закваски более 20,0 % (варианты 2 и 3), 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.

Подтверждено, что оптимальным соотношением моновидовых БК в составе закваски для сыров, формуемых из пласта, исходя из расчета количества жизнеспособных клеток, является:

- *Lc. lactis* – (30±1) %;
- *Lc. cremoris* – (30±1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (40±1) %.

3.3.1.4 Исследование целесообразности использования дополнительной протеолитически активной культуры *Lb. casei* в составе поливидовых БК

Для производителей полутвердых сыров важна интенсификация процесса созревания, поэтому к лактококковой заквасочной микрофлоре зачастую дополнительно вносят мезофильные молочнокислые палочки, в том числе *Lb. casei*, обладающие значительной протеолитической активностью.

Целью данной серии исследований является изучение возможности использования дополнительной протеолитически активной культуры *Lb. casei* в составе поливидовой БК для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых из пласта.

Для исследования влияния *Lb. casei* на процессы созревания сыров и формирование органолептических показателей проведены выработки сыров с использованием различных комбинаций моновидовых БК в составе ПБК. В качестве контрольного образца рассматривались сыры, выработанные с использованием оптимальной лактококковой закваски (вариант 1). В ходе эксперимента исследовалась лактококковая закваска с частичной заменой *Lc. diacetylactis* на *Lb. casei* (вариант 2).

Соотношения и масса моновидовых культур в составе ПБК, для приготовления различных производственных заквасок, использованных для выработки экспериментальных вариантов сыра, представлены в таблице 3.30.

Таблица 3.30 – Варианты соотношения МБК в составе поливидовой БК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидовых БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе поливидовой БК, %	Расчетное количество жизнеспособных клеток, КОЕ/100 дм ³	Расчетная масса моновидовых БК на 100 дм ³ молока, г
1	<i>LcLL</i> – (4,9±0,1) 10 ¹¹ <i>LcLC</i> – (6,0±0,1) 10 ¹¹ <i>LcLD</i> – (5,4±0,1) 10 ¹¹ <i>LbCas</i> – (2,5±0,1) 10 ¹¹	<i>LcLL</i> – 30±1 <i>LcLC</i> – 30±1 <i>LcLD</i> – 40±1	<i>LcLL</i> – (3,0±0,1) 10 ¹⁰ <i>LcLC</i> – (3,0±0,1) 10 ¹⁰ <i>LcLD</i> – (4,0±0,1) 10 ¹⁰	<i>LcLL</i> – 0,061±0,001 <i>LcLC</i> – 0,050±0,001 <i>LcLD</i> – 0,074±0,001
2	<i>LcLL</i> – (4,9±0,1) 10 ¹¹ <i>LcLC</i> – (6,0±0,1) 10 ¹¹ <i>LcLD</i> – (5,4±0,1) 10 ¹¹ <i>LbCas</i> – (2,5±0,1) 10 ¹¹	<i>LcLL</i> – 30±1 <i>LcLC</i> – 30±1 <i>LcLD</i> – 30±1 <i>LbCas</i> – 10±1	<i>LcLL</i> – (3,0±0,1) 10 ¹⁰ <i>LcLC</i> – (3,0±0,1) 10 ¹⁰ <i>LcLD</i> – (3,0±0,1) 10 ¹⁰ <i>LbCas</i> – (1,0±0,1) 10 ¹⁰	<i>LcLL</i> – 0,061±0,001 <i>LcLC</i> – 0,050±0,001 <i>LcLD</i> – 0,056±0,001 <i>LbCas</i> – 0,040±0,001
Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

В таблице 3.31 представлены показатели готовых производственных заквасок.

Таблица 3.31 – Показатели производственных заквасок для выработки сыров

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАНМ КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	Количество клеток <i>Lb. casei</i> , КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у.е.
1	(1,9±0,2)·10 ⁹	(7,5±0,2)·10 ⁸ / (39,5±0,5)	-	89,9±1,9	1,59±0,19	3
2	(2,1±0,4)·10 ⁹	(7,1±0,4)·10 ⁸ / (33,8±0,5)	(2,5±0,3)·10 ⁷ / (1,2±0,1)	90,3±1,2	1,55±0,12	3
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %, <i>LbCas</i> – (10±1) %. Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).						

Результаты исследований показателей производственных заквасок, представленных в таблице 3.31, показывают, что общее количество жизнеспособных клеток, титруемая кислотность, газо- и ароматообразующая способности соответствовали их видовому составу. Доля цитратсбраживающих МО во всех образцах, относительно общего количества жизнеспособных клеток, изменилась не значительно во время приготовления производственной закваски. При этом доля мезофильных палочек *Lb. casei* снизилась, относительно начальной дозы (10 %), за счет более низкой скорости развития культуры.

Экспериментальные сыры вырабатывали из молока сырого, соответствующего показателям безопасности и сыропригодности (таблица 3.4).

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски представлены в таблице 3.32.

Таблица 3.32 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	Количество клеток <i>Lb. casei</i> , КОЕ/см ³	КТАФАнМ КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствует 10 см ³	Дрожжи КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , НВЧ спор/см ³
1	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^7$	$(4,1 \pm 0,5) \cdot 10^6$	-	не обн.	отсут.	не обн.	не обн.	$(4,9 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(5,4 \pm 0,6) \cdot 10^0$
2	$(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(3,6 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^5$	не обн.	отсут.	не обн.	не обн.	$(5,4 \pm 0,6) \cdot 10^6$	$(5,4 \pm 0,6) \cdot 10^0$

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (30±1) %, *LbCas* – (10±1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски (таблица 3.32) указывают на то, что начальное количество заквасочных МО соответствует необходимому уровню.

В таблицах 3.33 и 3.34 приведены микробиологические и физико-химические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.33 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г / доля от общего кол- ва, %	Количество клеток <i>Lb. casei</i> , КОЕ/г	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{9a}$	$(4,2 \pm 0,1) \cdot 10^{8a}$ /(38,2±0,5)	не обнар.	отсут.	не обнар.	не обнар.	не обнар.	не обнар.	не обнар.
2	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^{9a}$	$(3,9 \pm 0,3) \cdot 10^{8a}$ /(39,0±0,5)	$(6,5 \pm 0,5) \cdot 10^5$ /(0,065±0,005)	отсут.	не обнар.	не обнар.	не обнар.	не обнар.	не обнар.

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (40±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (30±1) %, *LcLD* – (30±1) %, *LbCas* – (10±1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Из данных таблицы микробиологических показателей сыров после прессования (таблица 3.33) следует, что общее количество жизнеспособных клеток заквасочных МО во всех вариантах сыров находится на необходимо высоком уровне. Количество цитратсбраживающих бактерий в сырах контрольных и опытных образцов находятся на одном уровне. Прирост лактококков в процессе выработки составил два порядка до уровня $(1,0 \pm 0,4) \cdot 10^9$ КОЕ/ г, в то время как количество жизнеспособных клеток *Lb. casei* увеличилось в 4,3 раза.

Таблица 3.34 – Физико-химические показатели сыров после прессования

Вариант	Активная кислотность, pH	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	5,71 \pm 0,04 ^a	0,93 \pm 0,06 ^a	44,4 \pm 0,3 ^a	44,1 \pm 0,1 ^a	21,26 \pm 0,18 ^a
2	5,74 \pm 0,03 ^a	0,94 \pm 0,06 ^a	44,5 \pm 0,3 ^a	45,8 \pm 0,4 ^a	21,08 \pm 0,13 ^a

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30 \pm 1) %, *LcLC* – (30 \pm 1) %, *LcLD* – (40 \pm 1) %;
 2 – *LcLL* – (30 \pm 1) %, *LcLC* – (30 \pm 1) %, *LcLD* – (30 \pm 1) %, *LbCas* – (10 \pm 1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Между вариантами сыров после прессования по всем физико-химическим показателям (таблица 3.34) статистически значимые отличия отсутствуют ($p > 0,05$).

Динамика развития *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, *Lb. casei* в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.22.

Во всех исследуемых вариантах сыров максимальное количество кислотообразующих и цитратсбраживающих лактококков (рисунок 3.22 А и Б) достигается к 7 суткам созревания с последующим вымиранием клеточных популяций, что приводит к их снижению к 60 суткам созревания на 2,5 порядка.

Установлено, что несмотря на то, что мезофильные молочнокислые палочки *Lb. casei* не влияют на интенсивность молочнокислого процесса во время выработки, развитие клеточной популяции продолжается до 30 суток созревания с последующим интенсивным вымиранием (рисунок 3.22 В).

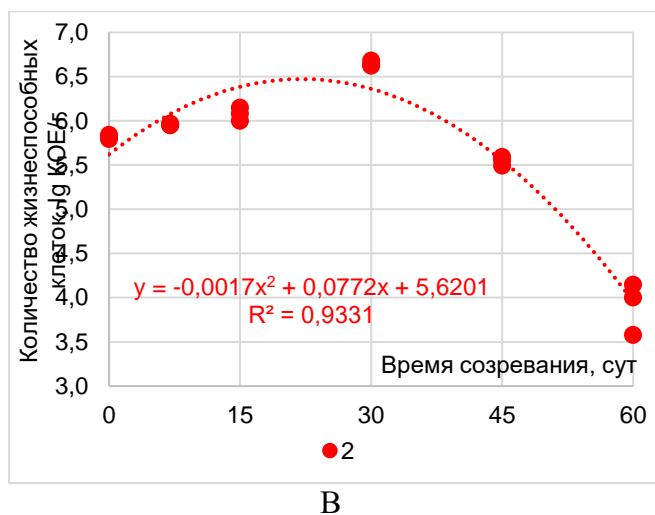
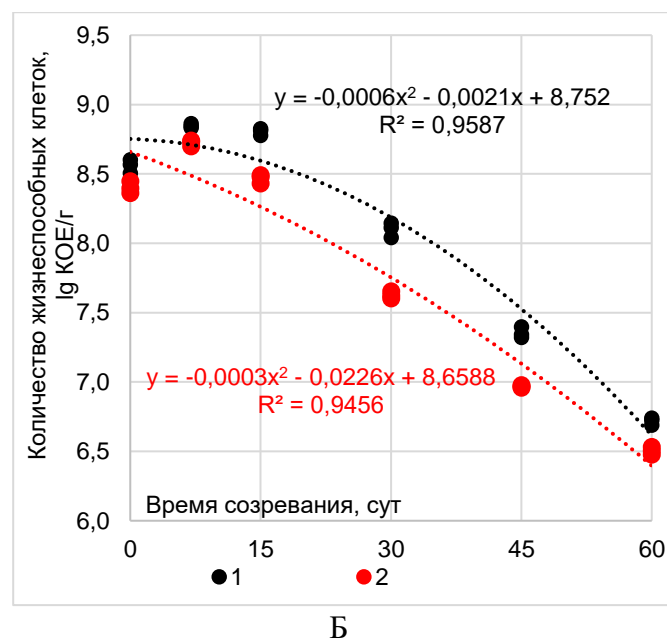
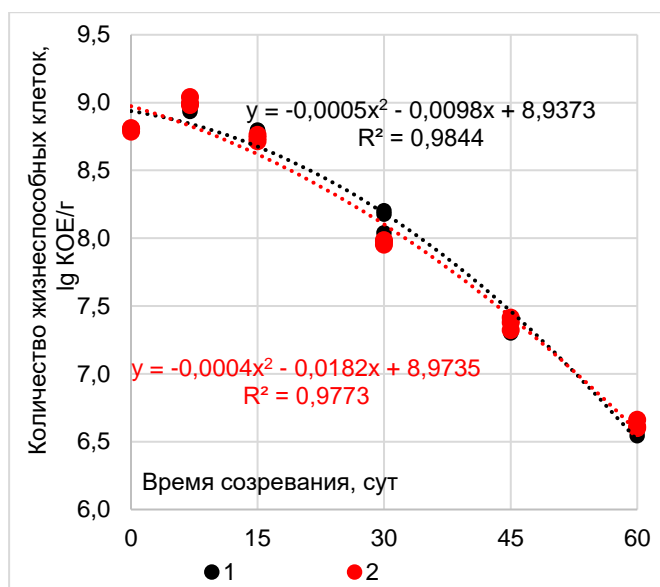


Рисунок 3.22 – Динамика развития заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания (А – *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, Б – *Lc. diacetylactis*, В – *Lb. casei*)

Во всех вариантах сыров к 7 суткам созревания зафиксировано отсутствие остаточного количества лактозы (таблица 3.35), что говорит о том, что добавление мезофильных молочнокислых палочек *Lb. casei* в состав поливидовых БК не снижает интенсивность молочнокислого процесса на этапе выработки и созревания, что подтверждается и динамикой активной кислотности в сырах (рисунок 3.23).

Таблица 3.35 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1	0,93±0,06	отсут.	отсут.	0,41±0,02
2	0,94±0,06	отсут.	отсут.	0,40±0,02

Продолжение таблицы 3.35

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр в возрасте 7 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,82±0,12
2	отсут.	отсут.	отсут.	1,84±0,11
Сыр в возрасте 15 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	1,86±0,15
2	отсут.	отсут.	отсут.	1,88±0,15
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %, <i>LbCas</i> – (10±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

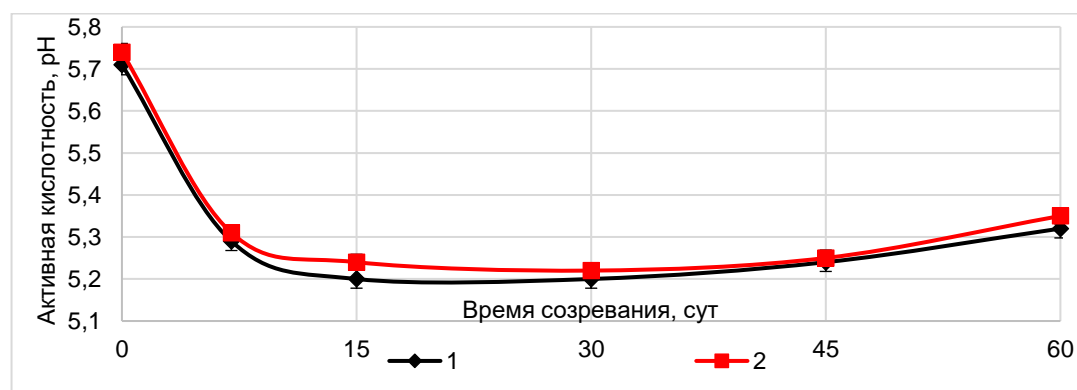


Рисунок 3.23 – Динамика активной кислотности (pH) в сырах в процессе созревания

Анализ результатов динамики степени протеолиза в процессе созревания сыров (рисунок 3.24) показывает, что во всех экспериментальных вариантах наблюдается существенная динамика прироста растворимых форм белка. Закономерно, что в сырах, выработанных с применением *Lb. casei* (вариант 2), степень протеолиза на протяжении всех исследуемых временных периодов существенно выше, чем в других образцах, что может служить показателем более высокой степени зрелости сыра.

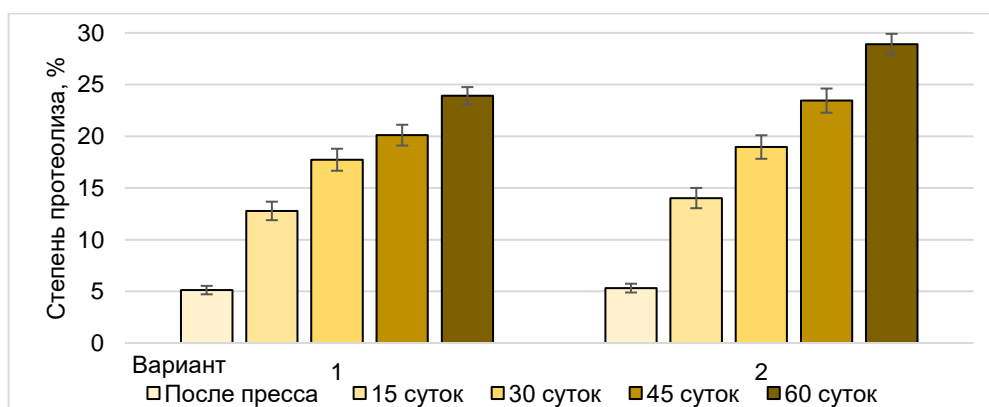


Рисунок 3.24 – Динамика степени протеолиза в сырах во время созревания

В таблице 3.36 представлены данные влияния состава бактериальных заквасок на накопление летучих ВАВ.

Таблица 3.36 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Вариант	
	1	2
Альдегиды, %:		
этаналь	61,831±1,060	62,289±0,982
бутаналь	—	4,924±0,182
пропаналь	8,172±0,972	7,372±0,294
бутеналь-2	—	5,437±0,188
изо-гексаналь	0,011±0,002	0,009±0,002
изо-гептаналь	0,092±0,008	0,074±0,006
Спирты, %:		
гексанол-1	0,151±0,022	0,076±0,005
метанол	—	0,061±0,008
Кислоты, %:		
уксусная кислота	27,624±0,761	16,625±0,702
Кетоны и его производные, %:		
бутанон-2	0,031±0,004	0,016±0,002
пентанон-2	—	0,461±0,027
гептанон-2	0,232±0,012	0,014±0,002
гексанон-2	0,081±0,010	0,017±0,003
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	2,274±0,116	2,587±0,203
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (40±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (30±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %, <i>LbCas</i> – (10±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).		

Из данных, представленных в таблице 3.36, следует, что наименьшее количество летучих ВАВ содержит паровая фаза сыров, выработанных с применением лактококковой закваски (вариант 1). В данных сырах преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением является этаналь (61,831±1,060) %. Опытные сыры, микробиота которых обогащена *Lb. casei* (вариант 2), превосходят контрольные образцы как по общему количеству летучих вкусо-ароматических веществ, так и по их разнообразию.

Продукты метаболизма заквасочной микрофлоры в сырах оказывают прямое влияние на формирование их органолептического профиля. Результаты органолептической экспертной оценки сыров в процессе созревания отражены на диаграмме общих оценок и гистограмме основных дескрипторов вкуса и аромата (рисунки 3.25 и 3.26).

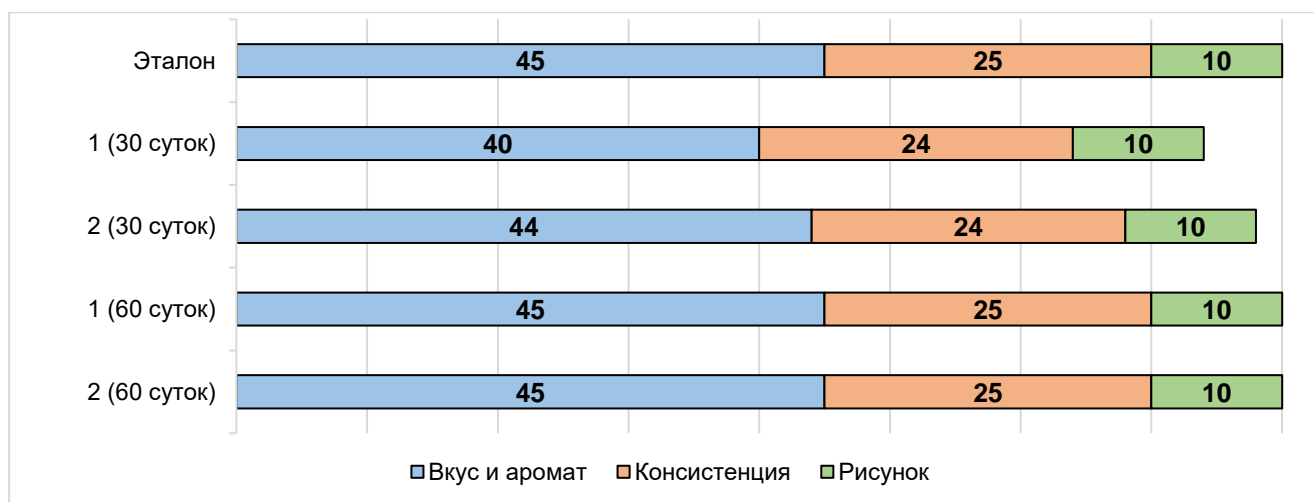


Рисунок 3.25 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Анализируя данные органолептических экспертных оценок (рисунки 3.25 и 3.26), можно сделать вывод, что опытные сыры, выработанные с использованием лактококковой закваски с частичной заменой *Lc. diacetylactis* на *Lb. casei* (вариант 2), в сравнении с сырами на лактококковой закваске (вариант 1), к 30 суткам созревания имели более выраженный сырный вкус и аромат и оценены экспертами в 44 балла. К концу срока созревания (60 суток) опытные и контрольные сыры были практически идентичны.

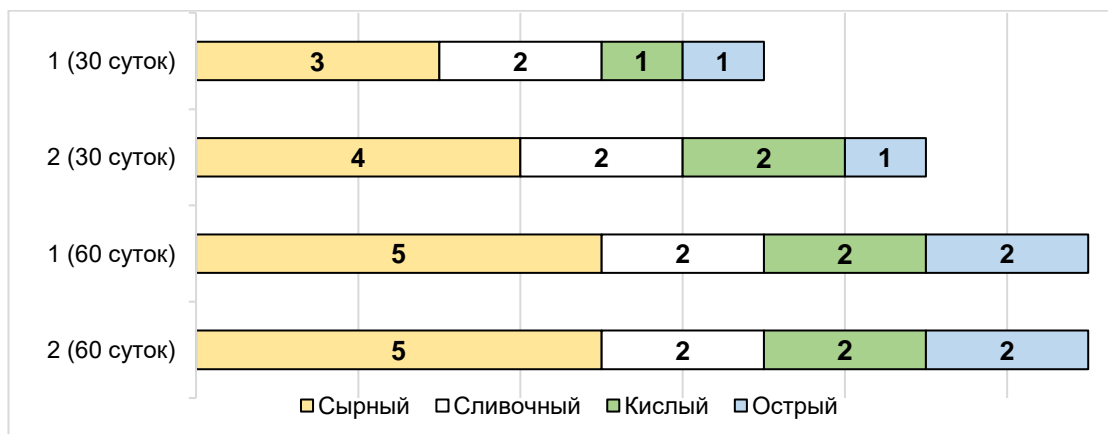


Рисунок 3.26 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

Стоит отметить, что в процессе созревания консистенция сыров вариантов 1 и 2 не отличалась (рисунок 3.25) и к концу срока созревания (60 суток) характеризовалась как отличная эластичная и оценена экспертами в 25 баллов.

Фотографии сыров в разрезе, представленные на рисунке 3.27, показывают, что во всех опытных образцах присутствовал рисунок, характерный для полутвердых сыров, формуемых из пласта, с наличием глазков правильной круглой формы. При этом в сырах, выработанных с использованием ПБК, в которой частично заменен *Lc. diacetylactis* на *Lb. casei* (вариант 2), присутствовал более развитый рисунок.



1 – 10 баллов



2 – 10 баллов

Рисунок 3.27 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

В результате проведенной серии экспериментов установлено, что в сырах, при выработке которых применялись поливидовые БК с частичной заменой газоароматообразующих лактококков на *Lb. casei*, отмечен более интенсивный процесс созревания, что говорит о возможности реализации сыров после 30 суток созревания.

Таким образом, в результате проведенной серии исследований сконструированы ПБК (таблица 3.37) для производства сыров, соответствующих идентификационным органолептическим профилям сыров Голландский и Гауда. При этом необходимо учитывать следующие особенности:

- сухие моновидовые БК смешиваются исходя из содержания в них жизнеспособных клеток;
- общее количество жизнеспособных клеток в стерильном восстановленном обезжиренном молоке для приготовления производственной закваски после внесения ПБК должно быть не менее $1,0 \times 10^6$ КОЕ/см³.

Таблица 3.37 – Состав ПБК для производства сыров, формуемых из пласта

Наименование моновидовых БК	Состав ПБК для сыров, %		
	Сыр Голландский	Сыр, выработанный по технологии Голландский с ускоренным сроком созревания	Сыр Гауда
<i>Lc. lactis</i>	30±1	30±1	20±1
<i>Lc. cremoris</i>	30±1	30±1	20±1
<i>Str. thermophilus</i>	—	—	20±1
<i>Lc. diacetylactis</i>	40±1	30±1	40±1
<i>Lb. casei</i>	—	10±1	—

3.3.2 Конструирование состава поливидовых бактериальных заквасок для выработки полутвердых сыров, формуемых насыпью

Следующим этапом исследований являлось конструирование ПБК с целью получения полутвердых сыров, формуемых насыпью, с установленными идентификационными характеристиками (таблица 3.7).

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, обусловлено в большей степени не как газообразующего компонента закваски с целью формирования рисунка сыров, а как ароматообразующего.

Таблица 3.38 – Состав и способ использования ПБК

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

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 3.38), сконструированных при различных соотношениях МБК.

3.3.2.1 Исследование влияния соотношения кислотообразующих МО в составе бактериальных заквасок

Целью данной серии экспериментов является исследование влияния соотношения кислотообразующих мезофильных и термофильных заквасочных микроорганизмов *Lc. lactis*, *Lc. cremoris* и *Str. thermophilus* в составе ПБК для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью.

В ходе экспериментов исследовались следующие варианты бактериальных заквасок:

- 1) лактококковая ПЗ с увеличенной долей *Lc. cremoris* за счет уменьшенной доли *Lc. diacetylactis*;
- 2) лактококковая ПЗ с полной заменой *Lc. cremoris* на термофильную культуру *Str. thermophilus*;
- 3) лактококковая ПЗ с полной заменой *Lc. lactis* на термофильную культуру *Str. thermophilus*.

Сыры вырабатывались с использованием производственной закваски и выдержкой после ее внесения в молочную смесь для активизации молочнокислого процесса.

Соотношения и масса моновидовых культур в составе поливидовых БК, для приготовления различных производственных заквасок, использованных для выработки экспериментальных вариантов сыра, представлены в таблице 3.39.

Таблица 3.39 – Варианты соотношения МБК в составе поливидовых БК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидовых БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе поливидовой БК, %	Расчетное количество жизнеспособных клеток, КОЕ/100 дм ³	Расчетная масса моновидовых БК на 100 дм ³ молока, г
1	$LcLL - (4,9 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLC - (6,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $StT - (9,1 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$LcLC - 40 \pm 1$	$LcLC - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLC - 0,067 \pm 0,001$
		$LcLD - 30 \pm 1$	$LcLD - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLD - 0,056 \pm 0,001$
2		$LcLL - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$
		$StT - 40 \pm 1$	$StT - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$StT - 0,440 \pm 0,001$
		$LcLD - 30 \pm 1$	$LcLD - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLD - 0,056 \pm 0,001$
3		$StT - 30 \pm 1$	$StT - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$StT - 0,330 \pm 0,001$
		$LcLC - 40 \pm 1$	$LcLC - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLC - 0,067 \pm 0,001$
		$LcLD - 30 \pm 1$	$LcLD - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLD - 0,056 \pm 0,001$

Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).

В таблице 3.40 представлены показатели готовых производственных заквасок, приготовленных с использованием сконструированных ПБК.

Таблица 3.40– Показатели производственных заквасок для выработки сыров

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у.е.
1	$(1,9 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(5,5 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(28,9 \pm 0,5)$	-	$94,9 \pm 1,3$	$1,08 \pm 0,12$	3
2	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(5,8 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(29,0 \pm 0,5)$	$(7,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(39,0 \pm 0,5)$	$91,6 \pm 1,4$	$1,06 \pm 0,15$	3
3	$(1,6 \pm 0,2) \cdot 10^9$	$(5,3 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(33,1 \pm 0,5)$	$(5,0 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(31,3 \pm 0,5)$	$90,9 \pm 1,6$	$1,05 \pm 0,12$	3

Состав ПБК: 1 – $LcLL - (30 \pm 1) \%$, $LcLC - (40 \pm 1) \%$, $LcLD - (30 \pm 1) \%$;

2 – $LcLL - (30 \pm 1) \%$, $StT - (40 \pm 1) \%$, $LcLD - (30 \pm 1) \%$;

3 – $StT - (30 \pm 1) \%$, $LcLC - (40 \pm 1) \%$, $LcLD - (30 \pm 1) \%$.

Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).

Результаты анализа микробиологического состава и показателей производственных заквасок, представленных в таблице 3.40, показывают, что общее количество жизнеспособных клеток, титруемая кислотность, газо- и ароматообразующая способности соответствовали их видовому составу. Доля цитратсбраживающих и термофильных МО во всех образцах ПЗ, относительно общего количества жизнеспособных клеток, изменилась не значительно во время приготовления производственной закваски.

Экспериментальные сыры вырабатывали из молока сырого, соответствующего показателям безопасности и сыропригодности (таблица 3.4).

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски представлены в таблице 3.41.

Таблица 3.41 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , НВЧ спор/см ³
1	$(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(8,3 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(9,8 \pm 0,4) \cdot 10^0$	отсут.	не обн.	не обн.	$(4,3 \pm 0,4) \cdot 10^0$	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^0$
2	$(2,3 \pm 0,5) \cdot 10^7$	$(7,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(9,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	отсут.	не обн.	не обн.	$(5,0 \pm 0,4) \cdot 10^0$	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^0$
3	$(2,5 \pm 0,4) \cdot 10^7$	$(7,5 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(7,5 \pm 0,3) \cdot 10^6$	отсут.	не обн.	не обн.	$(4,9 \pm 0,4) \cdot 10^0$	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^0$

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *StT* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 3 – *StT* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %.
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).

Согласно результатам микробиологических исследований молочной смеси после внесения производственной закваски (таблица 3.41), можно сделать вывод о том, что начальное количество заквасочных МО соответствует количеству, необходимому для выработки сыров с повышенным уровнем молочнокислого процесса.

Проведены исследования физико-химических и микробиологических процессов во время выработки и созревания сыров. В таблицах 3.42 и 3.43 приведены микробиологические и физико-химические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.42 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г, / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г / доля от общего кол-ва, %	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1	$(1,2 \pm 0,4) \cdot 10^9$ ^a	$(5,0 \pm 0,2) \cdot 10^8$ ^a / (41,7±0,5)	$(6,8 \pm 0,4) \cdot 10^0$ ^a	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(5,3 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
2	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^9$ ^b	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^8$ ^b / (4,3±0,5)	$(2,7 \pm 0,4) \cdot 10^9$ ^b / (90,0±0,5)	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(4,2 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.

Продолжение таблицы 3.42

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г, / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г / доля от общего кол-ва, %	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
3	$(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^9$ ^b	$(1,7 \pm 0,5) \cdot 10^8$ / $(6,8 \pm 0,5)$ ^b	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^9$ ^c / $(72,0 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(4,9 \pm 0,2) \cdot 10^9$	не обнар.	не обнар.

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *StT* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 3 – *StT* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %.

Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Как следует из анализа микробиологических показателей сыров после прессования (таблица 3.42), общее количество жизнеспособных клеток заквасочных МО в образцах сыра варианта 1 находится на необходимо высоком уровне. Наименьшее количество газо- ароматообразующих МО выявлено в сырах, выработанных с применением закваски, в состав которой входит *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3).

Таблица 3.43 – Физико-химические показатели сыров после прессования

Вариант	Активная кислотность, рН	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	$5,28 \pm 0,02$ ^a	$0,64 \pm 0,06$ ^a	$43,6 \pm 0,4$ ^a	$45,3 \pm 0,3$ ^a	$21,91 \pm 0,42$ ^a
2	$5,06 \pm 0,03$ ^b	отсут. ^b	$42,1 \pm 0,3$ ^b	$44,9 \pm 0,4$ ^a	$22,14 \pm 0,37$ ^a
3	$5,06 \pm 0,03$ ^b	отсут. ^b	$42,2 \pm 0,3$ ^b	$44,6 \pm 0,4$ ^a	$21,96 \pm 0,38$ ^a

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *StT* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 3 – *StT* – (30±1) %, *LcLC* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %.

Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

В сырах после прессования по физико-химическим показателям (таблица 3.43), кроме содержания остаточной лактозы и, как следствие, активной кислотности и массовой доли влаги, отсутствуют статистически значимые отличия ($p > 0,05$).

Согласно ТИ ГОСТ 32260–2013 сыр Российский после прессования по показателю активной кислотности должен соответствовать значениям рН 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 3.43).

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.

Динамика развития *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* (А), *Lc. diacetylactis* (Б), *Str. thermophilus* (В) в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.28. Установлено, что при использовании традиционной технологии (вариант 1) и нормальном уровне молочнокислого процесса кислотообразующие лактококки развиваются до 7 суток созревания при наличии остаточной лактозы, с последующим интенсивным вымиранием (рисунок 3.28 А). 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 прессования, не достигнув возможного максимума жизнеспособных клеток, причиной чего можно считать отсутствие лактозы.

Все исследуемые образцы сыров выработаны с использованием ПБК, в состав которых включено равное количество (30,0 %) газо- ароматообразующих лактококков. При этом состав кислотообразующих МКМ оказывает значимое влияние на различия в развитии клеточной популяции *Lc. diacetylactis* (рисунок 3.28 Б). Так, развитие диацетильного лактококка до 7 суток созревания отмечено в сырах, выработанных с использованием мезофильной ПБК и традиционной технологии (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.

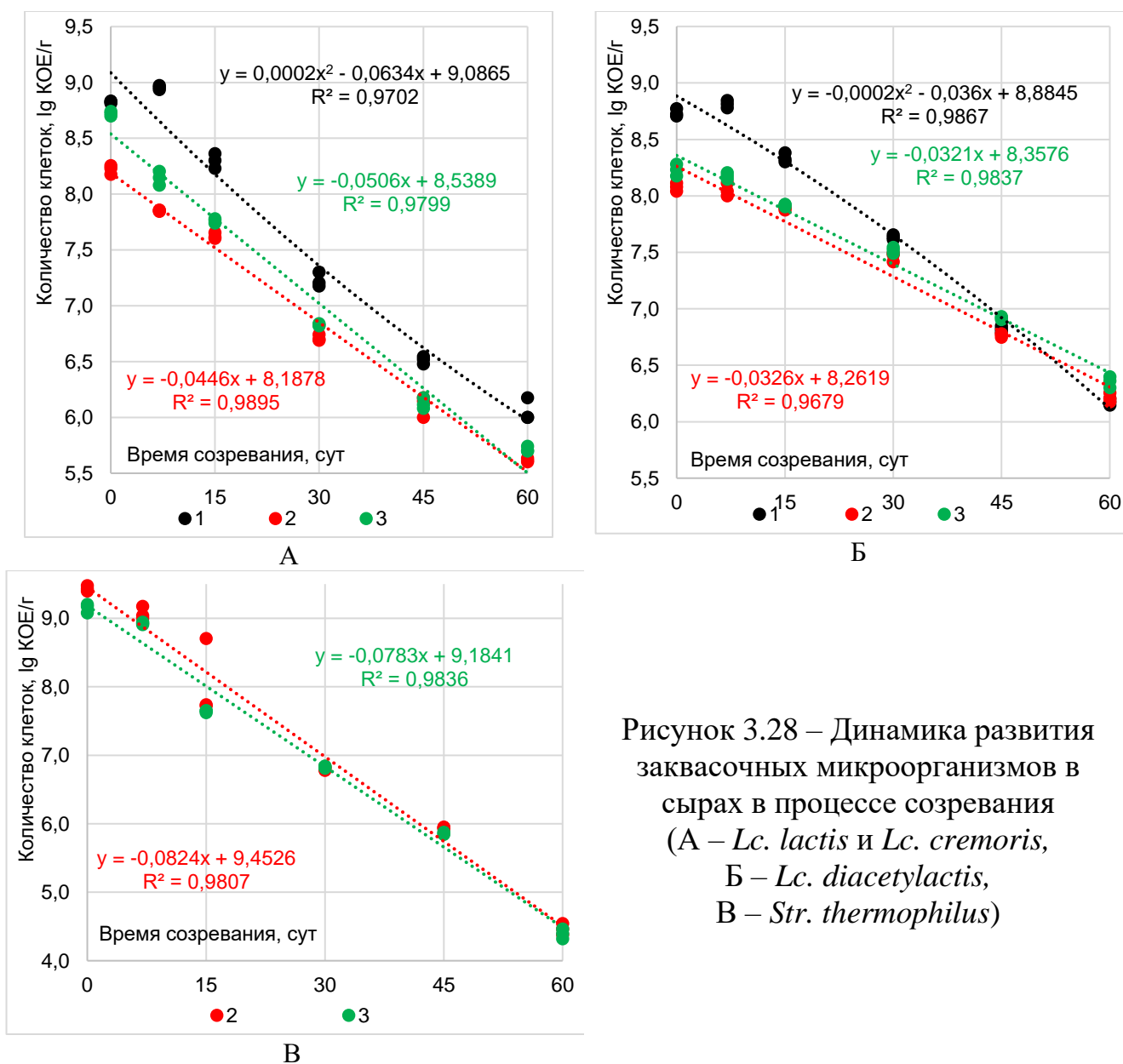


Рисунок 3.28 – Динамика развития заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания (А – *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, Б – *Lc. diacetylactis*, В – *Str. thermophilus*)

Закономерно, что максимальный уровень клеточной популяции термофильной культуры *Str. thermophilus* (Рисунок 3.28 В) во всех исследуемых образцах (варианты 2 и 3) отмечен после прессования, и переход на стадию вымирания начинается с момента начала созревания.

Интенсивность молочнокислого процесса оценивалась по продуктам гликолиза (таблица 3.44) в сырах в процессе созревания. Отсутствие остаточной

лактозы в сырах после прессования может служить признаком чрезмерно интенсивного молочнокислого процесса на этапе выработки.

Согласно данным, представленным в таблице 3.44, при нормальной интенсивности молочнокислого процесса во время выработки сыра Российский (варианты 1) уровень остаточного количества лактозы и массовой доли молочной кислоты находится в пределах $(0,25 \pm 0,05)$ % и $(1,8 \pm 0,1)$ % соответственно. Необходимо отметить, что в сырах, выработанных с использованием *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3), закономерно накапливается галактоза, количество которой увеличивается по мере повышения доли термофильного стрептококка в составе ПБК.

Таблица 3.44 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1	$0,28 \pm 0,06$	отсут.	отсут.	$1,80 \pm 0,04$
2	отсут.	отсут.	$0,58 \pm 0,03$	$1,96 \pm 0,07$
3	отсут.	отсут.	$0,50 \pm 0,05$	$1,98 \pm 0,06$
Сыр 7 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	$1,90 \pm 0,15$
2	отсут.	отсут.	$0,61 \pm 0,03$	$2,02 \pm 0,14$
3	отсут.	отсут.	$0,51 \pm 0,03$	$2,01 \pm 0,14$
Сыр 15 суток				
1	отсут.	отсут.	отсут.	$1,91 \pm 0,16$
2	отсут.	отсут.	$0,42 \pm 0,03$	$2,03 \pm 0,14$
3	отсут.	отсут.	$0,32 \pm 0,03$	$2,02 \pm 0,14$
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30 ± 1) %, <i>LcLC</i> – (40 ± 1) %, <i>LcLD</i> – (30 ± 1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30 ± 1) %, <i>StT</i> – (40 ± 1) %, <i>LcLD</i> – (30 ± 1) %; 3 – <i>StT</i> – (30 ± 1) %, <i>LcLC</i> – (40 ± 1) %, <i>LcLD</i> – (30 ± 1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» ($n=3$).				

Результаты исследований динамики активной кислотности (pH) в процессе созревания сыров (рисунок 3.29) указывают на то, что в сырах, выработанных с использованием лактококковой закваски (вариант 1), зафиксировано наибольшее снижение активной кислотности во время созревания. Стоит отметить, что в образцах сыров, выработанных с применением *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3), значение pH после прессования находилось на крайне низком уровне, что

обусловлено полным сбраживанием лактозы на этапе выработки и в процессе созревания практически не менялось.

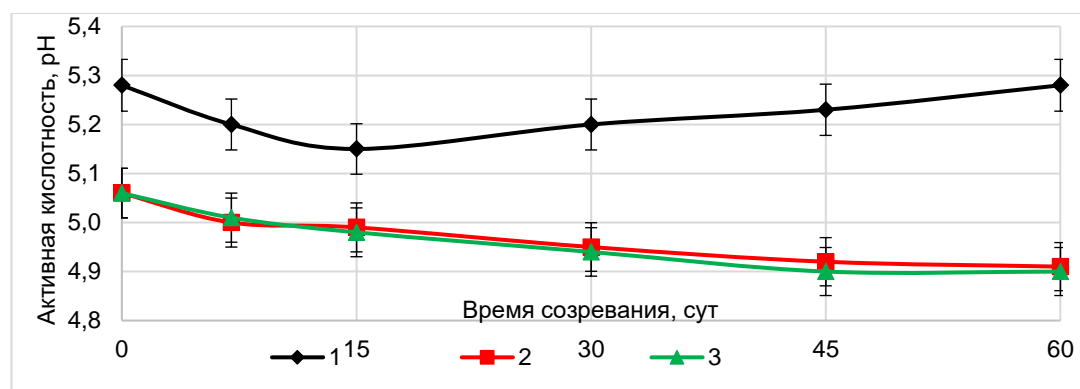


Рисунок 3.29 – Динамика активной кислотности в процессе созревания сыров

Оценку влияния состава и способов применения ПБК на интенсивность гидролиза белка проводили путем сравнения степени протеолиза (рисунок 3.30) и хроматограмм молекулярно-массового распределения (рисунок 3.31).

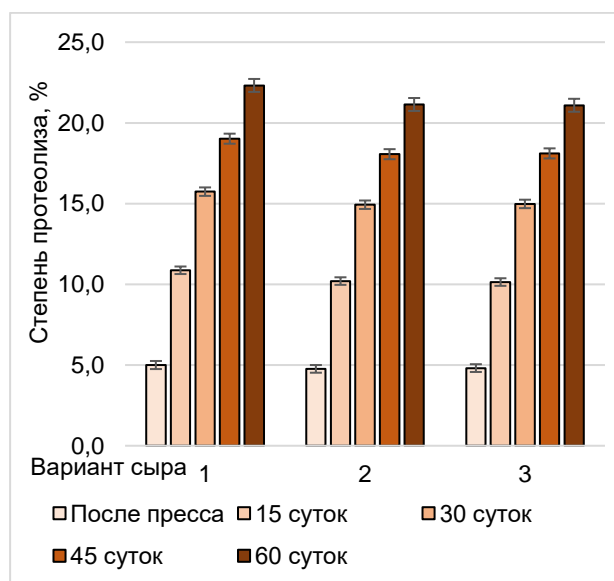


Рисунок 3.30 – Динамика степени протеолиза в сырах во время созревания

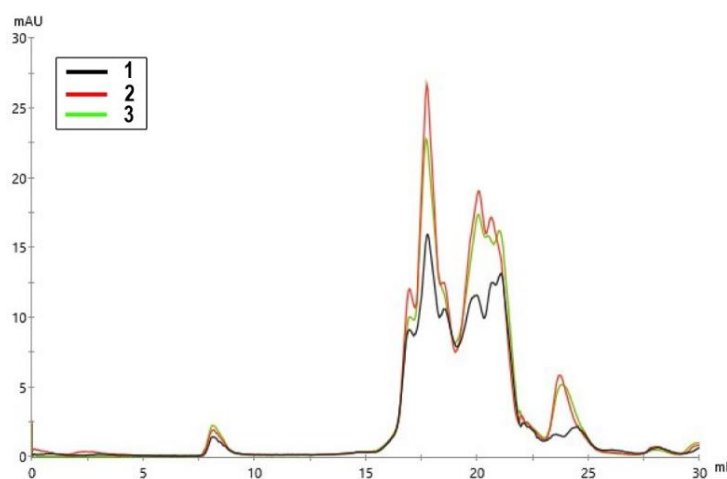


Рисунок 3.31 – Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости (Колонка Superose 6 Increase 10/300 GL)

Результаты исследований динамики протеолиза в процессе созревания сыров (рисунок 3.30) показывают, что во всех экспериментальных вариантах наблюдается существенная динамика прироста растворимых форм белка. Выявлено, что замена *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* в составе закваски на

Str. thermophilus (варианты 2 и 3) не значительно снижает интенсивность протеолиза сыров в процессе созревания. Несмотря на то, что по степени протеолиза существенных различий между образцами не выявлено, результаты молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза показывают (рисунок 3.31), что количество низкомолекулярных пептидов и аминокислот зафиксировано больше в сырах кондиционной зрелости (60 суток) с термофильной культурой *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3).

Данные по содержанию летучих ВАВ в сырах кондиционной зрелости представлены в таблице 3.45.

Таблица 3.45 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Вариант		
	1	2	3
Альдегиды, %:			
этаналь	77,251±1,032	87,304±0,941	85,801±1,086
изо-бутаналь	—	3,021±0,157	—
изо-гептаналь	—	0,039±0,003	—
бутаналь-2	2,876±0,247	2,759±0,179	2,060±0,096
Спирты, %:			
метанол	0,025±0,006	—	—
бутанол-1	—	2,947±0,186	—
пентанол-1	—	1,878±0,124	1,319±0,057
Кислоты, %:			
уксусная кислота	17,350±0,432	—	5,238±0,412
Кетоны и его производные, %:			
пентанон-2	—	0,088±0,009	0,058±0,006
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	2,122±0,241	1,604±0,316	1,821±0,253
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>StT</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 3 – <i>StT</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).			

В сырах, произведенных с использованием лактококковой ПБК (вариант 1), отмечено наибольшее количество ЛВАВ, а замена кислотообразующих лактококков на термофильный стрептококк (варианты 2 и 3) снижает общий уровень ЛВАВ.

Из данных, представленных в таблице 3,45, 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.

Результаты органолептической экспертной оценки сыров в возрасте 30 и 60 суток созревания отражены на рисунках 3.32 и 3.33 и таблице 10.

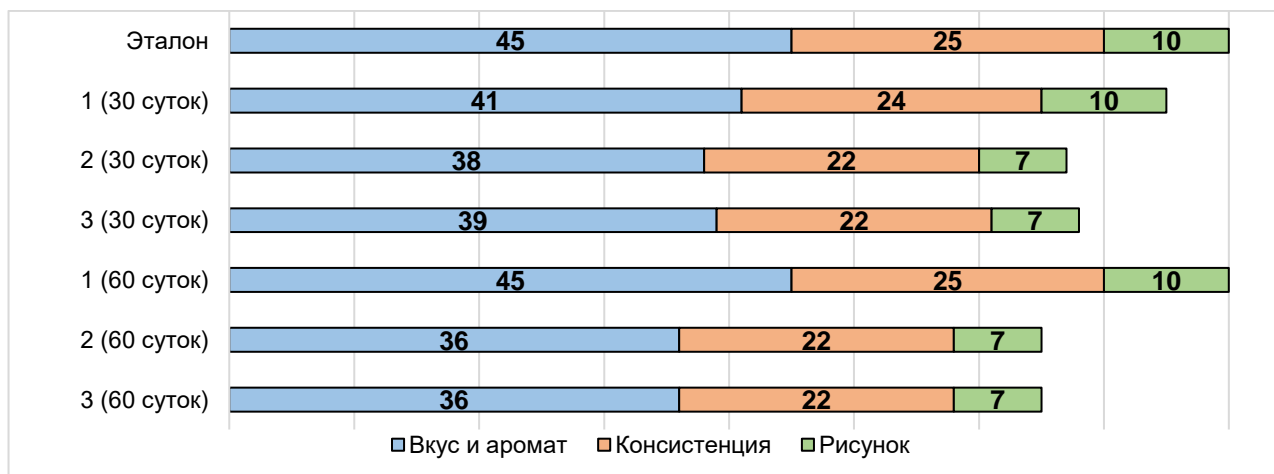


Рисунок 3.32 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Анализируя результаты органолептической оценки (рисунки 3.32 и 3.33), можно сказать, что опытные образцы с лактококковой закваской (вариант 1) в возрасте 60 суток имели гармоничный вкусовой букет, характерный для сыра Российский – выраженный сырный и кисловатый вкус.

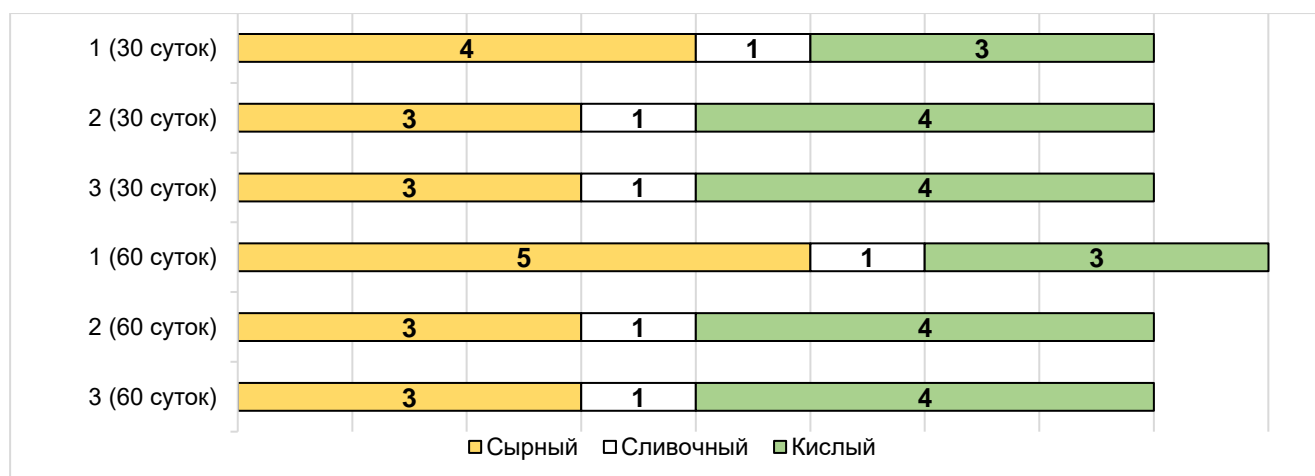


Рисунок 3.33 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

Опытные сыры с полной заменой *Lc. cremoris* (вариант 2) или *Lc. lactis* (вариант 3) на термофильную культуру *Str. thermophilus* к концу срока созревания

значительно уступали в выраженности сырного вкуса и аромата (рисунки 3.32 и 3.33) сырам, выработанным без термофильного стрептококка. У вариантов 2 и 3 в процессе созревания от 30 до 60 суток наблюдалось ухудшение вкуса. В совокупности всех факторов эксперты оценили данные варианты сыров в 36 из 45 баллов соответственно, в отличие от 45 баллов для сыров варианта 1, выработанного с использованием лактококковой закваски.

Консистенцию сыров в процессе созревания оценивали органолептически по показателям плотности, эластичности и пластичности сырной массы, как основных характеристик текстуры. Стоит отметить, что консистенция сыров, выработанных с использованием лактококковой закваски (вариантов 1), в кондиционной зрелости характеризовалась как отличная эластично-пластичная и оценена в 24 балла (рисунок 3.32). Консистенция сыров, выработанных с закваской, в состав которой входил *Str. thermophilus* (варианты 2 и 3), была излишне пластичной и мажущейся, в связи с чем оценена экспертами только в 22 балла.

Фотографии сыров в разрезе, представленные на рисунке 3.34, показывают, что в опытных образцах с лактококковой закваской (вариант 1) присутствовал рисунок, характерный для полутвердых сыров, формируемых насыпью, т. е. с наличием глазков неправильной угловатой формы, расположенных равномерно по всей сырной массе. Стоит отметить, что в образцах сыров, выработанных с применением приема выдержки и мезофильно-термофильной микрофлоры (варианты 2 и 3), выявлен слепой рисунок, не характерный для сыров данной группы.



1 – 10 баллов



2 – 7 баллов



3 – 7 баллов

Рисунок 3.34 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

Из анализа процесса производства, созревания и органолептических показателей готового продукта следует, что при применении термофильной культуры *Str.thermophilus* в составе заквасок для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью, присутствует необходимость внесения изменений в технологические режимы производства. Так, использование приема выдержки молочной смеси после внесения производственной закваски и до внесения молокосвертывающего фермента в течение (45 ± 5) минут до достижения уровня активной кислотности (19 ± 1) °T подходит для использования лактококковой закваски, но не закваски, в состав которой входит термофильный стрептококк, отличающийся высокой скоростью развития.

Исходя из вышесказанного, предложен состав и соотношение культур в поливидовой БК для выработки по традиционной технологии сыра Российский, соответствующего требованиям высшего сорта и идентификационным органолептическим показателям, исходя из расчета количества жизнеспособных клеток:

- *Lc. lactis* – (30 ± 1) %;
- *Lc. cremoris* – (40 ± 1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (30 ± 1) %.

3.3.2.2 Исследование возможности использования *Str. thermophilus* путем корректировки технологических режимов производства

Как следует из данных, представленных в предыдущей главе, использование термофильной культуры *Str. thermophilus* в составе закваски для производства полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых из пласта, по традиционной технологии влечет за собой необходимость внесения изменений некоторых технологических режимов производства, влияющих на интенсивность молочнокислого процесса на этапе выработки.

В ходе эксперимента исследовались следующие варианты применения закваски:

1) лактококковая БК с полной заменой *Lc. cremoris* на термофильную культуру *Str. thermophilus* путем применения производственной закваски и с выдержкой (48 ± 2) минут после внесения в молочную смесь по традиционной технологии;

2) лактококковая БК с частичной заменой *Lc. cremoris* на термофильную культуру *Str. thermophilus* путем применения производственной закваски, но без выдержки после внесения в молочную смесь.

Соотношение отдельных культур и масса моновидовых БК в составе поливидовых, количество жизнеспособных клеток в сухих БК и смеси для приготовления производственной закваски в вариантах сыров представлены в таблице 3.46.

Таблица 3.46 – Варианты соотношения МКМ в составе поливидовой БК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидовых БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе поливидовой БК, %	Расчетное количество жизнеспособных клеток, КОЕ/100 дм ³	Расчетная масса моновидовых БК на 100 дм ³ молока, г
1	$LcLL - (4,9 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLC - (6,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	$LcLL - 30 \pm 1$ $StT - 40 \pm 1$ $LcLD - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $StT - (4,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLD - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$ $StT - 0,440 \pm 0,001$ $LcLD - 0,056 \pm 0,001$
2	$LcLL - (4,9 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLC - (6,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$ $StT - (9,1 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 30 \pm 1$ $LcLC - 20 \pm 1$ $StT - 20 \pm 1$ $LcLD - 30 \pm 1$	$LcLL - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLC - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $StT - (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$ $LcLD - (3,0 \pm 0,1) \cdot 10^{10}$	$LcLL - 0,061 \pm 0,001$ $LcLC - 0,033 \pm 0,001$ $StT - 0,220 \pm 0,001$ $LcLD - 0,056 \pm 0,001$

Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).

В таблице 3.47 представлены показатели готовых производственных заквасок.

Таблица 3.47 – Показатели производственных заквасок для выработки сыров

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматобразующая активность, у.е.
1	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(5,8 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(29,0 \pm 0,5)$	$(7,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(39,0 \pm 0,5)$	$94,9 \pm 1,3$	$1,09 \pm 0,11$	2+

Продолжение таблицы 3.47

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³ / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол- ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у.е.
2	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(5,9 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(29,5 \pm 0,5)$	$(4,2 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(21,0 \pm 0,5)$	$94,1 \pm 1,1$	$1,07 \pm 0,13$	2+
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>StT</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %. Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).						

Результаты исследований показателей производственных заквасок, представленных в таблице 3.47, показывают, что общее количество жизнеспособных клеток, титруемая кислотность, газо- и ароматообразующая способности соответствовали их видовому составу и соотношению культур. Доля цитратсбраживающих и термофильных заквасочных МО во всех образцах, относительно общего количества жизнеспособных клеток, изменилась не значительно в процессе получения производственной закваски.

Экспериментальные сыры вырабатывали из молока сырого, соответствующего показателям безопасности и сыропригодности (таблица 3.4).

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски представлены в таблице 3.48.

Таблица 3.48 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³	КТАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , НВЧ спор/см ³
1	$(2,3 \pm 0,5) \cdot 10^7$	$(7,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(9,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	отсут.	не обн.	не обн.	$(6,9 \pm 0,5) \cdot 10^0$	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^0$
2	$(2,2 \pm 0,4) \cdot 10^7$	$(6,2 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(4,8 \pm 0,3) \cdot 10^6$	отсут.	не обн.	не обн.	$(7,1 \pm 0,5) \cdot 10^0$	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^0$
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>StT</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %. Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).								

Согласно данным микробиологических исследований молочной смеси после внесения производственной закваски (таблица 3.48) можно сделать вывод о

том, что начальное количество заквасочных МО соответствует необходимому уровню.

В таблицах 3.49 и 3.50 приведены микробиологические и физико-химические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.49 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ КОЕ/г, /доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^{9a}$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^{8a}$ / $(4,3 \pm 0,5)$	$(2,7 \pm 0,4) \cdot 10^{9a}$ / $(90,0 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(5,7 \pm 0,4) \cdot 10^6$	не обнар.	не обнар.
2	$(1,6 \pm 0,3) \cdot 10^{9b}$	$(1,9 \pm 0,3) \cdot 10^{8a}$ / $(11,9 \pm 0,5)$	$(1,0 \pm 0,3) \cdot 10^{9b}$ / $(62,5 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(5,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	не обнар.	не обнар.

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *StT* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (20±1) %, *StT* – (20±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Из данных, представленных в таблице 3.49, следует, что между исследуемыми образцами сыров выявлены статистически значимые отличия ($p < 0,05$) как по общему количеству заквасочных микроорганизмов, так и количеству термофильного стрептококка, что связано с отсутствием технологического приема активизации молочнокислого процесса путем выдержки после внесения производственной закваски в варианте 2. При этом между вариантами сыров по количеству газо- и ароматообразующих МО статистически значимых отличий не выявлено ($p > 0,05$).

Таблица 3.50 – Физико-химические показатели сыров после прессования

Вариант	Активная кислотность, рН	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	$5,06 \pm 0,02^a$	Отсут. ^a	$42,1 \pm 0,4^a$	$49,8 \pm 0,3^a$	$19,23 \pm 0,13^a$
2	$5,24 \pm 0,05^b$	$0,21 \pm 0,06^a$	$43,4 \pm 0,3^b$	$50,1 \pm 0,3^a$	$19,96 \pm 0,14^a$

Состав ПБК: 1 – *LcLL* – (30±1) %, *StT* – (40±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 2 – *LcLL* – (30±1) %, *LcLC* – (20±1) %, *StT* – (20±1) %, *LcLD* – (30±1) %;
 Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).
 Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Между вариантами сыров после прессования по физико-химическим показателям (таблица 3.50), таким как массовая доля влаги, жира и белка статистически значимых различий не обнаружено ($p > 0,05$). По показателю активной кислотности вариант сыров 1 с полной заменой в лактококковой закваске *Lc. cremoris* на термофильную культуру *Str. thermophilus* имел более низкие значения активной кислотности, что является показателем более интенсивного молочнокислого процесса на этапе выработки.

Динамика развития *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* (А), *Lc. diacetylactis* (Б), *Str. thermophilus* (В) в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.35.

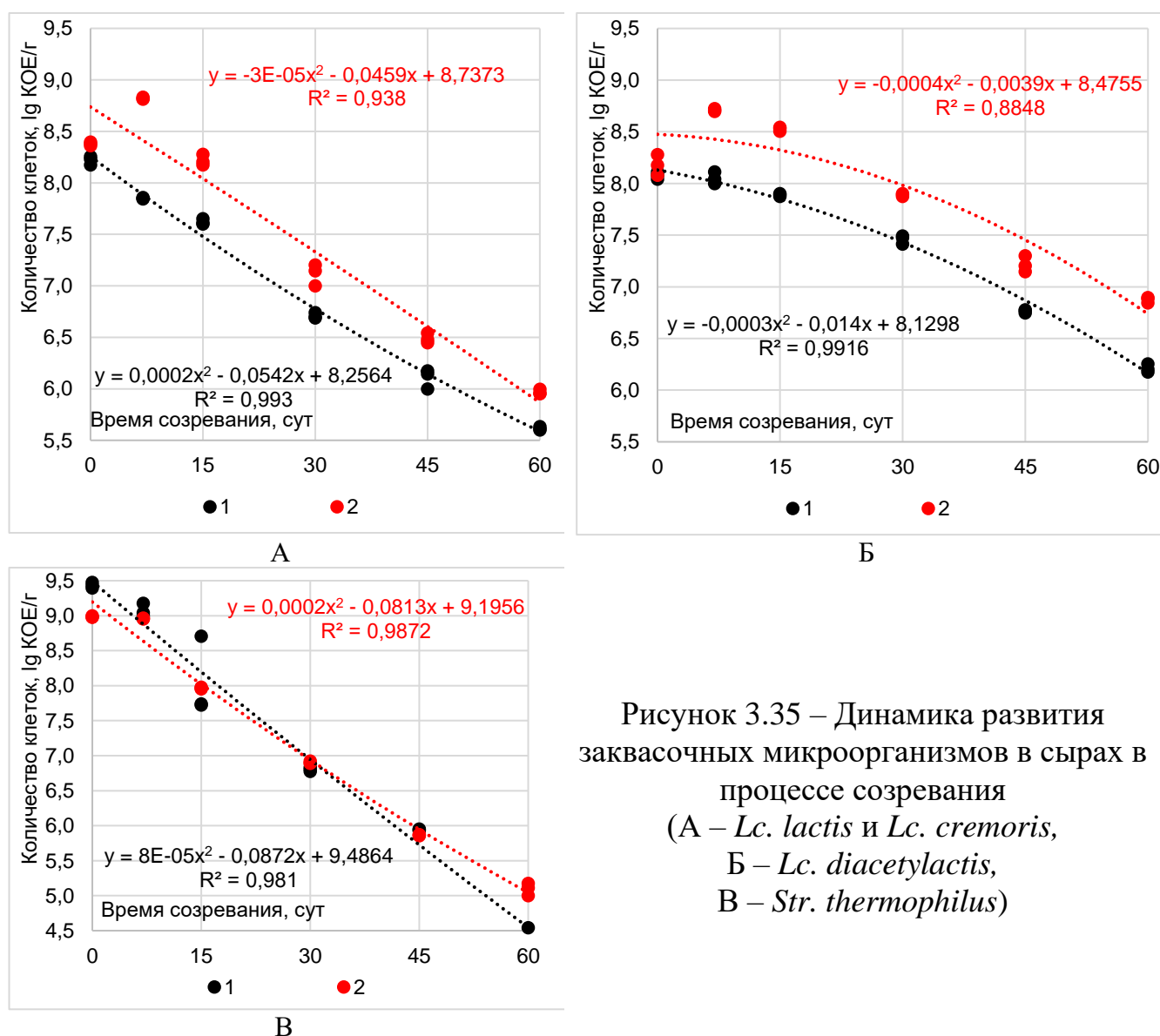


Рисунок 3.35 – Динамика развития заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания (А – *Lc. lactis* и *Lc. cremoris*, Б – *Lc. diacetylactis*, В – *Str. thermophilus*)

Установлено, что в варианте 1 максимальное количество жизнеспособных клеток кислотообразующих лактококков (рисунок 3.35 А) достигается уже в сырах после прессования за счет значительной доли термофильного стрептококка и выдержки после внесения производственной закваски в молочную смесь. В сырах варианта 2 доля лактококков больше, чем в варианте 1, и отсутствует выдержка после внесения производственной закваски в молочную смесь, поэтому отмечается развитие клеточной популяции до 7 суток созревания, после чего клетки, достигнув максимума развития, переходят на стадию вымирания.

Цитратсбраживающим компонентом в обоих вариантах является *Lc. diacetylactis*, при этом исходное количество жизнеспособных клеток данных лактококков в смеси для выработки и после прессования в исследуемых вариантах сыра одинаково. Однако, как и в случае с кислотообразующими лактококками, в варианте 2 продолжается увеличение количества цитратсбраживающих МО до 7 суток созревания (рисунок 3.35 Б), в то время как в варианте 1 процесс вымирания начинается сразу после прессования.

Термофильная культура *Str. thermophilus* в обоих вариантах переходит на стадию вымирания с момента перехода на этап созревания (рисунок 3.35 В).

Интенсивность молочнокислого процесса оценивалась по продуктам гликолиза (таблица 3.51) и уровню активной кислотности (рисунок 3.36) в сырах в процессе созревания.

Таблица 3.51 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Вариант	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1	отсут.	отсут.	0,58±0,03	1,96±0,07
2	0,21±0,06	отсут.	0,38±0,03	1,89±0,06
Сыр 7 суток				
1	отсут.	отсут.	0,61±0,03	2,02±0,14
2	отсут.	отсут.	0,44±0,03	1,91±0,14
Сыр 15 суток				
1	отсут.	отсут.	0,42±0,03	2,03±0,14
2	отсут.	отсут.	0,40±0,03	1,92±0,17
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>StT</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; 2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %; Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

Согласно данным, представленным в таблице 3.51, при нормальной интенсивности молочнокислого процесса во время выработки сыра Российский (вариант 2) уровень остаточного количества лактозы и массовой доли молочной кислоты находится в сырах после прессования в пределах $(0,25 \pm 0,05) \%$ и $(1,85 \pm 0,05) \%$ соответственно. Необходимо отметить, что в сырах, выработанных с использованием *Str. thermophilus* (варианты 1 и 2) закономерно накапливается галактоза, количество которой увеличивается по мере повышения доли термофильного стрептококка в составе ПБК.

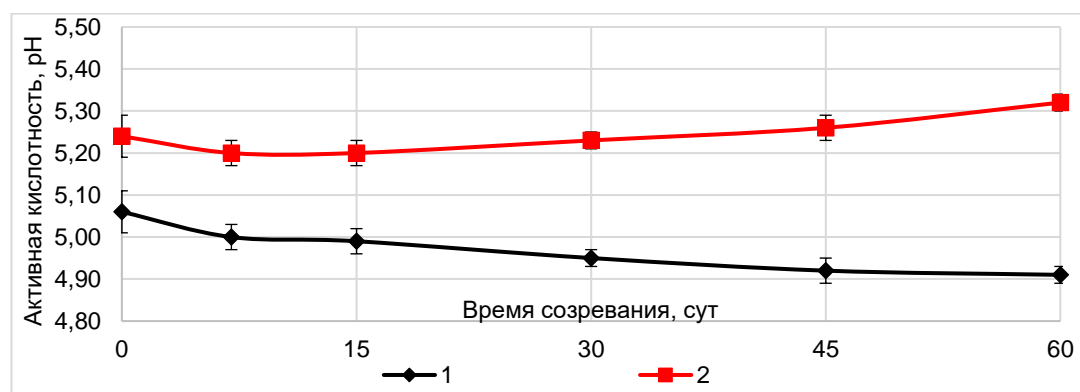


Рисунок 3.36 – Динамика активной кислотности (pH) в процессе созревания сыров

Анализ результатов исследований степени протеолиза и накопления низкомолекулярных пептидов и аминокислот по молекулярно-массовому распределению белковых частиц в процессе созревания сыров (рисунки 3.37 и 3.38) показывает, что в обоих вариантах наблюдается существенный прирост растворимых форм белка. Выявлено, что частичная замена *Lc. cremoris* в составе лактококковой закваски на *Str. thermophilus* (вариант 2) незначительно увеличивает интенсивность протеолиза сыров в процессе созревания. Стоит отметить, что в сырах, выработанных с применением приема выдержки (вариант 1), зафиксировано наибольшее количество низкомолекулярных пептидов и аминокислот (рисунок 3.38) к концу срока созревания (60 суток).

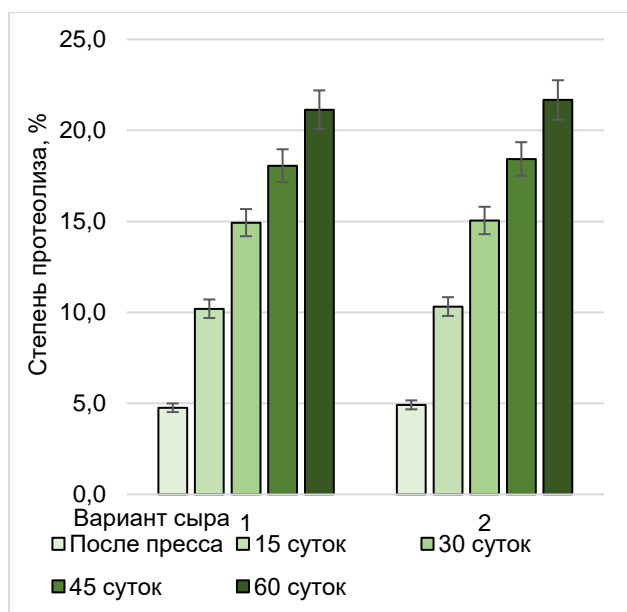


Рисунок 3.37 – Динамика процесса протеолиза в сырах во время созревания

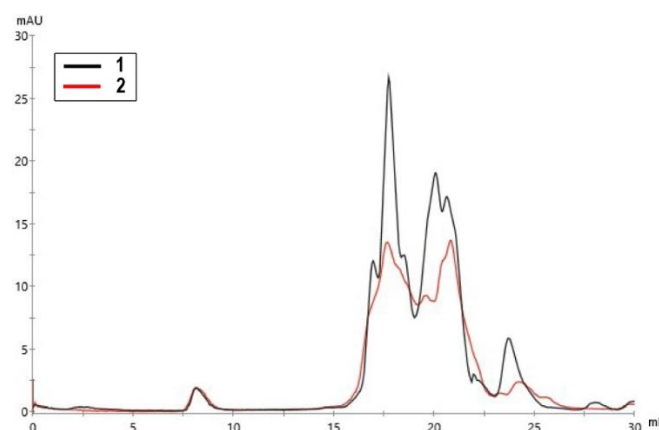


Рисунок 3.38 – Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости (Колонка Superose 6 Increase 10/300 GL)

Различия в метаболизме заквасочных МО оказывают влияние не только на интенсивность гликолиза и протеолиза в сырах, но и на накопление летучих ВАВ (таблица 3.52).

Таблица 3.52 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Вариант	
	1	2
Альдегиды, %:		
этаналь	87,304±0,941	75,826±0,831
пропаналь	—	—
бутаналь-2	2,759±0,179	—
изо-гептаналь	0,039±0,003	—
изо-бутаналь	3,021±0,157	—
изо-пентаналь	—	4,669±0,187
Спирты, %:		
метанол	—	1,403±0,102
бутанол-1	2,947±0,186	—
пентанол-1	1,878±0,124	—
Кислоты, %:		
уксусная кислота	—	9,618±0,682
Кетоны и его производные, %:		
пентанон-2	0,088±0,009	0,034±0,003
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	1,604±0,316	2,014±0,192
Состав ПБК: 1 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>StT</i> – (40±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %;		
2 – <i>LcLL</i> – (30±1) %, <i>LcLC</i> – (20±1) %, <i>StT</i> – (20±1) %, <i>LcLD</i> – (30±1) %;		
Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).		

Из данных, представленных в таблице 3.52, следует, что наибольшее количество летучих ВАВ содержит паровая фаза сыров, выработанных с частичной заменой *Lc. cremoris* (вариант 2). В данных сырах преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением является этаналь ($75,826 \pm 0,831$ %). В сырах, из микробиоты которых исключен *Lc. cremoris* (вариант 1), преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением является этаналь ($87,304 \pm 0,941$ %).

Результаты органолептической оценки сыров в процессе созревания отражены на гистограммах балльной оценки (рисунок 3.39) и основных дескрипторов вкуса и аромата сыров (рисунок 3.40).

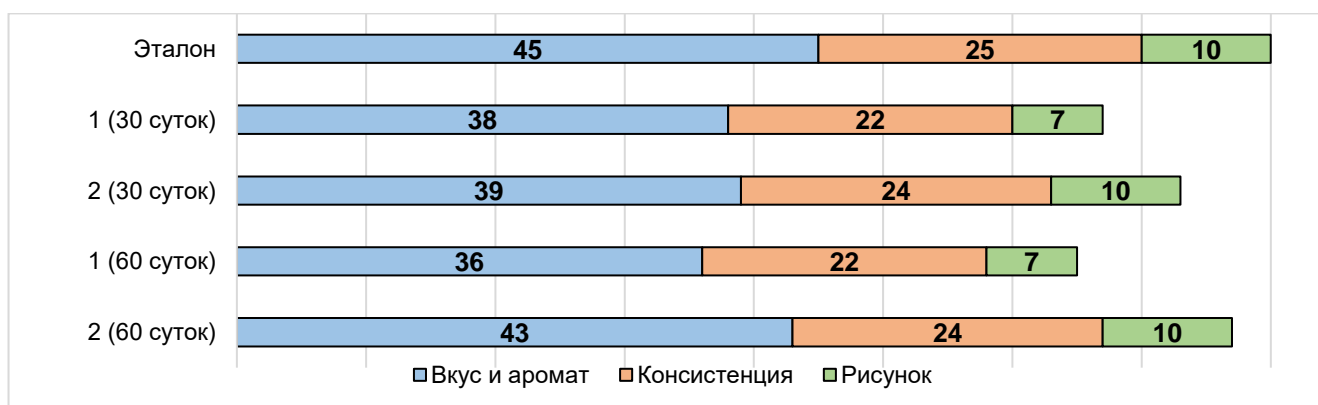


Рисунок 3.39 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

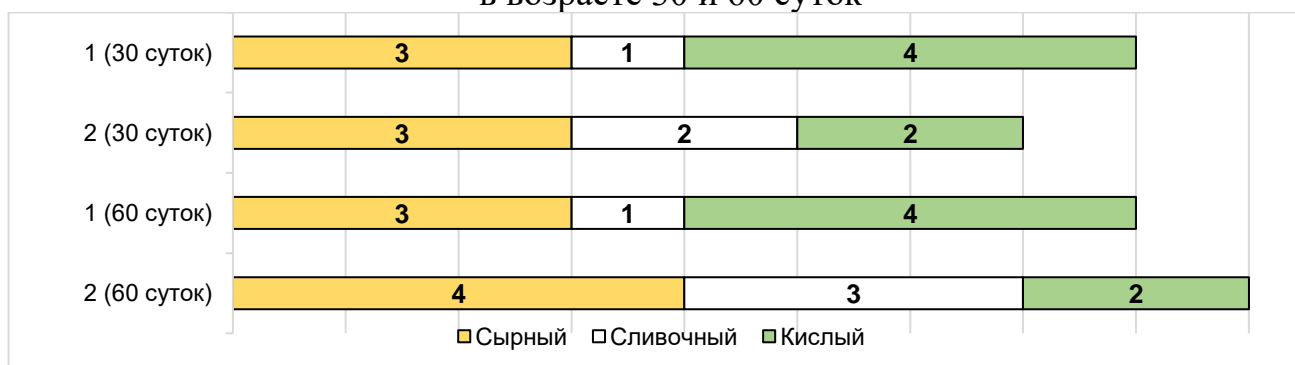


Рисунок 3.40 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

Анализируя результаты органолептической оценки (рисунки 3.39 и 3.40), можно сделать вывод, что опытные сыры варианта 1 к концу срока созревания значительно уступали в выраженности сырного вкуса и аромата.

Опытные сыры варианта 2 к концу срока созревания имели выраженный сырный вкус с умеренно выраженным сливочным ароматом и оценены экспертами в 43 балла из 45 возможных. При этом экспертами отмечено, что выработанный сыр имеет идентификационные органолептические характеристики сыра Тильзистер.

Консистенция сыров, выработанных с применением выдержки и лактококковой закваски с полной заменой *Lc. cremoris* на *Str. thermophilus* (вариант 1), была пластичной, мажущейся, в связи с чем оценена экспертами в 22 балла. В опытных образцах, выработанных на лактококковой закваске с частичной заменой *Lc. cremoris* на *Str. thermophilus* и без применения выдержки (вариант 2), консистенция была хорошей эластично-пластичной и оценена в 24 балла (рисунок 3.39).

Фотографии сыров в разрезе, представленные на рисунке 3.41, показывают, что в опытных образцах варианта 2 присутствовал рисунок, характерный для полутвердых сыров, формуемых насыпью, с наличием глазков неправильной угловатой формы, расположенных равномерно по всей сырной массе. В образцах варианта 1 выявлен слепой рисунок, не характерный для насыпных сыров.

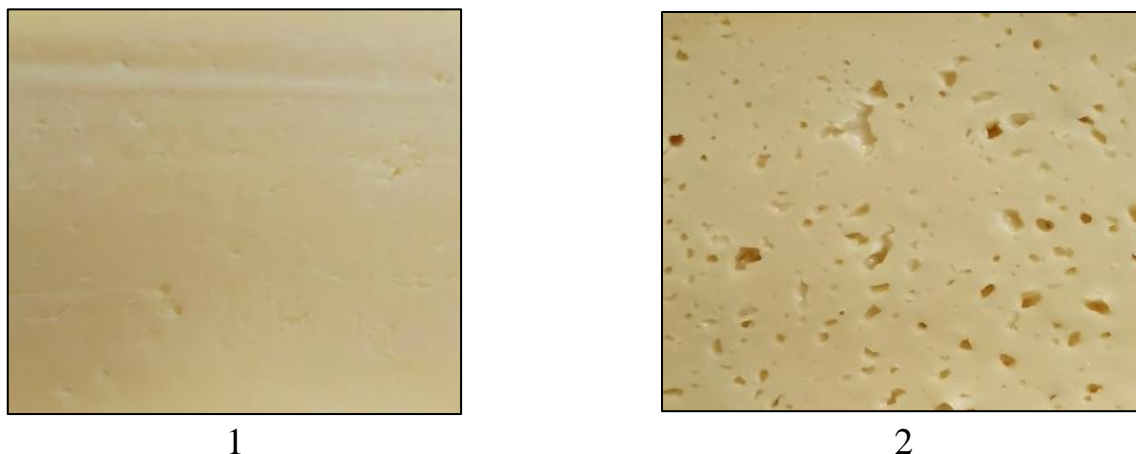


Рисунок 3.41 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

Таким образом, в результате проведенных исследований сконструирована поливидовая БК, позволяющая выработать сыр Тильзистер, соответствующий высшему сорту и идентификационным органолептическим показателям, без

включения этапа выдержки смеси после внесения производственной закваски для направленного регулирования уровня молочнокислого процесса во время выработки. В состав разработанной ПБК входит комбинация МБК отдельных видов заквасочных МО из расчета количества жизнеспособных клеток:

- *Lc. lactis subsp. lactis* – (30±1) %;
- *Lc. cremoris* – (20±1) %;
- *Str. thermophilus* – (20±1) %;
- *Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis* – (30±1) %.

3.3.2.3 Исследование особенностей использования способа прямой инокуляции БК при производстве полутвердых сыров, формуемых насыпью

Как следует из анализа ранее проведенных исследований, использование термофильной культуры *Str. thermophilus* в составе заквасок для производства полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью, влечет за собой необходимость внесения изменений в способ их применения, либо технологические режимы производства. С целью исследования возможности снижения рисков излишней интенсификации молочнокислого процесса, вызванных быстрым развитием термофильной культурой *Str. thermophilus* в процессе выработки, спланированы следующие варианты использования БК:

- 1) применение производственной закваски, с выдержкой (50±1) минут после внесения в молочную смесь;
- 2) прямая инокуляция БК, с выдержкой (50±1) минут после внесения в молочную смесь;
- 3) прямая инокуляция БК, без выдержки после внесения в молочную смесь.

Соотношение отдельных культур в составе поливидовой БК, количество жизнеспособных клеток в сухих МБК для различных вариантов сыров представлены в таблице 3.53.

Таблица 3.53 – Варианты соотношения МБК в составе ПБК для выработки сыров

Вариант	Количество жизнеспособных клеток в моновидах БК, КОЕ/г	Соотношение МО в составе поливидовой БК, %
1, 2, 3	$LcLL - (4,9 \pm 0,1) 10^{11}$ $StT - (9,1 \pm 0,1) 10^{10}$ $LcLD - (5,4 \pm 0,1) 10^{11}$	$LcLL - 30 \pm 1$ $StT - 40 \pm 1$ $LcLD - 30 \pm 1$
Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).		

В таблице 3.54 представлены показатели готовой производственной закваски для сыров варианта 1.

Таблица 3.54 – Показатели производственной закваски для выработки сыров

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ КОЕ/см ³ / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол- ва, %	Титруемая кислотность, °Т	Газообразующая активность, см	Ароматообразующая активность, у.е.
1	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$(5,8 \pm 0,2) \cdot 10^8$ / $(29,0 \pm 0,5)$	$(7,8 \pm 0,3) \cdot 10^8$ / $(39,0 \pm 0,5)$	$94,9 \pm 1,3$	$1,09 \pm 0,11$	3
Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).						

Результаты исследований показателей производственной закваски, представленные в таблице 3.54, показывают, что общее количество жизнеспособных клеток, титруемая кислотность, газо- и ароматообразующая способность соответствовали видовому составу ПБК. Доля цитратсбраживающих и термофильных заквасочных МО в ПЗ, относительно общего количества жизнеспособных клеток, изменилась не значительно во время приготовления производственной закваски.

Экспериментальные сыры вырабатывали из молока сырого, соответствующего показателям безопасности и сыропригодности (таблица 3.4).

Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски (вариант 1) и закваски того же состава, но способом прямой инокуляции (варианты 2 и 3) представлены в таблице 3.55.

Таблица 3.55 – Микробиологические показатели молочной смеси после внесения производственной закваски и комбинации моновидовых БК

Вариант	КМКМ, КОЕ/см ³	КМАрФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/см ³ / доля от общего кол-ва, %	БГКП, наличие/ отсутствие в 10 см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Плесневые грибы, КОЕ/см ³	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/см ³	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , НВЧ спор/см ³
1	$(2,3 \pm 0,5) \cdot 10^7$	$(7,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$ / $(30,9 \pm 0,5)$	$(9,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$ / $(39,6 \pm 0,5)$	отсут.	не обн.	не обн.	$(4,8 \pm 0,5) \cdot 10^0$	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^0$
2	$(2,3 \pm 0,1) \cdot 10^7$	$(6,9 \pm 0,4) \cdot 10^6$ / $(30,0 \pm 0,5)$	$(9,2 \pm 0,3) \cdot 10^6$ / $(40,0 \pm 0,5)$	отсут.	не обн.	не обн.	$(4,9 \pm 0,5) \cdot 10^0$	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^0$
3	$(2,2 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(6,6 \pm 0,4) \cdot 10^6$ / $(30,0 \pm 0,5)$	$(8,7 \pm 0,3) \cdot 10^6$ / $(39,5 \pm 0,5)$	отсут.	не обн.	не обн.	$(5,1 \pm 0,3) \cdot 10^0$	$(1,8 \pm 0,3) \cdot 10^0$

Данные представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).

Согласно данным микробиологических исследований в молочной смеси после внесения БК способом прямой инокуляции (таблица 3.55) начальное количество заквасочных МО находится на одном уровне с контрольным образцом, при изготовлении которого применялась производственная закваска (вариант 1).

В ходе проведения экспериментов исследованы физико-химические и микробиологические процессы во время выработки и созревания сыров. В таблице 3.56 приведены микробиологические показатели сыров после прессования.

Таблица 3.56 – Микробиологические показатели сыров после прессования

Вариант	КМКМ, КОЕ/г	КМАрФАнМ, КОЕ/г / доля от общего кол- ва, %	КТАФАнМ, КОЕ/г / доля от общего кол-ва, %	БГКП, наличие/ отс. в 10 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесневые грибы, КОЕ/г	Споры аэробных МО рода <i>Bacillus</i> , спор/г	Споры анаэробных МО рода <i>Clostridium</i> , спор/г	Энтеро- кокки, КОЕ/г
1 – ПЗ с выд.	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^9$ ^a	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^8$ ^a / $(4,3 \pm 0,5)$	$(2,7 \pm 0,4) \cdot 10^9$ ^a / $(90,0 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(9,3 \pm 0,3) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
2 – DVS с выд.	$(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^9$ ^a	$(2,2 \pm 0,2) \cdot 10^8$ ^a / $(22,0 \pm 0,5)$	$(4,7 \pm 0,3) \cdot 10^8$ ^b / $(47,0 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(9,1 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.
3 – DVS без выд.	$(3,9 \pm 0,3) \cdot 10^8$ ^b	$(4,8 \pm 0,4) \cdot 10^7$ ^b / $(12,3 \pm 0,5)$	$(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^8$ ^c / $(64,1 \pm 0,5)$	не обнар.	не обнар.	не обнар.	$(9,7 \pm 0,2) \cdot 10^0$	не обнар.	не обнар.

Результаты представлены в форме «среднее значение \pm стандартное отклонение» (n=3).
Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).

Как следует из данных, представленных в таблице 3.56, после прессования сыров общее количество клеток заквасочных МО в образцах, при производстве которых применена выдержка (варианты 1 и 2), находится на максимально высоком уровне. Наименьшее общее количество заквасочных МО выявлено в сырах, выработанных с применением БК, внесенной способом прямой инокуляции без последующей выдержки смеси перед внесением молокосвертывающего фермента (вариант 3). Разница между количеством жизнеспособных клеток в вариантах 1 и 3 составляет целый порядок, что крайне значительно.

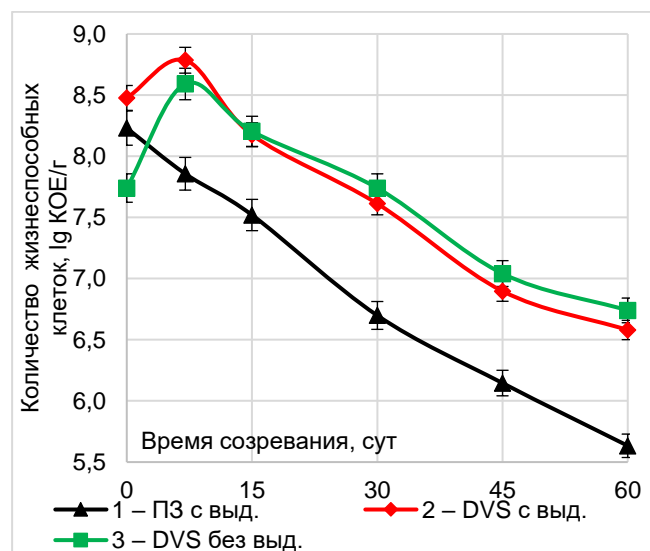
Физико-химические показатели сыров после прессования представлены в таблице 3.57.

Таблица 3.57 – Физико-химические показатели сыров после прессования

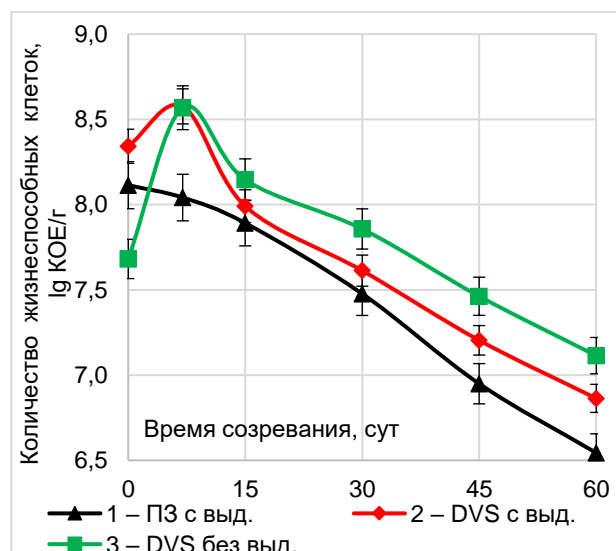
Вариант	Активная кислотность, рН	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в СВ, %	Массовая доля белка, %
1	5,06±0,03 ^a	Отсут. ^a	42,1±0,4 ^a	49,2±0,3 ^a	20,23±0,13 ^a
2	5,35±0,03 ^b	0,38±0,03 ^b	44,0±0,3 ^b	49,7±0,3 ^a	20,70±0,14 ^a
3	5,77±0,03 ^c	1,20±0,06 ^c	44,7±0,3 ^b	49,3±0,3 ^a	20,39±0,16 ^a
Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3). Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p > 0,05$).					

Между вариантами сыров после прессования по таким показателям, как массовая доля жира в сухом веществе и массовая доля белка, отсутствуют статистически значимые отличия ($p > 0,05$). В варианте сыров с применением производственной закваски (вариант 1) лактоза полностью сброжена, а активная кислотность составляет (5,06±0,03) рН, что является показателем избыточно интенсивного молочнокислого процесса во время выработки. Наименее интенсивно молочнокислый процесс протекал в сырах, выработанных с применением прямой инокуляции и без предварительной выдержки смеси (вариант 3). Значения активной кислотности в сырах данного варианта составляет (5,77±0,03) рН, что недостаточно и не соответствует установленному уровню активной кислотности для данной группы сыров после прессования.

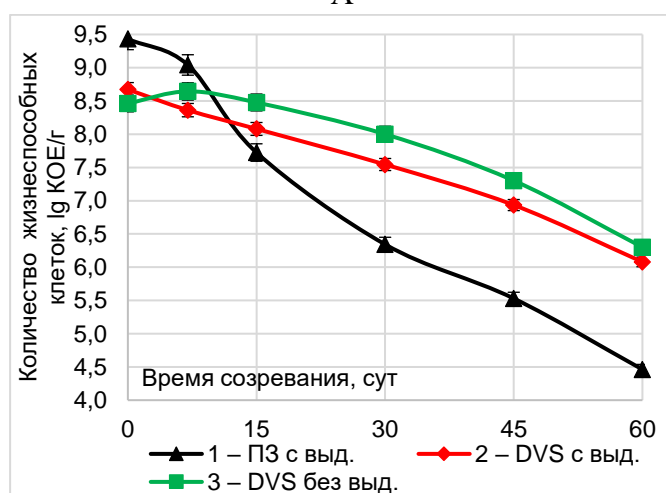
Динамика развития *Lc. lactis* (А), *Lc. diacetylactis* (Б), *Str. thermophilus* (В) в процессе созревания сыров представлена на рисунке 3.42.



А



Б



В

Рисунок 3.42 – Динамика развития заквасочных микроорганизмов в сырах в процессе созревания (А – *Lc. lactis*, Б – *Lc. diacetylactis*, В – *Str. thermophilus*)

Использование ПБК-DVS и исключение технологического приема – выдержка (вариант 3) замедлило молочнокислый процесс, и в сырах после прессования отмечен меньший урожай клеток кислотообразующих (рисунок 3.42 А) и цитратсбраживающих лактококков (рисунок 3.42 Б), чем в варианте 1 с производственной закваской. Однако за счет наличия остаточной лактозы максимальное количество клеток мезофильных лактококков, сопоставимое с уровнем при нормальной интенсивности молочнокислого процесса, достигается к 7 суткам созревания.

Максимальный уровень клеточной популяции термофильной культуры *Str. thermophilus* (рисунок 3.42 В) в большинстве исследуемых образцов (варианты 1 и 2) 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 3),

наблюдается незначительное развитие *Str. thermophilus* до 7 суток созревания, за счет наличия остаточной лактозы, с последующим интенсивным вымиранием.

Интенсивность молочнокислого процесса в сырах в процессе созревания оценивалась по продуктам гликолиза (таблица 3.58) и уровню активной кислотности (рисунок 3.43). Отсутствие остаточного количества лактозы, а также наиболее низкий уровень pH в опытных образцах варианта 1 после прессования говорит о наиболее интенсивном молочнокислом процессе во время выработки по сравнению с другими вариантами.

Установлено, что использование мезофильно-термофильной DVS (вариант 2) в совокупности с исключением выдержки молочной смеси (вариант 3) приводит к существенному замедлению молочнокислого процесса во время выработки.

В сырах, выработанных с применением способа прямого внесения сухой ПБК без использования приема выдержки смеси (вариант 3), уровень активной кислотности снизился до нормального только после 7 суток созревания. Уровень накопившейся галактозы в сырах снижается незначительно в процессе созревания.

Таблица 3.58 – Динамика продуктов гликолиза в процессе созревания сыров

Образец сыра	Массовая доля лактозы, %	Массовая доля глюкозы, %	Массовая доля галактозы, %	Массовая доля молочной кислоты, %
Сыр после прессования				
1 – ПЗ с выд.	отсут.	отсут.	0,58±0,03	1,96±0,07
2 – DVS с выд.	0,38±0,03	отсут.	0,54±0,06	1,71±0,05
3 – DVS без выд.	1,20±0,06	отсут.	0,52±0,04	0,56±0,05
Сыр 7 суток				
1 – ПЗ с выд.	отсут.	отсут.	0,61±0,03	2,02±0,14
2 – DVS с выд.	отсут.	отсут.	0,56±0,05	1,85±0,17
3 – DVS без выд.	отсут.	отсут.	0,55±0,06	1,85±0,16
Сыр 15 суток				
1 – ПЗ с выд.	отсут.	отсут.	0,42±0,03	2,03±0,14
2 – DVS с выд.	отсут.	отсут.	0,48±0,04	1,95±0,17
3 – DVS без выд.	отсут.	отсут.	0,48±0,05	1,91±0,18
Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).				

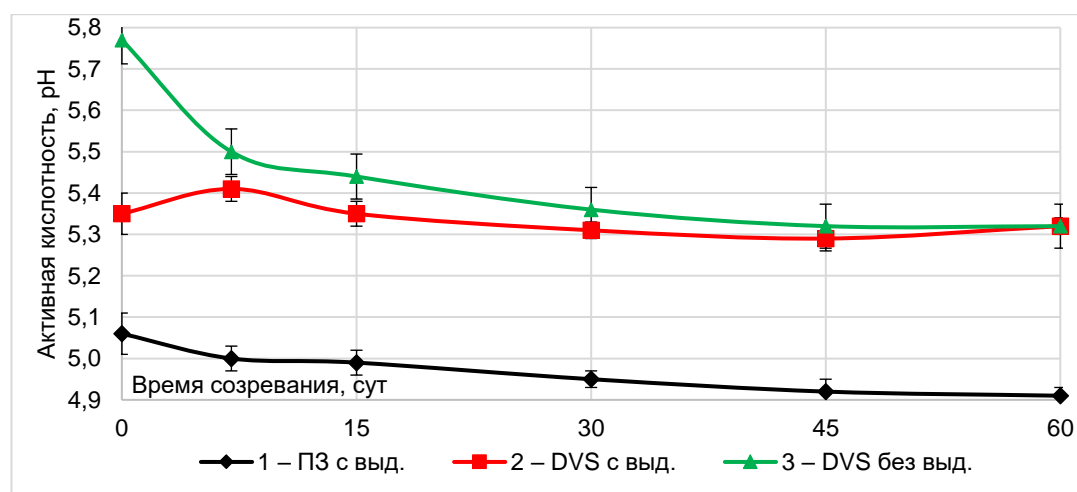


Рисунок 3.43 – Динамика активной кислотности (pH) в процессе созревания сыров

Данные изменения активной кислотности в процессе созревания сыров, представленные на рисунке 3.43, наглядно показывают, что сыры, выработанные с применением производственной закваски, в состав которой, наряду с лактококками, входит $(40 \pm 1) \%$ термофильного стрептококка, выработанные по традиционной технологии Российского сыра, имеют высокий уровень молочнокислого процесса во время выработки и, как результат, не допустимо низкие значения pH в сыре после прессования. С другой стороны, сыры варианта 3, выработанные путем прямого внесения БК того же видового состава и соотношения культур без выдержки смеси, имели недостаточный уровень молочнокислого процесса во время выработки и, как результат, не допустимо высокие значения pH в сырах после прессования. Нормируемому уровню pH соответствовали только сыры варианта 2.

Анализ результатов исследований степени протеолиза в процессе созревания сыров (рисунок 3.44) показывает, что во всех вариантах сыров наблюдается существенный прирост растворимых форм белка. Выявлено, что применение прямой инокуляции снижает интенсивность протеолиза в процессе созревания сыров. При этом без предварительной выдержки смеси после внесения БК интенсивность процесса протеолиза снижается сильнее.

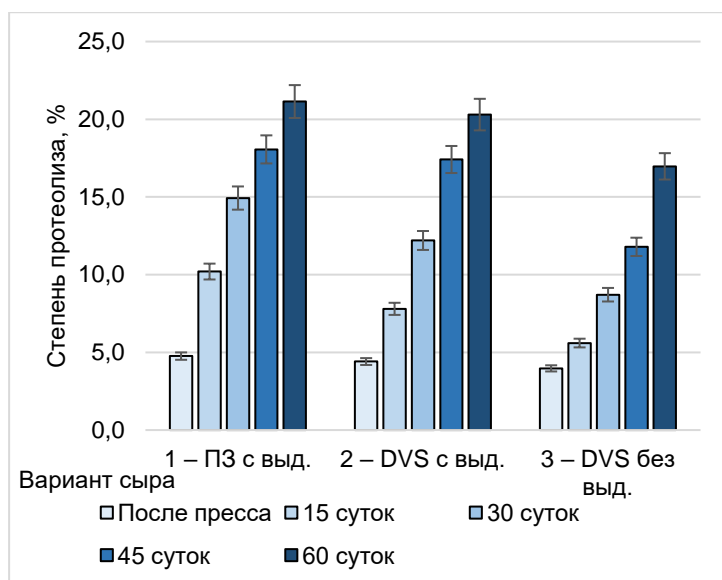


Рисунок 3.44 – Динамика степени протеолиза в сырах во время созревания

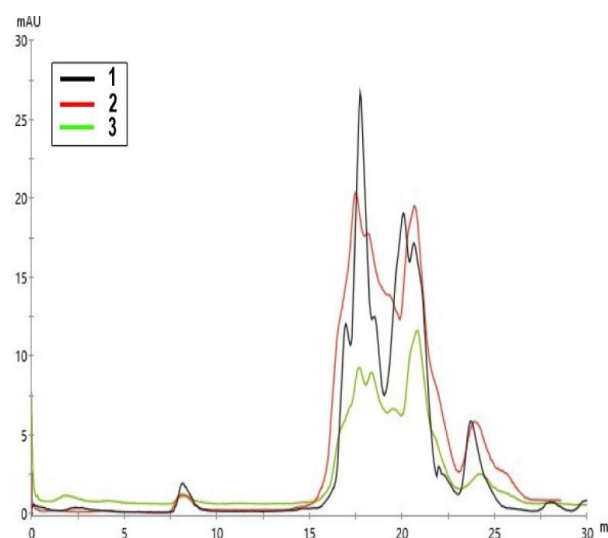


Рисунок 3.45 – Хроматограммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров кондиционной зрелости (Колонка Superose 6 Increase 10/300 GL)

Анализ данных, представленных на рисунке 3.45, показывает, что в сырах, выработанных с применением БК прямого внесения без использования выдержки, зафиксировано наименьшее количество низкомолекулярных пептидов и аминокислот к концу срока созревания (60 суток). При этом в сырах варианта 2 количество низкомолекулярных пептидов сопоставимо с их количеством в сырах, выработанных с использованием производственной закваски (вариант 1).

Различия в динамике развития общего количества жизнеспособных клеток, цитратсбраживающих и термофильных заквасочных МО в процессе созревания сыров оказывает влияние не только на интенсивность процессов гликолиза и протеолиза, но и на накопление летучих ВАВ (таблица 3.59).

Таблица 3.59 – Содержание летучих ВАВ в сырах после 60 суток созревания

Наименование летучего ВАВ	Варианты сыров		
	1 – ПЗ с выдержкой	2 – DVS с выдержкой	3 – DVS без выдержки
Альдегиды, %:			
этаналь	87,304±0,941	79,663±1,022	83,944±0,985
пропаналь	—	—	—
бутаналь	—	8,839±0,146	6,269±0,142

Продолжение таблицы 3.59

Наименование летучего ВАВ	Варианты сыров		
	1 – ПЗ с выдержкой	2 – DVS с выдержкой	3 – DVS без выдержки
изо-гептаналь	0,039±0,003	—	—
изо-бутаналь	3,021±0,157	—	—
бутаналь-2	2,759±0,179	—	—
Спирты, %:			
бутанол-1	2,947±0,186	1,201±0,384	1,306±0,127
пентанол-1	1,878±0,124	—	—
Кислоты, %:			
уксусная кислота	—	3,938±0,024	4,009±0,462
Кетоны и его производные, %:			
бутанон-2	—	5,466±0,161	3,931±0,247
пентанон-2	0,088±0,009	—	—
Общее содержание летучих ВАВ, нА·с	1,604±0,316	1,51±0,182	1,387±0,142
Результаты представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=3).			

Из данных, представленных в таблице 3.59, следует, что преобладающим летучим вкусо-ароматическим соединением во всех вариантах сыров является этаналь (79,663-87,304) %. Следует отметить в сырах 2 и 3 вариантов наличие уксусной кислоты.

Результаты органолептической оценки сыров в возрасте 30 и 60 суток созревания отражены на диаграмме вкуса, аромата, консистенции и рисунка, представленной в виде значений, выраженных в баллах (рисунки 3.46 и 3.47).

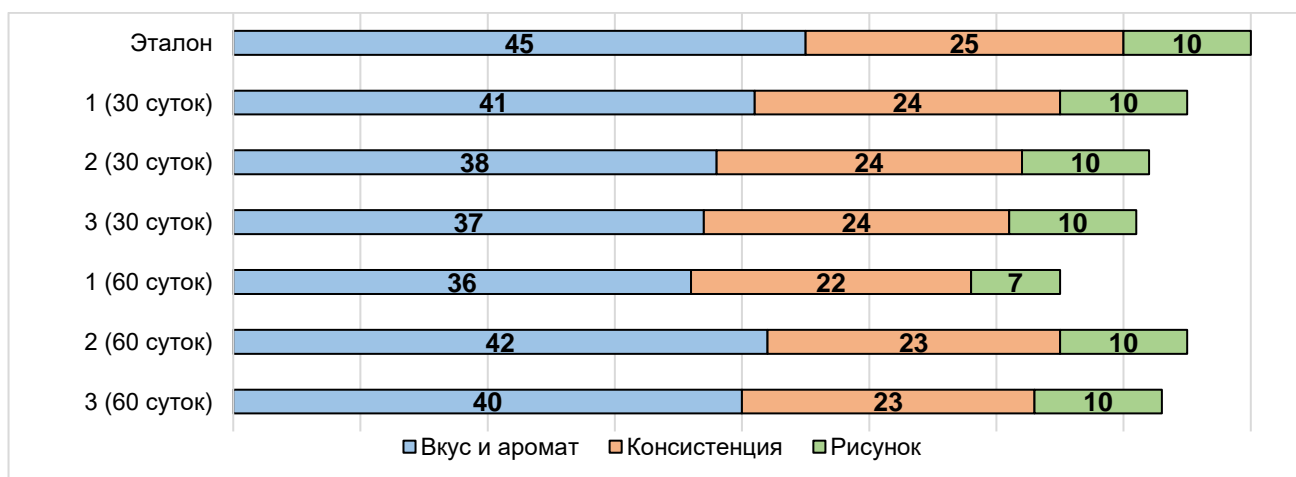


Рисунок 3.46 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Анализируя результаты органолептической оценки (рисунки 3.46 и 3.47), можно сделать вывод, что сыры, выработанные на производственной закваске

(вариант 1), к концу срока созревания уступали по выраженности сырного вкуса сырам, выработанным с применением способа прямой инокуляции (вариант 2).

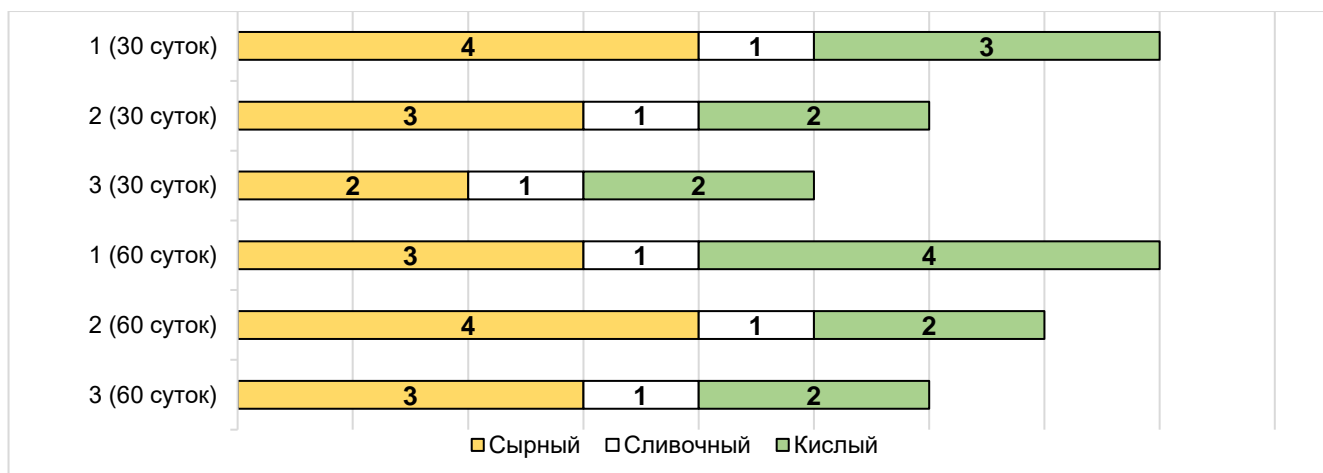


Рисунок 3.47 – Гистограмма основных дескрипторов вкуса и аромата сыров в возрасте 30 и 60 суток

Органолептическая оценка сыров, выработанных с использованием способа прямой инокуляции и выдержкой смеси (вариант 2), показывает, что к концу срока созревания образцы имели выраженный сырный и умеренно кислый вкус с легким сливочным ароматом и оценены экспертами на 42 балла. При этом в опытных образцах с прямой инокуляцией БК без выдержки смеси был отмечен умеренно выраженный сырный вкус и аромат, слабая сливочность и кислота, что дало основание оценить данные сыры на 40 баллов.

Консистенция сыров варианта 1 была пластичной и мажущейся из-за низкой кислотности, в связи с чем оценена экспертами в 22 балла. В опытных образцах, выработанных с применением прямой инокуляции (варианты 2 и 3), консистенция характеризовалась как пластично-эластичная, и оценена в 23 балла (рисунок 3.46).

Фотографии сыров в разрезе, представленные на рисунке 3.48, показывают, что в образцах (варианты 2 и 3), выработанных с применением прямой инокуляции, отмечен рисунок, характерный для полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью. Сыры варианта 1 имели слепой рисунок, не характерный для сыров исследуемой группы.

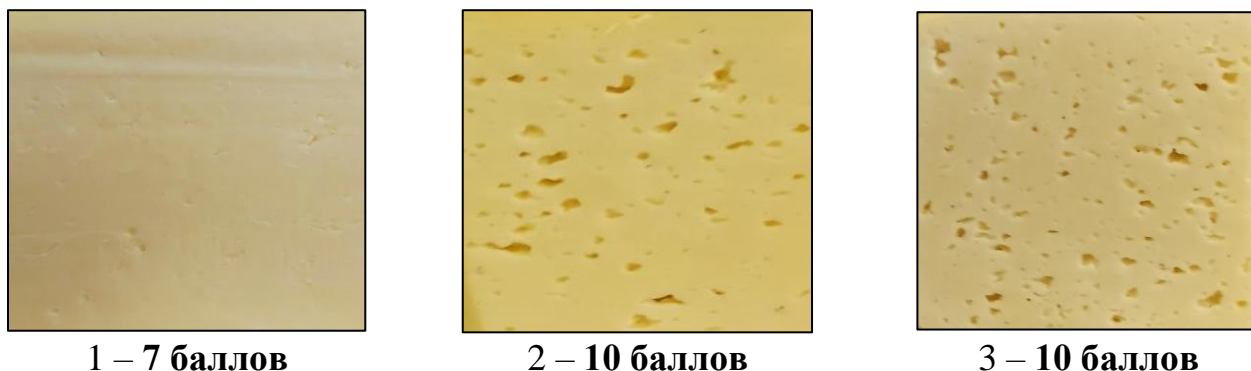


Рисунок 3.48 – Рисунок сыров на разрезе в возрасте кондиционной зрелости (60 суток)

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, возможно применение DVS с обязательной выдержкой молочной смеси для обеспечения времени для реактивации клеток.

В результате проведенной серии экспериментов предложены варианты ПБК (таблица 3.60) для производства полутвердых сыров, формуемых насыпью, с использованием производственной закваски, соответствующих идентификационным органолептическим профилям сыров Российский и Тильзитер и сыров по типу Российского с использованием прямой инокуляции.

Таблица 3.60 – Состав ПБК для производства сыров, формуемых насыпью

Наименование сыра	Состав ПБК, %				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

Для получения полутвердых сыров, формуемых насыпью, с органолептическими показателями, соответствующим идентификационным характеристикам сыра Российский, вырабатываемого по традиционной технологии, необходимо использовать ПБК (для приготовления производственной закваски) следующего видового состава и соотношения моновидовых культур, исходя из расчета количества жизнеспособных клеток:

- *Lc. lactis* – (30±1) %;

- *Lc. cremoris* – (40±1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (30±1) %.

Применение в составе БК термофильной культуры *Str.thermophilus* не целесообразно при использовании традиционного способа производства сыра Российский.

Использование ПБК для производства полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых насыпью, в состав которой входит термофильная культура *Str.thermophilus*, с учетом соотношения лактококковых и термофильных культур в составе закваски влечет за собой необходимость изменения способа применения ПБК.

С целью снижения рисков излишне интенсивного молочнокислого процесса во время выработки сыров при использовании культуры *Str.thermophilus*, целесообразно применение прямой инокуляции сухих ПБК с последующей выдержкой смеси до внесения молокосвертывающего фермента до показателя титруемой кислотности (19±1) °Т, исходя из расчета количества жизнеспособных клеток и следующего соотношения культур:

- *Lc. lactis* – (30±1) %;
- *Str. thermophilus* – (40±1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (30±1) %.

В результате проведенных исследований сконструирована поливидовая БК для выработки сыра Тильзитер. Наилучшие органолептические показатели, соответствующие идентификационным данного вида полутвердого сыра, формуемого насыпью, получены с внесением изменений в способ использования закваски – исключен прием выдержки смеси после внесения производственной закваски, приготовленной из моновидовых культур заквасочных МО в следующем соотношении, исходя из количества жизнеспособных клеток:

- *Lc. lactis* – (30±1) %;
- *Lc. cremoris* – (20±1) %;
- *Str. thermophilus* – (20±1) %;
- *Lc. diacetylactis* – (30±1) %.

3.4 Разработка технической документации

На основе полученных экспериментальных данных с учетом анализа научной-технической литературы, а также многолетнего опыта работы исследователей ВНИИМС (Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия-филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН) разработаны ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров» (Приложение А).

Целью разработанных Технических условий является оказание помощи производителям бактериальных заквасок для сыроделия в научно-обоснованном конструировании поливидовых бактериальных концентрированных заквасок для различных групп полутвердых сыров.

Представленные в ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 сконструированные поливидовые бактериальные концентрированные закваски, позволяющие производить полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания формуемые, как из пласта, так и насыпью, соответствующие требованиям высшего сорта и идентификационным органолептическим характеристикам, подразумевающими применение различных соотношений моновидовых бактериальных концентрированных заквасок целевого назначения, обоснованных в экспериментальной части работы (таблица 3.61):

1 вариант – применение в качестве заквасочной микрофлоры комбинации мезофильных лактококков *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* в равном соотношении по 30 % и *Lc. diacetylactis* в дозе 40 % от общего количества жизнеспособных клеток, обеспечивающих получение сыра Голландский соответствующего требованиям высшего сорта и идентификационным органолептическим характеристикам – выраженный сырный, слегка кисловатый вкус с наличием остроты, а также слабый сливочный аромат, эластичная консистенция и рисунок, состоящий из глазков круглой или овальной формы.

2 вариант – применение в качестве основной заквасочной микрофлоры комбинации мезофильных лактококков *Lc. lactis*, *Lc. cremoris* и *Lc. diacetylactis* в равном соотношении по 30 %, а также мезофильных молочнокислых палочек *L. casei* в дозе 10 % от общего количества жизнеспособных клеток в качестве дополнительной культуры, обеспечивающих сокращение сроков созревания сыра, выработанного по технологии Голландского до 30-45 суток и получение готового продукта соответствующего требованиям высшего сорта и идентификационным органолептическим характеристикам – выраженный сырный, слегка кисловатый вкус с наличием остроты, а также слабый сливочный аромат, эластичная консистенция и рисунок, состоящий из глазков круглой или овальной формы.

3 вариант – применение в качестве заквасочной микрофлоры комбинации мезофильных лактококков *Lc. lactis*, *Lc. cremoris* и термофильной культуры *Str. thermophilus* в равном соотношении по 20 % от общего количества жизнеспособных клеток, а также газо- и ароматообразующего лактококка *Lc. diacetylactis* в дозе 40 %, обеспечивающей получение сыра Гауда соответствующего требованиям высшего сорта и идентификационным органолептическим характеристикам.

4 вариант – применение в качестве заквасочной микрофлоры комбинации мезофильных лактококков *Lc. lactis* и *Lc. cremoris* по 30 % и 40 % соответственно от общего количества жизнеспособных клеток, а также газо- и ароматообразующего лактококка *Lc. diacetylactis* в дозе 30 %, формирование идентификационного органолептического профиля сыра Российский в конце срока созревания.

5 вариант – применение в качестве заквасочной микрофлоры комбинации мезофильных лактококков *Lc. lactis* и *Lc. diacetylactis* по 30 % от общего количества жизнеспособных клеток, а также *Lc. cremoris* и термофильной культуры *Str. thermophilus* в равном соотношении по 20 %, обеспечивающей получение сыра Тильзитер, соответствующего требованиям высшего сорта и идентификационным органолептическим характеристикам.

Таблица 3.61 – Сконструированные поливидовые концентрированные бактериальные закваски для различных групп полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания

Наименование закваски	Состав и соотношение сухих моновидовых бактериальных концентрированных заквасок, %	Характеристика и норма показателя закваски					
		Продолжительность сквашивания, ч	Органолептическая оценка	Титруемая кислотность, °T	Наличие углекислого газа, см	Наличие ацетона и диацетила, у.е	Микроскопический препарат
Закваска бактериальная концентрированная для сыра Голландский	LcLL – 30 LcLC – 30 LcLD – 40	14–16	Вкус кисломолочный, сгусток ровный, плотный, допускается небольшое отделение сыворотки	От 80 до 110	Не менее 1,5 см	Не менее 3	Одиночные кокки, диплококки и цепочки кокков разной длины
Закваска бактериальная концентрированная для сыра, выработанного по технологии Голландский с ускоренным сроком созревания	LcLL – 30 LcLC – 30 LcLD – 30 LbCas – 10						Одиночные кокки, диплококки, цепочки кокков разной длины и палочки правильной формы (одиночные, парные, в цепочках)
Закваска бактериальная концентрированная для сыра Гауда	LcLL – 20 LcLC – 20 StT – 20 LcLD – 40			От 85 до 115			Одиночные кокки, диплококки и цепочки кокков разной длины

Продолжение таблицы 3.61

Наименование закваски	Состав и соотношение сухих моновидовых бактериальных концентрированных заквасок, %	Характеристика и норма показателя закваски					
		Продолжительность сквашивания, ч	Органолептическая оценка	Титруемая кислотность, °T	Наличие углекислого газа, см	Наличие ацетона и диацетила, у.е	Микроскопический препарат
Закваска бактериальная концентрированная для сыра Российский	LcLL – 30 LcLC – 40 LcLD – 30	14–16	Вкус кисломолочный, сгусток ровный, плотный, допускается небольшое отделение сыворотки	От 80 до 110	Не менее 1,0 см	Не менее 2	Одиночные кокки, диплококки и цепочки кокков разной длины
Закваска бактериальная концентрированная для сыра Тильзитер	LcLL – 30 LcLC – 20 StT – 20 LcLD – 30			От 85 до 115			

3.5 Опытнo-промышленнaя апробация сконструированных поливидовых бактериальных заквасок в условиях молокоперерабатывающего предприятия

Результаты исследований по конструированию поливидовых бактериальных концентрированных заквасок для производства различных видов полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания были апробированы в промышленных условиях на ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» (Рыбинское ш., 22В, Углич, Ярославская обл., 152613).

В рамках опытнo-промышленнoй апробации выработаны по традиционным технологиям сыры Голландский и Российский с использованием производственных заквасок, приготовленных на основе сконструированных поливидовых бактериальных концентрированных заквасок. Технологический регламент выработки и созревания сыров представлен в таблице 3.62.

Таблица 3.62 – Технологический регламент опытнo-промышленнoй выработки сыров

Технологический этап	Наименование сыров	
	Голландский	Российский
Пастеризация молока:		
– температура, °С	72-74	72-74
– выдержка, сек	20-25	20-25
Количество смеси, кг	3000	3000
Охлаждение смеси до температуры (Температура свертывания), °С	34,0	34,0
На 3000 кг смеси добавлено:		
– кальций хлористый, г	1050,0	1050,0
– лизоцим, г	36,0	36,0
– сычужный фермент, см ³	240,0	240,0
Соотношение МКМ в составе ПБК, %	<i>LcLL</i> – (30±1) <i>LcLC</i> – (30±1) <i>LcLD</i> – (30±1) <i>LbCas</i> – (10±1)	<i>LcLL</i> – (30±1) <i>LcLC</i> – (40±1) <i>LcLD</i> – (30±1)
Доза внесения ПЗ на основе МБК, %	0,8	1,2
Кислотность перед свертыванием, °Т	17,0	18,0
Свертывание, мин	50,0	46,0
Разрезка и постановка сырного зерна, мин	25,0	19,0
Удаление сыворотки, %	30,0	30,0
Внесено воды, %	15,0	15,0

Продолжение таблицы 3.62

Технологический этап	Наименование сыров	
	Голландский	Российский
Второе нагревание:		
– температура, °С	41,2	42,9
– продолжительность, мин	17,0	14,0
Продолжительность обработка зерна, мин	69,0	70,0
Кислотность сыворотки, °Т:		
– после разрезки	12,5	13,0
– до внесения воды	13,0	13,5
– после внесения воды	9,0	9,0
– после нагревания	10,0	10,0
– в конце обработки	11,0	11,0
Формование, мин	10,0	15,0
Самопрессование, мин	15,0	7,0
Прессование, мин	100,0	180,0
Вес сыра после прессования / Количество головок, кг/шт	283,1 / 72	279,3 / 37
Концентрация поваренной соли (NaCl), %	20,0	20,0
Температура рассола, °С	10-12	10-12
Продолжительность посолки, ч	21,0	36,0
Обсушка		
– температура, °С	10,0	10,0
– влажность, %	80,0	80,0
– продолжительность, сутки	7,0	7,0
Упаковка для созревания, вид	пленка	пленка
Созревание в упаковке:		
– температура, °С	12,0	12,0
– влажность, %	84-85	84-85
– продолжительность, сутки	14	14
Общая продолжительность созревания, сутки	30	60
Вес сыра после созревания, кг	280,6	274,3

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 3.63), установленным в ТУ10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров».

Таблица 3.63 – Состав ПБК и показатели ПЗ для выработки сыров

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

В процессе созревания сыры в возрасте 30 и 60 суток оценивали органолептически (Приложения В 2, В 3, В 5, В 6), балльная оценка представлена на рисунке 3.49.

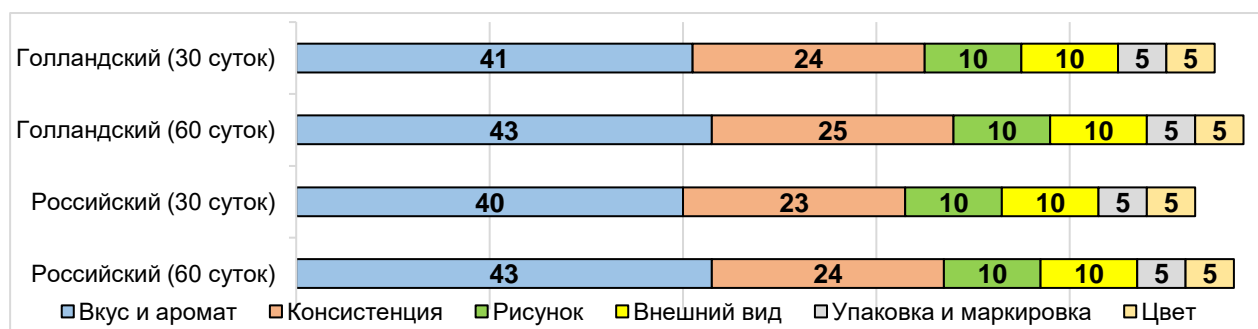


Рисунок 3.49 – Балльная оценка органолептических показателей сыров в возрасте 30 и 60 суток

Анализируя данные органолептических экспертных оценок (рисунок 3.49), можно сделать вывод, что опытные сыры, выработанные с использованием сконструированной ПБК для сыра Голландский, к 30 суткам созревания соответствовали высшему сорту и идентификационному органолептическому профилю. Консистенция сыров была отличной и оценена в максимальные 25 баллов. В образцах присутствовал рисунок, характерный для полутвердых сыров, формируемых из пласта, с наличием глазков правильной круглой формы.

В результате проведения опытно-промышленной апробации влияния сконструированной ПБК на качество и процесс созревания полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания, выработанного по технологии сыра Голландский, анализа результатов органолептических и физико-химических

показателей выработанного сыра, получено положительное заключение (Приложение В 1) и установлено следующее:

1. Использование сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски при выработке сыра Голландский по традиционной технологии позволяет получить высокие органолептические показатели за более короткий период созревания – 30 суток без использования дополнительных технологических приёмов;

2. Сыры, выработанные с использованием сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски, соответствуют идентификационным органолептическим показателям сыра Голландский и обладают высокими потребительскими свойствами;

3. Полученные результаты дают основание для разработки ТИ на выработку сыра Голландский с ускоренным сроком созревания.

Анализируя результаты органолептической оценки (рисунок 3.49), можно сказать, что Российский сыр кондиционной зрелости (60 сут), выработанный с использованием лактококковой закваски, соответствовал высшему сорту и идентификационному органолептическому профилю.

В результате проведения опытно-промышленной апробации влияния сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски на качество и процесс созревания полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания, выработанного по технологии сыра Российский, анализа результатов органолептических и физико-химических показателей выработанного сыра, получено положительное заключение (Приложение В 4) и установлено следующее:

1. Сыры, выработанные с использованием сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски, соответствуют идентификационным органолептическим показателям сыра Российский и обладают высокими потребительскими свойствами;

2. Применение поливидовой бактериальной концентрированной закваски может быть рекомендовано для сыров российской группы с различной продолжительностью созревания.

3.6 Экономическая эффективность

Экономическая эффективность от использования сконструированных поливидовых бактериальных концентрированных заквасок может заключаться в разнице цен между сырами первого и высшего сортов (рисунок 3.50). 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.

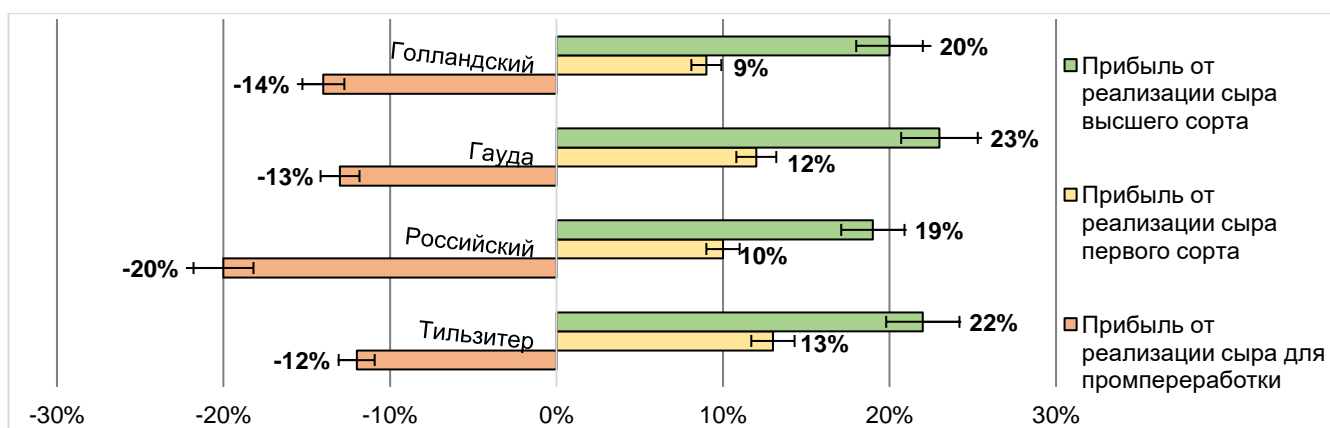


Рисунок 3.50 – Гистограмма прибыли от реализации различных видов полутвердых сыров

Результаты работы имеют народно-хозяйственное и социальное значение за счет возможности применения сконструированных поливидовых бактериальных концентрированных заквасок 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 хранимостпособности 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 внесением 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 СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БГКП – бактерии группы кишечной палочки;

БЗ – бактериальная закваска;

БК – бактериальная концентрированная закваска;

ВАВ – вкусо-ароматические вещества;

КМАрФАНМ – количество мезофильных ароматообразующих аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

КМАФАНМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

КМКМ – количество молочнокислых микроорганизмов;

КОЕ – колониеобразующие единицы;

КТАФАНМ – количество термофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

ЛВАВ – летучие вкусо-ароматические вещества;

ЛСМБ – лактатсбраживающие маслянокислые бактерии;

МБК – моновидовая бактериальная концентрированная закваска;

МО – микроорганизмы;

МКМ – молочнокислые микроорганизмы;

НВЧ – наиболее вероятное число;

ПЗ – производственная закваска;

ПБК – поливидовая бактериальная концентрированная закваска;

СВ – сухие вещества;

СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток;

DVS – закваска прямого внесения;

LbCas (Lb. casei) – Lacticaseibacillus 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.;

Ig N – десятичный логарифм числа N;

StT (Str. thermophilus) – Streptococcus thermophilus.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тренды и болевые точки сыроделов: [Электронный ресурс]. URL: <https://milknews.ru/longridy/trendy-i-bolevye-tochki-syrodelov.html>. (Дата обращения 11.01.2024).
2. Лаптева, И.А. Обзор конъюнктуры рынка молока и молочной продукции / И.А. Лаптева // Сборник материалов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 190-летию со дня рождения И.А. Стебута. «Приоритеты развития АПК в условиях цифровизации и структурных изменений национальной экономики». – Санкт-Петербург, 2023. – С. 375-378.
3. Решеткина, Ю.В. Основные направления повышения экономической эффективности функционирования молочнопродуктового подкомплекса региона / Ю.В. Решеткина, А.В. Шатова, О.А. Столярова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 72. – №1. – С. 147-151.
4. Смирнов, Е.А. Совершенствование научных и разработка практических аспектов биотехнологии моновидовых бактериальных концентратов молочнокислых микроорганизмов для сыроделия: дис. канд. техн. наук: 05.18.04. – ГНУ ВНИИМС РАСХН, Вологда, 2011. – 187 с.
5. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические физико-химические аспекты / А.В. Гудков. – Москва: ДеЛи Принт, 2003. – 800 с.
6. Irlinger, F. Microbial interactions in cheese: implications for cheese quality and safety / F. Irlinger, J. Mounier // Current Opinion in Biotechnology. – 2009. – Vol. 20. – № 2. – P. 142-148.
7. Шингарева, Т.И. Совершенствование способов предварительной подготовки молока для выработки сыров / Т.И. Шингарева, О.И. Купцова, Е.О. Чупрунова // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2021. – № 5. – С. 63-71.
8. El-Tanboly, E.S. Contribution of mesophilic starter and adjunct lactobacilli to proteolysis and sensory properties of semi hard cheese / E.S. El-Tanboly, M. El-Hofi,

N.S. Abd-Rabou, W. El-Desoki // *Journal of American Science*. – 2010. – Vol. 6. – № 9. – P. 68-73.

9. Сорокина, Н.П. Состав и свойства заквасочной микрофлоры для полутвердых сыров / Н.П. Сорокина, Е.В. Кураева, А.В. Шпак // *Сыроделие и маслоделие*. – 2021. – № 3. – С. 42-46.

10. Sadi, F. Elaboration of a Semi-Hard Cheese, Gouda Type, with Autochthonous Strains and Analysis of its Physicochemical and Sensory Composition / F. Sadi, N. Zaouadi, F. Hallouz, A.D. Bouras, S. Bensehaila, W. Mosbahi, H. Ouadjene // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2021. – Vol. 14. – № 47. – P. 3425-3432.

11. Centeno, J.A. Current Advances in Cheese Microbiology / J.A. Centeno, J. Carballo // *Foods*. – 2023. – Vol. 12. – № 13. – A. 2577.

12. Danylenko, S. Authentic cheeses: microbiology, starters, and technological aspects of production / S. Danylenko, V. Bondarchuk, A. Khablenko, A. Lukianets, G. Kozlovska, K. Kopylova // *Food Science & Technology*. – 2023. – Vol. 17. – № 3. – P. 43.

13. Vlasenko, I. The influence of the composition of bacterial starter cultures on the maturation process and the quality of hard rennet cheese / I. Vlasenko, T. Semko, V. Palamarchuk // *Technology Audit and Production Reserves*. – 2020. – Vol. 51. – P. 48-52.

14. Da Cruz, A.G. Probiotic cheese: health benefits, technological and stability aspects / A.G. da Cruz, F.C.A. Buriti, C.H.B. de Souza, J.A.F. Faria, S.M.I. Saad // *Trends in Food Science & Technology*. – 2009. – Vol. 20. – № 8. – P. 344-354.

15. Кайбышева, В.О. Пробиотики с позиции доказательной медицины / В.О. Кайбышева, Е.Л. Никонов // *Доказательная гастроэнтерология*. – 2019. – Т. 8. – № 3. – С. 45–54.

16. Mordvinova, V.A. Impact of changes in the fat phase on the peculiarities of the formation of quality indicators of semi-hard and hard cheeses / V.A. Mordvinova, E.V. Topnikova, E.S. Danilova, I.L. Ostroukhova // *Food systems*. – 2023. – Vol. 5. – № 4. – P. 361-368.

17. Soltani, M. Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on microstructure and rheological properties of Iranian UF White cheese / M. Soltani, O.S. Boran, A.A. Hayaloglu // *LWT – Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 68. – P. 724–728.
18. Вахрушева, Д.С. Разработка биотехнологических приемов улучшения потребительских свойств сыров пониженной жирности: дис. канд. техн. наук: 4.3.3. – ВНИИМС, Москва, 2024. – 164 с.
19. Баранова, И.В. Российский рынок сыров в условиях пандемии COVID-19: состояние и перспективы развития / И.В. Баранова, Е.Е. Голова // *Фундаментальные исследования*. – 2021. – № 11. – С. 32-38.
20. Уколова, А.А. Продовольственное эмбарго-ключевой драйвер роста для сыроделия / А.А. Уколова // *Сборник материалов всероссийской студенческой научно-практической конференции «Научные исследования студентов в решении актуальных проблем апк»*. – Иркутск, 2022. – С. 96-102.
21. Лилишенцева, А.Н. Определение критериев выбора потребителями сыров / А.Н. Лилишенцева, Т.А. Заболоцкая, Е.А. Давыдова // *Научные труды Белорусского государственного экономического университета*. – 2016. – № 9. – С. 188-193.
22. Сурай, Н.М. Регионы-лидеры сыроделия: создание собственных сырных брендов и их трансформация в бренды территорий / Н.М. Сурай, А.Л. Таточенко, А.А. Терехова, А.П. Михалев, Г.В. Корнева // *Сыроделие и маслоделие*. – 2024. – № 1. – С. 10-25.
23. Fusté-Forné, F. Say Gouda, say cheese: Travel narratives of a food identity / F. Fusté-Forné // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. – 2020. – Vol. 22. – A. 100252.
24. Fox, P.F. Cheese: historical aspects / P.F. Fox, T.P. Guinee, T.M. Cogan // *Fundamentals of cheese science*. – 2017. – Vol. 16. – P. 1-10.
25. Инихов, Г.С. Вологодский молочно-хозяйственный институт, его история и современное состояние: к 15-летию его существования / Г.С. Инихов. – Вологда: Северный печатник, 1928. – 115 с.

26. Шухалова, О.М. Исследование влияния физиолого – биохимических свойств отдельных видов заквасочных микроорганизмов на качество полутвердых сыров: дис. канд. техн. наук: 4.3.5. – ВНИИМС, Москва, 2024. – 159 с.
27. ТИ ГОСТ 32260–2013 Сборник технологических инструкций по производству полутвердых сыров. – Углич: ГНУ ВНИИМС, 2015. – 179 с.
28. Баязитов, Б.А. Применение нового штамма молочнокислых бактерий в технологии твердых сычужных сыров / Б.А. Баязитов, Ю.Э. Почейкин, В.Я. Пономарев, Э.Ш. Юнусов // Сборник статей XI Международной научно-практической конференции «Наука, общество, технологии: проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире». – Петрозаводск, 2023. – С. 196-200.
29. Decadt, H. Insights into the microbiota and defects of present-day Gouda cheese productions / H. Decadt, L. De Vuyst // Current Opinion in Food Science. – 2023. – Vol. 52. – A. 101044.
30. Шрайнер, В.А. Инновационные технологии в производстве сыров типа гауда / В.А. Шрайнер, Ч.Г. Куулар // Сборник материалов международного конгресса «Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий». – Кемерово, 2022. – С. 507-510.
31. Сухоручко, П.В. Обзор рынка сыров / П.В. Сухоручко, Т.И. Шпак // Сборник статей международной научно-практической конференции «Роль и значение науки в обществе и ее влияние на инновационное развитие». – Уфа, 2020. – С. 147-150.
32. Николаев, А.М. Сыр «Российский» / А.М. Николаев // Молочная промышленность. – 1960. – № 6. – С. 15-17.
33. Николаев, А.М. Российский сыр / А.М. Николаев. – Москва: Пищевая промышленность, 1968. – 88 с.
34. Roeb, F. Tilsit cheese-past and present / F. Roeb, C.-L. Riedel // DMZ, Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft. – 2009. – Vol. 130. – № 2. – P. 28-31.
35. Сорокин, В.В. Сыроварение: практическое руководство по технике производства сыров: голландского, гауда, бакштейна и тильзита / В.В. Сорокин. –

Москва: Государственное издательство сельскохозяйственной, колхозно-кооперативной литературы, 1931. – 200 с.

36. Мордвинова, В.А. «Тильзит» «Тильзитеру» рознь / В.А. Мордвинова // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 1. – С. 20-21.

37. Мордвинова, В.А. Старый и новый сыр «Тильзитер». СТО Роскачества / В.А. Мордвинова, Н.Н. Оносовская // Сыроделие и маслоделие. – 2021. – № 2. – С. 24-25.

38. СТО 46429990-152-2020 Сыр Тильзитер. Потребительские испытания. – Российская система качества. – 2020 – 6 с.

39. Фурик, Н.Н. Поливидовые замороженные концентрированные закваски для сыров / Н.Н. Фурик, Н.К. Жабанос // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2021. – Т. 1. – № 10. – С. 80-85.

40. Mayo, B. Microbial interactions within the cheese ecosystem and their application to improve quality and safety / B. Mayo, J. Rodríguez, L. Vázquez, A.B. Flórez // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 3. – A. 602.

41. Nájera, A.I. A review of the preservation of hard and semi-hard cheeses: Quality and safety / A.I. Nájera, S. Nieto, L.J.R. Barron, M. Albisu // International journal of environmental research and public health. – 2021. – Vol. 18. – № 18. – A. 9789.

42. Цугкиев, Б.Г. Характеристика выделенных в РСО-Алания молочнокислых бактерий и их использование / Б.Г. Цугкиев, Р.Г. Абисов, А.Г. Петрукович, Э.В. Рамонова // Сборник статей международной научно-практической конференции «Биотехнология и общество в XXI веке». – Барнаул, 2015. – С. 288-293.

43. Salvucci, E. Technological properties of lactic acid bacteria isolated from raw cereal material / E. Salvucci, J.G. LeBlanc, G. Pérez // LWT. – 2016. – Vol. 70. – P. 185-191.

44. Захарова, М.Б. Разработка научных и практических аспектов технологии производства и применения питательной среды для приготовления

закваски в сыроделии: дис. канд. техн. наук: 05.18.04 – ГНУ ВНИИМС РАСХН, Углич, 2006. – 155 с.

45. Свириденко, Г.М. Использование защитных культур: теоретические аспекты / Г.М. Свириденко, Н.П. Сорокина // Молочная промышленность. – 2018. – № 7. – С. 25-28.

46. Shenana, M.E. Starter Cultures: Classification, Traditional Production Technology and Potential Role in the Cheese Manufacturing Industry / M.E. Shenana, A.R. Patel // Microbiology for Food and Health. – 2019. – Vol 2. – P. 51-92.

47. Fusieger, A. Technological properties of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* bv. *diacetylactis* obtained from dairy and non-dairy niches / A. Fusieger, M.C.F. Martins, R. de Freitas, L.A. Nero, A.F. de Carvalho // Brazilian Journal of Microbiology. – 2020. – Vol. 51. – P. 313–321.

48. Bourdichon, F. Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use / F. Bourdichon, S. Casaregola, C. Farrokh, J.C. Frisvad, M.L. Gerds, W.P. Hammes, J. Harnett, G. Huys, S. Laulund, A. Ouwehand, I.B. Powell, J.B. Prajapati, Y. Seto, E.T. Schure, A.V. Boven, V. Vankerckhoven, A. Zgoda, S. Tuijelaars, E.B. Hansen // International journal of food microbiology. – 2012. – Vol. 154. – № 3. – P. 87-97.

49. McSweeney, P.L.H. Biochemistry of cheese ripening / P.L.H. McSweeney // International Journal of Dairy Technology. – 2004. – Vol. 57. – I. 2-3. – P. 127-144.

50. 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.

51. Беркли, Р. Определитель бактерий Берджи. Девятое издание. В двух томах // Том 2 / Р. Беркли, Д.Г. Хоулт. – Москва: Мир, – 1997. – 368 с.

52. Перфильев Г.Д. Свойства молочнокислых бактерий, используемых в составе заквасок для производства ферментированных молочных продуктов / Г.Д. Перфильев // Сборник материалов международного специализированного семинара «Бактериальные закваски и биологические средства, применяемые в

производстве ферментированных молочных продуктов в России». – Углич, 2005. – С. 18-30.

53. Vlasenko, I. Innovative approaches to the development of a new sour milk product / I. Vlasenko, V. Bandura, T. Semko, L. Fialkovska, O. Ivanishcheva, V. Palamarchuk // *Slovak Journal of Food Sciences*. – 2021. – Vol. 15. – P. 970-981.

54. 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.

55. Ahmed, T. Influence of temperature on growth pattern of *Lactococcus lactis*, *Streptococcus cremoris* and *Lactobacillus acidophilus* isolated from camel milk / T. Ahmed, R. Kanwal, N. Ayub // *Biotechnology*. – 2006. – Vol. 5. – № 4. – P. 481-486.

56. Свириденко, Г.М. Молочные лактококки как основной кислотообразующий компонент / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова // *Молочная промышленность*. – 2019. – № 4. – С. 30–33.

57. Duran, E.G. Salt Tolerance of *Lactococcus Lactis* R-604 as Influenced by Exposure to Various Stress Conditions / E.G. Duran // *Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College*. – 2015. – Vol. 38. P. 87-132.

58. Свириденко, Г.М. Заквасочные микроорганизмы как источник органолептических пороков при производстве ферментируемых молочных продуктов / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова // *Переработка молока*. – 2019. – № 12. – С. 46–49.

59. Broadbent, J.R. Contribution of *Lactococcus lactis* cell envelope proteinase specificity to peptide accumulation and bitterness in reduced-fat Cheddar cheese / J.R. Broadbent, M. Barnes, C. Brennand, M. Strickland, K. Houck, M.E. Johnson, J.L. Steele // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2002. – Vol. 68. – № 4. – P. 1778-1785.

60. Kuhfeld, R.F. A comprehensive database of cheese-derived bitter peptides and correlation to their physical properties / R.F. Kuhfeld, H. Eshpari, Z. Atamer, D.C. Dallas // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2023. – P. 1-15.

61. Forler, B. Effects of protein, calcium, and pH on gene transcription, cell-envelope peptidase activity of *Lactococcus lactis* strains, and the formation of bitter peptides / B. Forler, G. Horstmann, J. Schäfer, C. Michel, A. Weiss, T. Stressler, L. Fischer, J. Hinrichs, H. Schmidt // *Foods*. – 2021. – Vol. 10. – № 7. – A. 1588.
62. Kieronczyk, A. Cooperation between *Lactococcus lactis* and nonstarter lactobacilli in the formation of cheese aroma from amino acids / A. Kieronczyk, S. Skeie, T. Langsrud, M.Y. Mireille // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2003. – Vol. 69. – № 2. – P. 734-739.
63. Alemayehu, D. Characterization of plant-derived lactococci on the basis of their volatile compounds profile when grown in milk / D. Alemayehu, J.A. Hannon, O. McAuliffe, R.P. Ross // *International journal of food microbiology*. – 2014. – Vol. 172. – P. 57-61.
64. Rhitika, P. Comparison of growth and survival of single strains of *Lactococcus lactis* and *Lactococcus cremoris* during Cheddar cheese manufacture / P. Rhitika, K.T. Randall, J.O. Craig, O. Sophie // *Journal of Dairy Science*. – 2022. – Vol. 105. – P. 2069-2081.
65. 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.
66. 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.
67. 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. – Vol. 1052. – A. 012062.
68. Manno, M.T. Genetic and phenotypic features defining industrial relevant *Lactococcus lactis*, *L. cremoris* and *L. lactis* biovar. *diacetilactis* strains / M.T. Manno,

F. Zuljan, S. Alarcon, L. Esteban, V. Blancato, M. Espariz, C. Magni // *Journal of Biotechnology*. – 2018. – Vol. 282. – P. 25-31.

69. Martinussen, J. Engineering strategies aimed at control of acidification rate of lactic acid bacteria / J. Martinussen, C. Solem, A.K. Holm, P.R. Jensen // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2013. – Vol. 24. – № 2. – P. 124-129.

70. Iskandar, C.F. Review of lactose and galactose metabolism in Lactic Acid Bacteria dedicated to expert genomic annotation / C.F. Iskandar, C. Cailliez-Grimal, F. Borges, A-M. Revol-Junelles // *Trends in Food Science & Technology*. – 2019. – Vol. 88. – P. 121-132.

71. Solopova, A. Further elucidation of galactose utilization in *Lactococcus lactis* MG1363 / A. Solopova, H. Bachmann, B. Teusink, J. Kok, O.P. Kuipers // *Frontiers in Microbiology*. – 2018. – Vol. 9. – A. 1803.

72. Zheng, X. A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese / X. Zheng, X. Shi, B. Wang // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – Vol. 12. – A. 703284.

73. Gobbetti, M. Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening / M. Gobbetti, M.D. Angelis, R.D. Cagno, L. Mancini, P.F. Fox // *Trends in Food Science & Technology*. – 2015. – Vol. 45. – № 2. – P. 167-178.

74. Igoshi, A. Galactose is the limiting factor for the browning or discoloration of cheese during storage / A. Igoshi, Y. Sato, K. Kameyama, M. Murata // *Journal of nutritional science and vitaminology*. – 2017. – Vol. 63. – № 6. – P. 412-418.

75. Dattatreya, A. Presence of galactose and glucose promotes browning of sweet whey powder / A. Dattatreya, W. Lee, S.A. Rankin // *Journal of dairy science*. – 2010. – Vol. 93. – № 6. – P. 2354-2357.

76. Shakerdi, L.A. Determination of the lactose and galactose content of common foods: Relevance to galactosemia / L.A. Shakerdi, L. Wallace, G. Smyth, N. Madden, A. Clark, U. Hendroff, M. McGovern, S. Connellan, B. Gillman, E.P. Treacy // *Food Science & Nutrition*. – 2022. – Vol. 10. – № 11. – P. 3789-3800.

77. 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.
78. 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. – Т. 6. – № 4. – С. 512–518.
79. Qiu, S. Dynamic microbial-community metabolic modeling for yogurt fermentation based on the metagenome of starter culture / S. Qiu, Z. Yang, H. Zeng, B. Wang, A. Yang // Computer Aided Chemical Engineering. – 2023. – Vol. 52. – P. 2619-2624.
80. Samarzhiya, D. Taxonomy, physiology and growth of *Lactococcus lactis*: a review / D. Samarzhiya, N. Antunats, Y.L. Havranek // Mljekarstvo. – 2001. – Vol. 51. – № 1. – P. 35-48.
81. Hugenholtz, J. Traditional biotechnology for new foods and beverages / J. Hugenholtz // Current opinion in biotechnology. – 2013. – Vol. 24. – № 2. – P. 155-159.
82. Markakiou, S. Harnessing the metabolic potential of *Streptococcus thermophilus* for new biotechnological applications / S. Markakiou, P. Gaspar, E. Johansen, A.A. Zeidan, A.R. Neves // Current Opinion in Biotechnology. – 2020. – Vol. 61. – P. 142–152.
83. Cui, Y. New advances in exopolysaccharides production of *Streptococcus thermophilus* / Y. Cui, J. Xu, M. Hao, X. Qu, T. Hu // Archives of Microbiology. – 2017. – Vol. 199. – P. 799-809.
84. Surber, G. The Role of Exopolysaccharide-Producing *Streptococcus thermophilus* on Physical Properties of Stirred Skim Milk Gel / G. Surber, H. Rohm, D. Jaros // Dairy. – 2022. – Vol. 3. – № 4. – P. 761-775.

85. Елисеева, Т. Бактериальные культуры «Crealat» и натуральные ферменты «Crearen» – ваш успех в производстве сыров / Т. Елисеева // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – № 2. – С. 26-27.
86. Фурик, Н.Н. Замороженные концентрированные закваски для сыров российской группы: принципы создания и определение параметров использования при изготовлении сыров / Н.Н. Фурик, Н.К. Жабанос, О.С. Головач, Е.Л. Брель // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2016. – № 11. – С. 29-37.
87. Поландова, Е.В. Заквасочные культуры ТМ Екоком / Е.В. Поландова // Переработка молока. – 2014. – № 9. – С. 47.
88. Garbowska, M. Proteolytic and ACE-inhibitory activities of Dutch-type cheese models prepared with different strains of *Lactococcus lactis* / M. Garbowska, A. Pluta, A. Berthold-Pluta // Food Bioscience. – 2020. – Vol. 35. – A. 100604.
89. Fox, P.F. Biochemistry of Cheese Ripening / P. F. Fox, T.P. Guinee, T.M. Cogan, P.L.H. McSweeney // Fundamentals of Cheese Science. – 2016. – P. 391–442.
90. Van Mastrigt, O. Aroma formation in retentostat co-cultures of *Lactococcus lactis* and *Leuconostoc mesenteroides* / O. Van Mastrigt, R.A. Egea, T. Abee, E.J. Smid // Food Microbiology. – 2019. – Vol. 82. – P. 151–159.
91. Wang, S. Lactic acid bacteria and γ -aminobutyric acid and diacetyl / S. Wang, P. Chen, H. Dang // Lactic Acid Bacteria: Bioengineering and Industrial Applications. – 2019. Vol. 26. – P. 1-19.
92. Garcia-Quintans, N. Activation of the Diacetyl/Acetoin Pathway in *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* bv. *diacetylactis* CRL264 by Acidic Growth / N. Garcia-Quintans, G. Repizo, M. Martin, C. Magni, P. Lopez // Applied and Environmental Microbiology. – 2008. – Vol. 74(7). – P. 1988-1996.
93. 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.

94. Kihal, M. Carbon dioxide production by *Leuconostoc mesenteroides* grown in single and mixed culture with *Lactococcus lactis* in skimmed milk / M. Kihal, H. Prevost, D.E. Henni, Z. Benmechernene, C. Divies // *World Journal of Dairy and Food Sciences*. – 2007. – Vol. 2. – № 2. – P. 62–68.
95. Holland, R. Lactic Acid Bacteria. *Leuconostoc* spp. / R. Holland, S.Q. Liu // *Encyclopedia of Dairy Sciences*. – 2011. – Vol. 4. – P. 138–142.
96. Pedersen, T.B. Effect of heterofermentative lactic acid bacteria of DL-starters in initial ripening of semi-hard cheese / T.B. Pedersen, F.K. Vogensen, Y. Ardö // *International Dairy Journal*. – 2016. – Vol. 57. – P. 72–79.
97. Hemme, D. *Leuconostoc* and its use in dairy technology / Y.H. Hui, E.Ö. Evranuz // *Handbook of Animal-Based Fermented Food and Beverage Technology*. – 2012. – Vol. 35. – P. 73-107.
98. Pedersen, T.B. Potential impact on cheese flavour of heterofermentative bacteria from starter cultures / T.B. Pedersen, D. Ristagno, P.L.H. McSweeney, F.K. Vogensen, Y. Ardö // *International dairy journal*. – 2013. – Vol. 33. – № 2. – P. 112-119.
99. 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.
100. Cardamone, L. Adventitious dairy *Leuconostoc* strains with interesting technological and biological properties useful for adjunct starters / L. Cardamone, A. Quiberoni, D.J. Mercanti, M.E. Fornasari, J.A. Reinheimer, D.M. Guglielmotti // *Dairy Science & Technol.* – 2011. – Vol. 91. – P. 457–470.
101. Soodam, K. Effect of rennet on the composition, proteolysis and microstructure of reduced-fat Cheddar cheese during ripening / K. Soodam, L. Ong, I.B. Powell, S.E. Kentish // *Gras Dairy Science & Technology*. – 2015. – Vol. 95(5). – P. 665–686.

102. Ardö, Y. Biochemistry of cheese ripening: Proteolysis / Y. Ardö, P.L.H. McSweeney, A.A.A. Magboul, V.K. Upadhyay, P.F. Fox // Cheese. – Academic Press. – 2017. – Vol. 91. – P. 445-482.
103. Sahingil, D. Determination of the effects of proteolysis-based changes by adjunct lactobacilli on the bioactivity (ACE-inhibitory and antioxidant activities) of cheese: a model cheese study / D. Sahingil, Y. Gokce, A.A.J. Hayaloglu // Journal of Food Science and Technology. – 2024. – Vol. 61. – № 2. – P. 353-365.
104. Milesi, M.M. Influence on cheese proteolysis and sensory characteristics of non-starter lactobacilli strains with probiotic potential / M.M. Milesi, G. Vinderola, N. Sabbag, C.A. Meinardi, E. Hynes // Food research international. – 2009. – Vol. 42. – №. 8. – P. 1186-1196.
105. Di Cagno, R. Accelerated ripening of Caciocavallo Pugliese cheese with attenuated adjuncts of selected nonstarter lactobacilli / R. Di Cagno, I. De Pasquale, M. De Angelis, M. Gobbetti // Journal of Dairy Science. – 2012. – Vol. 95. – №. 1. – P. 4784-4795.
106. Vélez, M.A. Cheese Ripening: An Overview of Technological Strategies Towards Process Acceleration / M.A. Vélez, C. Bergamini, I.V. Wolf, G.H. Peralta, M.C. Perotti // Food Chemistry, Function and Analysis. – 2023. – Vol.73. – P. 103-135.
107. Satılmış, M.K. Revealing the proteolytic characteristics of lactobacillus, lacticaseibacillus, and lactiplantibacillus isolates by in vitro and in situ perspectives / M.K. Satılmış, H.İ. Öztürk, T. Demirci, B. Denктаş, N. Akın // Food Bioscience. – 2023. – Vol. 55. – A. 103086.
108. Hong-Xin, J. Influence of Lactobacillus casei LC2W on the proteolysis and aroma compounds of Cheddar cheese during ripening period / J. Hong-Xin, S. Mi-Ya, G. Guang-Yu // CyTA-Journal of Food. – 2015. – Vol. 13. – № 3. – P. 464-471.
109. Zomorodi, S.H. The Effect of Free and Encapsulated Lactobacillus casei as Adjunct Culture on the Proteolytic and Lipolytic Patterns of the Iranian White Cheese Produced by Ultrafiltration Technique / S.H. Zomorodi, A. Khosrowshahi, M.R. Rohani, H. Tajik, S. Miraghaei // Research of food Technology. – 2010. – Vol. 1389. – P. 117-133.

110. Rodrigues, D. Lipolysis in probiotic and synbiotic cheese: The influence of probiotic bacteria, prebiotic compounds and ripening time on free fatty acid profiles / D. Rodrigues, T.A.P. Rocha-Santos, A.M. Gomes, B.J. Goodfellow, A.C. Freitas // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 131. – № 4. – P. 1414-1421.
111. Mustafa, S.M. Effects of Agitation Speed and Kinetic Studies on Probiotication of Pomegranate Juice with *Lactobacillus casei* / S.M. Mustafa, L.S. Chua, H.A. El-Enshasy // Molecules. – 2019. – Vol. 24. – A. 2357.
112. Guo, Z. In vitro comparison of probiotic properties of *Lactobacillus casei* Zhang, a potential new probiotic, with selected probiotic strains / Z. Guo, J. Wang, L. Yan, W. Chen, X. Liu, H. Zhang // LWT-Food Science and Technology. – 2009. – Vol. 42. – № 10. – P. 1640-1646.
113. Balthazar, C.F. Probiotic Cheeses // Probiotic Foods and Beverages. Methods and Protocols in Food Science / C.F. Balthazar, J. Chamberland, M.C. Gentès. – New York: Humana, 2023. – P. 35-52.
114. Martín, I. Application of selected lactic-acid bacteria to control *Listeria monocytogenes* in soft-ripened «Torta del Casar» cheese / I. Martín, A. Rodríguez, J.J. Córdoba // LWT. – 2022. – Vol. 168. – A. 113873.
115. Rodi, J.O. Screening of anti-clostridial lactic acid bacteria strains isolated from uruguayan dairy farms. Journal of Microbiology / J.O. Rodi, M.J.G. Ramos, P.D. Gadea, S.M. Reginensi // Biotechnology and Food Sciences. – 2020. – Vol. 9(6). – P. 1170–1175.
116. Bancalari, E. *Lactobacillus paracasei* 4341 as adjunct culture to enhance flavor in short ripened Caciotta-type cheese / E. Bancalari, C. Montanari, A. Levante, M. Alinovi, E. Neviani, F. Gardini, M. Gatti // Food Research International. – 2020. – Vol. 135. – A. 109284.
117. Kieliszek, M. Characteristics of the proteolytic enzymes produced by lactic acid bacteria / M. Kieliszek, K. Pobiega, K. Piwowarek, A.M. Kot // Molecules. – 2021. – Vol. 26. – № 7. – A. 1858.
118. Pogačić, T. *Lactobacillus* and *Leuconostoc volatiliomes* in cheese conditions / T. Pogačić, M.B. Maillard, A. Leclerc, C. Hervé, V. Chuat, F. Valence,

A. Thierry // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2016. – Vol. 100. – P. 2335-2346.

119. Peralta G.H. Evaluation of volatile compounds produced by *Lactobacillus paracasei* I90 in a hard-cooked cheese model using solid-phase microextraction / G.H. Peralta, I.V. Wolf, C.V. Bergamini, M.C. Perotti, E.R. Hynes // *Dairy Science & Technology*. – 2014. – Vol. 94. – № 1. – P. 73-81.

120. Milesi, M.M. Impact of chymosin-and plasmin-mediated primary proteolysis on the growth and biochemical activities of lactobacilli in miniature Cheddar-type cheeses / M.M. Milesi, P.L.H. McSweeney, E.R. Hynes // *Journal of dairy science*. – 2008. – Vol. 91. – № 9. – P. 3277-3290.

121. Peralta, G.H. Spray-dried adjunct cultures of autochthonous non-starter lactic acid bacteria / G.H. Peralta, C.V. Bergamini, G. Audero, R. Páez, I.V. Wolf, M.C. Perotti, E.R. Hynes // *International journal of food microbiology*. – 2017. – Vol. 255. – P. 17-24.

122. Патент Франции № 2699097. Flavor-enhancing *lactobacillus rhamnosus* / L. Jimenez, G. Oeregaard, J. Trihaas, G.L. Buchhorn, D.M. Brandt, D.M. Folkenberg, B.V. Thage. – заявл. 08.04.2011, – опубл. 26.02.2014, – бюлл. 2014/09.

123. Mitropoulou, G. Pathogenic Biofilm Removal Potential of Wild-Type *Lacticaseibacillus rhamnosus* Strains / G. Mitropoulou, V. Kompoura, G. Nelios, Y. Kourkoutas // *Pathogens*. – 2023. – Vol. 12. – № 12. – A. 1449.

124. Tkhruni, F.N. Characteristic of bacteriocins of *Lactobacillus rhamnosus* BTK 20-12 potential probiotic strain / F.N. Tkhruni, A.E. Aghajanyan, T.R. Balabekyan, T.V. Khachatryan, K.J. Karapetyan // *Probiotics and antimicrobial proteins*. – 2020. – Vol. 12. – P. 716-724.

125. Rezaei, Z. Biofilm formation and antagonistic activity of *Lacticaseibacillus rhamnosus* (PTCC1712) and *Lactiplantibacillus plantarum* (PTCC1745) / Z. Rezaei, S. Khanzadi, A. Salari // *AMB Express*. – 2021. – Vol. 11. – P. 1-7.

126. Свириденко, Г.М. Исследование особенностей заквасочных микроорганизмов вида *Lactobacillus casei* с целью их использования в составе

бактериальных заквасок для сыров / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова // Переработка молока. – 2021. – № 10. – С. 38-42.

127. Reale, A. Tolerance of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* and *Lactobacillus rhamnosus* strains to stress factors encountered in food processing and in the gastro-intestinal tract / A. Reale, T. Di Renzo, F. Rossi, T. Zotta, L. Iacumin, M. Preziuso, R. Coppola // LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 60. – № 2. – P. 721-728.

128. Thierry, A. Strain-to-strain differences within lactic and propionic acid bacteria species strongly impact the properties of cheese—A review / A. Thierry, F. Valence, S-M. Deutsch, S. Even, H. Falentin, Y.L. Loir, G. Jan, V. Gagnaire // Dairy Science & Technology. – 2015. – Vol. 95. – P. 895-918.

129. Чечулин, П.В. Современное сыроделие для всех / П.В. Чечулин. – Москва: Litres, 2018. – 176 с.

130. Сорокина, Н.П. Из истории развития заквасочного дела в период со второй половины XIX века до середины XX века / Н.П. Сорокина // Сборник материалов международного специализированного семинара «Бактериальные закваски и биологические средства, применяемые в производстве ферментированных молочных продуктов в России». – Углич, 2005. – С. 107-117.

131. Свириденко, Г.М. Способы применения сухих бактериальных препаратов при производстве ферментированных молочных продуктов / Г.М. Свириденко // Сборник материалов международного специализированного семинара «Бактериальные закваски и биологические средства, применяемые в производстве ферментированных молочных продуктов в России». – Углич, 2005. – С. 31-37.

132. Свириденко, Г.М. Бактериальные концентраты: способы применения при производстве ферментированных молочных продуктов / Г.М. Свириденко // Молочная промышленность. – 2015. – № 6. – С. 25-28.

133. Сорокина, Н.П. Выбор бактериальных заквасок для ферментированной молочной продукции / Н.П. Сорокина, И.В. Кучеренко // Молочная промышленность. – 2016. – № 7. – С. 24-26.

134. Оноприйко, А.В. Сыроделие на мини-заводах и специализированных модулях / А.В. Оноприйко, В.А. Оноприйко. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. – 163 с.
135. Фурик, Н.Н. Производство заквасок для молочной промышленности / Н.Н. Фурик, Н.К. Жабанос, С. Василенко // Наука и инновации. – 2016. – Т. 6. – № 160. – С. 32-33.
136. Сафроненко, Л.В. Этапы технологии бактериальных заквасок / Л.В. Сафроненко, Е.В. Сафроненко // Агропанорама. – 2019. – № 1. – С. 33-38.
137. ГОСТ 34372–2017 Закваски бактериальные для производства молочной продукции Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 19 с.
138. Борисова, Г.В. Закваски для кисломолочных продуктов: классификация, характеристики, качество / Г.В. Борисова, Е.В. Ожиганова, Т.П. Бурыкина // Молочная промышленность. – 2008. – № 6. – С. 73–74.
139. Зипаев, Д.В. Биотехнология заквасок для молочной промышленности, культивирование микроорганизмов / Д.В. Зипаев, Л.В. Красникова // Молочная промышленность. – 2019. – № 8. – С. 32-34.
140. Патент РФ № 2157640. Способ получения концентрата молочнокислых бактерий для производства сыров / Н.П. Сорокина, Н.В. Суслов, Г.Д. Перфильев, Р.М. Мурашова. – заявл. 15.09.1998, – опубл. 20.10.2000, – бюлл. № 29.
141. Дымар, О.В. Производственные закваски. Часть 1. Основные понятия и подходы / О.В. Дымар, Н.П. Сорокина, Т.И. Дымар // Переработка молока. – 2024. – № 4. – С. 6-8.
142. Сорокина, Н.П. Дополнительные культуры в сыроделии. Нужны всегда, иногда или никогда? / Н.П. Сорокина, А.Л. Бруцкая // Сыроделие и маслоделие. – 2024. – № 1. – С. 40-46.
143. Сорокина, Н.П. Способы применения бактериальных заквасок и концентратов / Н.П. Сорокина, Е.В. Кураева // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 3. – С. 31-32.

144. Шералиева, Б.А. Бактериальные закваски в производстве кисломолочных продуктов / Б.А. Шералиева // Сборник тезисов VII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии». – Кемерово, 2019. – С. 202-203.

145. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»: принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года № 67; дата введения 01.05. 2014 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // Режим доступа: <https://docs. ntd. ru/document/499050562> (дата обращения: 25.12.2023).

146. Методические положения МП 020–2022 Методические положения по организации заквасочных отделений и приготовлению производственной закваски. – Углич: ВНИИМС, 2022. – 22 с.

147. Свириденко, Г.М. Получение активной и стабильной производственной закваски / Г.М. Свириденко // Переработка молока. – 2011. – № 6. – С. 30-32.

148. Свириденко, Г.М. Принципы подбора и входной контроль бактериальных заквасок / Г.М. Свириденко // Переработка молока. – 2015. – № 1. – С. 22-25.

149. Семенихина, В.Ф. В помощь микробиологу / В.Ф. Семенихина // Молочная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 26-26.

150. Патент РФ № 2580009. Способ культивирования молочнокислых бактерий в молоке / А.А. Кузин, Д.А. Кузина, В.А. Грунская. – заявл. 03.03.2015, опубл. 10.04.2016, бюлл. № 10.

151. Свириденко, Г.М. В помощь микробиологу / Г.М. Свириденко // Молочная промышленность. – 2008. – № 5. – С. 52-53.

152. Захарова М.Б. Разработка научных и практических аспектов технологии производства и применения питательной среды для приготовления закваски в сыроделии: автореф. дис. кан. наук. – Углич: 2006. – 24 с.

153. СТО ВНИИМС 010–2012. Молоко гидролизованное сухое. ТУ. – Углич: ГНУ ВНИИМС, 2012. – 18 с.
154. СТО 19862939-012–2014. Гидролизат молочных белков сухой «Лактопептон». – Углич: ГНУ ВНИИМС, 2014. – 15 с.
155. СТО ВНИИМС 001–2009. Автолизат дрожжевой сухой. – Углич: ГНУ ВНИИМС, 2009. – 11 с.
156. ГОСТ 25179–2015 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 11 с.
157. ГОСТ 5867–90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. – Москва: Стандартинформ, 1991. – 13 с.
158. ГОСТ 32255–2013 Молоко и молочные продукты. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 14 с.
159. ГОСТ 23453–2014 Молоко сырое. Методы определения соматических клеток. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 13 с.
160. ГОСТ 23454–2016 Молоко. Методы определения ингибирующих веществ. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
161. ГОСТ 32219–2013 Молоко и молочные продукты. Иммуноферментные методы определения наличия антибиотиков. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
162. ГОСТ 32901–2014 Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 25 с.
163. ГОСТ 32012–2012 Молоко и молочная продукция. Методы определения содержания спор мезофильных анаэробных микроорганизмов. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
164. ГОСТ Р 54669–2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 9 с.
165. ГОСТ 29246–91 Консервы молочные сухие. Методы определения влаги. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 6 с.

166. ГОСТ 33566–2015 Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 13 с.
167. ГОСТ 30347–2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения *Staphylococcus aureus*. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 17 с.
168. ГОСТ 33951–2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
169. МР 2.3.2.2327–08 Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности. Том I. – Углич: ФГБНУ ВНИИМС, 2015. – 174 с.
170. ГОСТ 28566–90 Продукты пищевые. Метод выявления и определения количества энтерококков. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 9 с.
171. ГОСТ 32892–2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 9 с.
172. ГОСТ Р 55063–2012 Сыры и сыры плавленые. Правила приемки, отбор проб и методы контроля. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 27 с.
173. ГОСТ Р 54662–2011 Сыры и сыры плавленые. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 15 с.
174. ГОСТ 33630–2015 Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 54 с.
175. Kuchroo, C.N. Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures / C.N. Kuchroo, P.F. Fox // *Milchwissenschaft*. – 1982. – Vol. 37. – P. 331–335.
176. ГОСТ 33527–2015 Молочные и молочные составные продукты для детского питания. Определение массовой доли моно- и дисахаридов с использованием капиллярного электрофореза. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 12 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ
 им. В.М. ГОРБАТОВА» РАН
 ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
 МАСЛОДЕЛИЯ И СЫРОДЕЛИЯ – ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО
 ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
 «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ
 им. В.М. ГОРБАТОВА» РАН

(ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

ОКПД2 10.89.19.330

ОКС 67.100.99



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИМС – филиала
 ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
 им. В.М. Горбатова» РАН

Г.Н. Рогов

2024 г.

**ЗАКВАСКИ БАКТЕРИАЛЬНЫЕ
 КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОЛИВИДОВЫЕ
 ДЛЯ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ**

Технические условия

ТУ 10.89.19-021-19862939–2024

Дата введения в действие – 24.06.2024

РАЗРАБОТАНО

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых
 систем» им. В.М. Горбатова» РАН

Заместитель директора по научной работе

Е.В. Топникова

Главный научный сотрудник, руководитель
 направления микробиологических исследова-
 ний молока и молочных продуктов

Г.М. Свириденко

Младший научный сотрудник направления
 микробиологических исследований молока и
 молочных продуктов

Д.С. Мамыкин

Научный сотрудник, руководитель направле-
 ния исследований по стандартизации и мет-
 рологии

Н.Н. Оносовская

Ярославская обл., г. Углич
 2024 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2823060

**Способ получения поливидовой бактериальной
концентрированной закваски для производства сыров
голландской группы**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых
систем им. В.М. Горбатова" РАН (RU)*

Авторы: *Свириденко Галина Михайловна (RU), Мамыкин Денис
Станиславович (RU), Шухалова Ольга Михайловна (RU),
Мордвинова Валентина Александровна (RU), Комарова
Татьяна Валентиновна (RU)*

Заявка № 2023135534

Приоритет изобретения 27 декабря 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 18 июля 2024 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 27 декабря 2043 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b6a0fe3b53164ba96f83b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов





Генеральный директор

ООО «Угличский сыродельно-молочный завод»

Е.В. Яшаева

« 15 » сентября 2024 г.

опытно-промышленной проверки сконструированной поливидовой
бактериальной концентрированной закваски для сыра, выработанного по
технологии Голландский с ускоренным сроком созревания

Токарева В.Е. – председатель комиссии, руководитель службы качества
ООО «Угличский сыродельно-молочный завод»;

Делицкая И.Н. – член комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки ВНИИМС, к.т.н.;

Мошкина Н.А. – член комиссии, ведущий инженер направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки ВНИИМС; составили настоящий акт о том, что 23 мая 2024 г. в условиях сыродельного цеха ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» проведена выработка сыра по технологии Голландский с использованием производственной закваски, приготовленной на основе поливидовой бактериальной концентрированной закваски для сыра, выработанного по технологии Голландский с ускоренным сроком созревания. Поливидовая бактериальная концентрированная закваска произведена в соответствии с ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров. Технические условия». Производственная закваска по показателям качества и безопасности соответствовала требованиям, изложенным в ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров. Технические условия».

Для выработки сыра использовали молоко коровье сырое, отвечающее требованиям ТР ТС 033/2013 и СТО ВНИИМС 019-2019.

В ходе выработки использовали нормализованную пастеризованную (при температуре $(73 \pm 1)^\circ\text{C}$ продолжительностью (23 ± 2) сек) молочную смесь в количестве 3000 кг с массовой долей жира 2,8 % и титруемой кислотностью – 17,0 °Т. В подготовленную к свертыванию смесь при температуре $(33 \pm 1)^\circ\text{C}$ вносили раствор кальция хлористого из расчета 35 г / 100 кг молока.

производственную бактериальную закваску в дозе 0,8 % от объема молока и сычужный молокосвертывающий фермент в дозе 6 см³ / 100 кг молока.

Для выработки сыра использовали производственную закваску, приготовленную на основе сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски для сыра, выработанного по технологии Голландский с ускоренным сроком созревания, состоящую:

- *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* – (30±1) %;
- *Lactococcus cremoris* – (30±1) %;
- *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* – (30±1) %;
- *Lactocaseibacillus casei* – (10±1) %.

Технологические приёмы и алгоритм действий соответствовали ТИ ГОСТ 32260-2013 «Сыр Голландский».

Созревание проходило в камерах с температурой воздуха (11±1) °С и относительной влажностью (85 ± 1) %. Головки сыра были упакованы в полимерные пакеты. Общая продолжительность созревания составила 60 суток в соответствии с требованиями ГОСТ 32260-2013.

Выработана партия сыра в количестве (280,3±0,1) кг с массовой долей жира в сухом веществе (45,0 ± 1,6) %.

Экспертную оценку по органолептическим показателям проводили через 30 и 60 суток созревания в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей» экспертной комиссией ВНИИМС, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов («Протокол заседания дегустационной комиссии от 24 июня 2024 г.» и «Протокол заседания дегустационной комиссии от 24 июля 2024 г.»).

В результате проведения опытно-промышленной проверки влияния сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски на качество и процесс созревания полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания, выработанного по технологии сыра Голландский, анализа результатов органолептических и физико-химических показателей выработанного сыра, комиссия установила следующее:

1. Использование сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски при выработке сыра Голландский по традиционной технологии позволяет получить высокие органолептические показатели за более короткий период созревания – 30 суток без использования дополнительных технологических приёмов;

2. Сыры, выработанные с использованием сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски соответствуют идентификационным органолептическим показателям сыра Голландский и обладают высокими потребительскими свойствами;

3. Полученные результаты дают основание для разработки ТИ на выработку сыра Голландский с ускоренным сроком созревания.

На основании результатов, полученных в ходе опытно-промышленной проверки, комиссия считает, что применение поливидовой бактериальной концентрированной закваски для сыра, выработанного по технологии Голландский с ускоренным сроком созревания, позволяет ускорить процесс

созревания полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания с получением высоких потребительских характеристик и закваска может быть рекомендована как для сыров, вырабатываемых по традиционным технологиям, так и для разработки новых с ускоренным сроком созревания.

Руководитель службы качества
ООО «Углинский сыродельно-молочный завод»



Токарева В.Е.

Начальник сыродельного цеха
ООО «Углинский сыродельно-молочный завод»



Воронова О.Н.

Старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки ВНИИМС, к.т.н.



Делицкая И.Н.

Младший научный сотрудник направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов ВНИИМС



Мамыкин Д.С.

Ведущий инженер направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки ВНИИМС



Мошкина Н.А.



ПРИКАЗЫВАЮ

Директор ВНИИМС – филиала

ФГБУ «ФНЦ пищевых с

им. В.М. Горбатова» РАН

Г.Н. РОГОВ

июня 2024 г.

ПРОТОКОЛ

заседания дегустационной комиссии от 24 июня 2024 г.

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

На дегустацию во ВНИИМС представлен один образец сыра «Голландский» в возрасте 30 суток, выработанный 23 мая 2024 г на ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» (Рыбинское ш., 22В, Углич, Ярославская обл., 152613).

Оценка сыра «Голландский» в возрасте 30 суток проводилась экспертной комиссией, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов, в составе:

Мордвинова В.А. – председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Остроухова И.Л. – секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделья и переработке сыворотки;

Делицкая И.Н. – член дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Шухалова О.М. – член дегустационной комиссии, младший научный сотрудник направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов;

Мошкина Н.А. — член дегустационной комиссии, ведущий инженер направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки.

Оценка произведена по 100-бальной шкале в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей».

При дегустации образец сыра получил следующую характеристику:

Наименование показателя	Характеристика	Балл
Упаковка и маркировка	Хорошая	5
Внешний вид	Головка сыра в пленочном покрытии, плотно прилегающем к поверхности головки	10
Вкус и запах	Умеренно выраженный сырный вкус и аромат, слабый кисловатый, слабый сливочный аромат	41
Консистенция	Хорошая, эластичная, слегка плотная	24
Рисунок	Равномерный, глазки правильной формы, среднего размера	10
Цвет теста	Слабо желтый	5
Итог	На основании общей органолептической оценки качества сыра «Голландский» в возрасте 30 суток, установленный сорт – высший	95

Председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки

 В.А. Мордвинова

Секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделения и переработке сыворотки

И.Л. Остроухова



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИМС – филиала
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН

Г.Н. Рогов

2024 г.

ПРОТОКОЛ

заседания дегустационной комиссии от 24 июля 2024 г.

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

На дегустацию во ВНИИМС представлен один образец сыра «Голландский» в возрасте 60 суток, выработанный 23 мая 2024 г на ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» (Рыбинское ш., 22В, Углич, Ярославская обл., 152613).

Оценка сыра «Голландский» в возрасте 60 суток проводилась экспертной комиссией, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов, в составе:

Мордвинова В.А. – председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворожки;

Остроухова И.Л. – секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворожки;

Делицкая И.Н. – член дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворожки;

Шухалова О.М. – член дегустационной комиссии, младший научный сотрудник направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов;

Мошкина Н.А. – член дегустационной комиссии, ведущий инженер направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворожки.

Оценка произведена по 100-бальной шкале в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей».

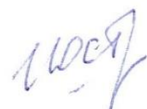
При дегустации образец сыра получил следующую характеристику:

Наименование показателя	Характеристика	Балл
Упаковка и маркировка	Хорошая	5
Внешний вид	Головка сыра в пленочном покрытии, плотно прилегающем к поверхности головки	10
Вкус и запах	Выраженный сырный вкус и аромат, кисловатый, слабый сливочный аромат	43
Консистенция	Отличная, эластичная, однородная	25
Рисунок	Равномерный, глазки правильной формы, среднего размера	10
Цвет теста	Слабо желтый	5
Итого	На основании общей органолептической оценки качества сыра «Голландский» в возрасте 60 суток, установленный сорт – высший	98

Председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворожки

 В.А. Мордвинова

Секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворожки

 И.Л. Остроухова

УТВЕРЖДАЮ:
 Генеральный директор
 ООО «Угличский сыродельно-молочный завод»
 _____ Е.В. Яшаева
 «15» сентября 2024 г.



АКТ

опытно-промышленной проверки сконструированной поливидовой
 бактериальной концентрированной закваски для сыра Российский

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе:

Токарева В.Е. – председатель комиссии, руководитель службы качества
 ООО «Угличский сыродельно-молочный завод»;

Воронова О.Н. – член комиссии, начальник сыродельного цеха
 ООО «Угличский сыродельно-молочный завод»

Делицкая И.Н. – член комиссии, старший научный сотрудник направления
 исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки ВНИИМС,
 к.т.н.;

Мамыкин Д.С. – член комиссии, младший научный сотрудник направления
 микробиологических исследований молока и молочных продуктов ВНИИМС;

Мошкина Н.А. – член комиссии, ведущий инженер направления
 исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки ВНИИМС;

составили настоящий акт о том, что 31 мая 2024 г. в условиях сыродельного цеха
 ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» проведена выработка сыра по
 технологии Российский с использованием производственной закваски,
 приготовленной на основе поливидовой бактериальной концентрированной
 закваски для сыра Российский. Поливидовая бактериальная концентрированная
 закваска произведена в соответствии с ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски
 бактериальные концентрированные поливидовые для полутвердых сыров.
 Технические условия». Производственная закваска по показателям качества и
 безопасности соответствовала требованиям, изложенным в ТР ТС 033/2013 «О
 безопасности молока и молочной продукции» и
 ТУ 10.89.19-021-19862939–2024 «Закваски бактериальные концентрированные
 поливидовые для полутвердых сыров. Технические условия».

Для выработки сыра использовали молоко коровье сырое, отвечающее
 требованиям ТР ТС 033/2013 и СТО ВНИИМС 019-2019.

В ходе выработки использовали нормализованную пастеризованную (при
 температуре $(73 \pm 1)^\circ\text{C}$ продолжительностью (23 ± 2) сек) молочную смесь в
 количестве 3000 кг с массовой долей жира 3,0 % и титруемой кислотностью –
 $17,5^\circ\text{T}$. В подготовленную к свертыванию смесь при температуре $(33 \pm 1)^\circ\text{C}$
 вносили раствор кальция хлористого из расчета 35 г / 100 кг молока,
 производственную бактериальную закваску в дозе 1,2 % от объема молока и
 сычужный молокосвертывающий фермент в дозе 6 см^3 / 100 кг молока.

Для выработки сыра использовали производственную закваску, приготовленную на основе сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски для сыра Российский:

- *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* – (30±1) %;
- *Lactococcus cremoris* – (40±1) %;
- *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* – (30±1) %;

Технологические приёмы и алгоритм действий соответствовали ТИ ГОСТ 32260-2013 «Сыр Российский».

Созревание проходило в камерах с температурой воздуха (11±1) °С и относительной влажностью (85 ± 1) %. Головки сыра были упакованы в полимерные пакеты. Общая продолжительность созревания составила 60 суток в соответствии с требованиями ГОСТ 32260-2013.

Выработана партия сыра в количестве (274,3±0,1) кг с массовой долей жира в сухом веществе (50,0 ± 1,6) %.

Экспертную оценку по органолептическим показателям проводили через 30 и 60 суток созревания в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей» экспертной комиссией ВНИИМС, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов «Протокол заседания дегустационной комиссии от 01 июля 2024 г.» (Приложение В 5) и «Протокол заседания дегустационной комиссии от 30 июля 2024 г.» (Приложение В 6).

В результате проведения опытно-промышленной проверки влияния сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски на качество и процесс созревания полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания, выработанного по технологии сыра Российский, анализа результатов органолептических и физико-химических показателей выработанного сыра, комиссия установила следующее:

1. Сыры, выработанные с использованием сконструированной поливидовой бактериальной концентрированной закваски соответствуют идентификационным органолептическим показателям сыра Российский и обладают высокими потребительскими свойствами;

2. Применение поливидовой бактериальной концентрированной закваски может быть рекомендовано для сыров российской группы с различной продолжительностью созревания.

Руководитель службы качества ООО
«Угличский сыродельно-молочный завод»

Начальник сыродельного цеха ООО
«Угличский сыродельно-молочный завод»

Старший научный сотрудник направления
исследований по технологии сыроделия и
переработке сыворотки ВНИИМС, к.т.н.

Младший научный сотрудник направления
микробиологических исследований молока и
молочных продуктов ВНИИМС

Ведущий инженер направления
исследований по технологии сыроделия и
переработке сыворотки ВНИИМС

Токарева В.Е.

Воронова О.Н.

Делицкая И.Н.

Мамыкин Д.С.

Мошкина Н.А.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ВНИИМС – филиала
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН
Г.Н. Рогов
2024 г.

ПРОТОКОЛ

заседания дегустационной комиссии от 1 июля 2024 г.

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

На дегустацию во ВНИИМС представлен один образец сыра «Российский» в возрасте 30 суток, выработанный 31 мая 2024 г на ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» (Рыбинское ш., 22В, Углич, Ярославская обл., 152613).

Оценка сыра «Российский» в возрасте 30 суток проводилась экспертной комиссией, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов, в составе:

Мордвинова В.А. – председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Остроухова И.Л. – секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Делицкая И.Н. – член дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Шухалова О.М. – член дегустационной комиссии, младший научный сотрудник направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов;

Мошкина Н.А. – член дегустационной комиссии, ведущий инженер направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки.

Оценка произведена по 100-бальной шкале в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей».

При дегустации образец сыра получил следующую характеристику и оценку:

Наименование показателя	Характеристика	Баллы
Упаковка и маркировка	Хорошая	5
Внешний вид	Головка сыра в пленочном покрытии, плотно прилегающем к поверхности головки	10
Вкус и запах	Умеренно выраженный сырный вкус и аромат, умеренный сливочный аромат, кисловатый, слабо соленый	40
Консистенция	Удовлетворительная, эластичная, слегка плотная, слегка резинистая	23
Рисунок	Равномерный, глазки неправильной угловатой формы, равномерно расположенных по всей массе	10
Цвет теста	Светло-желтый	5
Итог	На основании общей органолептической оценки качества сыра «Российский» в возрасте 30 суток, установленный сорт – высший	93

Председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки

Jan В.А. Мордвинова

Секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки

И.Л. И.Л. Остроухова



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИМС – филиала
ФГБНУ «ФИЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН

Г.Н. РОГОВ

2024 г.

ПРОТОКОЛ

заседания дегустационной комиссии от 30 июля 2024 г.

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

На дегустацию во ВНИИМС представлен один образец сыра «Российский» в возрасте 60 суток, выработанный 31 мая 2024 г на ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» (Рыбинское ш., 22В, Углич, Ярославская обл., 152613).

Оценка сыра «Российский» в возрасте 60 суток проводилась экспертной комиссией, состоящей из аттестованных экспертов-дегустаторов, в составе:

Мордвинова В.А. — председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Остроухова И.Л. – секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Делицкая И.Н. – член дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки;

Шухалова О.М. – член дегустационной комиссии, младший научный сотрудник направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов;

Мошкина Н.А. – член дегустационной комиссии, ведущий инженер направления исследований по технологии сыроделения и переработке сыворотки.

Оценка произведена по 100-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей».

При дегустации образец сыра получил следующую характеристику и оценку:

Наименование показателя	Характеристика	Баллы
Упаковка и маркировка	Хорошая	5
Внешний вид	Головка сыра в пленочном покрытии, плотно прилегающем к поверхности головки	10
Вкус и запах	Выраженный сырный вкус и аромат, умеренный сливочный аромат, кисловатый, слабо соленый	43
Консистенция	Хорошая, эластичная, слегка плотная	24
Рисунок	Равномерный, глазки неправильной угловатой формы	10
Цвет теста	Светло-желтый	5
Итого	На основании общей органолептической оценки качества сыра «Российский» в возрасте 60 суток, установленный сорт – высший	97

Председатель дегустационной комиссии, ведущий научный сотрудник, руководитель направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворо́тки

В.А. Мордвинова

Секретарь дегустационной комиссии, старший научный сотрудник направления исследований по технологии сыроделия и переработке сыворотки

И.Л. Остроухова



ДИПЛОМ


НАГРАЖДАЕТСЯ

Мамыкин Денис Станиславович

за лучшую научно-исследовательскую работу в
рамках XIV Международной конференции
молодых учёных и специалистов

**"СОВРЕМЕННЫЕ ПИЩЕВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГЛАЗАМИ
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ: ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
И ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"**

Директор
ФГБНУ "ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова" РАН, д.т.н.

 О.А. Кузнецова

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок —
филиал ФГБНУ "ФНЦ пищевых систем им.В.М.Горбатова" РАН

26-27 августа 2021
Санкт-Петербург



ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

**Мамыкин Денис
Станиславович**

ЗА ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ
В РАМКАХ XV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

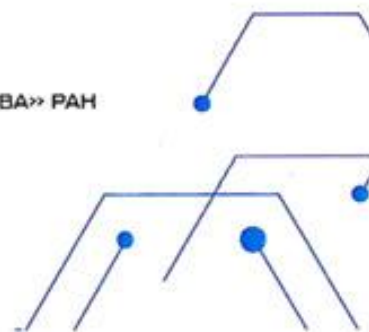
**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И СОВРЕМЕННЫЕ
РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ»**

Директор
ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН

О.А. Кузнецова

ФГБНУ «ФНЦ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ ИМ. В.М. ГОРБАТОВА» РАН

20-22 СЕНТЯБРЯ 2022
МОСКВА



ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА
ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
молочной промышленности»
ФГБНУ "ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»



Диплом

участника

конкурса научно-исследовательских работ
в сфере молочной отрасли

Мамыкин Денис Станиславович

Ректор
ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА

Н.Г. Малков

Директор ФГАНУ «ВНИМИ»

А.Г. Галстян

Директор ВНИИМС - филиал
ФГБНУ "ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН

Е.В. Топникова

Декан факультета пищевой инженерии и биотехнологий
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

Н.П. Оботурова

г. Вологда
28 октября 2021 года



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

БЛАГОДАРНОСТЬ

ОБЪЯВЛЯЕТСЯ

МАМЫКИНУ
Денису Станиславовичу

*младшему научному сотруднику филиала
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН*

За значительный вклад в развитие научной сферы,
высокие достижения и успехи

Статс-секретарь
заместитель Министра



П.А. Кучеренко

Приказ от 30 декабря 2021 г. № 411 к/п