

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

ШИШКИНА АНАСТАСИЯ НИКОЛАЕВНА

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И
БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРМИЗИРОВАННЫХ СЫРОВ ДЛЯ ПИЦЦЫ

4.3.3 – Пищевые системы

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
Свириденко Галина
Михайловна

Углич – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1 Мировой опыт применения сыров для пиццы.....	12
1.1.1 Использование натуральных сыров для производства пиццы.....	13
1.1.2 Использование молокосодержащих продуктов для производства пиццы.....	16
1.2 Функциональные характеристики как основные критерии оценки пригодности сыров для пиццы и методы их контроля.....	23
1.2.1 Измельчаемость.....	23
1.2.2 Растворимость сырной нити.....	25
1.2.3 Плавимость	31
1.2.4 Образование блистеров и сгораемость сыров при выпечке пиццы.....	35
1.2.5. Выделение свободного жира.....	37
1.3 Заключение по обзору литературы.....	39
ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	41
2.1 Организация работы.....	41
2.2 Объекты исследований.....	42
2.3 Методы исследований.....	43
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	47
3.1 Разработка шкалы оценки органолептических и функциональных характеристик сыров для пиццы.....	47
3.2 Исследование различных групп натуральных сыров как сырья для производства пиццы.....	58
3.3 Разработка технологии и критериев оценки качества и безопасности термизированных сыров для пиццы.....	61
3.3.1 Исследование влияния температурных режимов производства на органолептические, физико-химические, реологические параметры и	

функциональные характеристики сыров для пиццы.....	61
3.3.2 Влияние температурных режимов термомеханической обработки и заквасочной микрофлоры сыров-сырья на показатели микробиологической безопасности термизированных сыров для пиццы.....	70
3.3.3 Исследование влияния массовой доли эмульгирующей соли на показатели качества и функциональные характеристики термизированных сыров.....	74
3.3.4 Исследование влияния термомеханической обработки и режимов охлаждения на показатели качества и функциональные характеристики термизированных сыров для пиццы.....	78
3.3.5 Исследование влияния содержания лактозы и молочной кислоты на сгораемость термизированных сыров при выпечке пиццы	84
3.3.6 Влияние содержания белка на функциональные характеристики термизированных сыров.....	86
3.3.7 Влияние массовой доли жира в сухом веществе на функциональные характеристики термизированных сыров.....	89
3.4 Исследование изменений показателей качества и функциональных характеристик различных групп натуральных сыров после термомеханической обработки.....	91
3.5 Исследование возможности применения замороженного сыра-сырья при производстве термизированных сыров для пиццы.....	106
3.6 Хранимоспособность термизированных сыров для пиццы.....	108
3.7 Разработка документации по стандартизации на термизированные сыры для пиццы	116
3.8 Производственная проверка результатов исследования	118
3.9 Оценка экономической эффективности производства термизированных сыров для пиццы.....	120
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	124
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	127

Приложение А. Диплом за лучшую научно-исследовательскую работу.....	146
Приложение Б. Вопросы социологического опроса.....	147
Приложение В. Профилограммы функциональных характеристик различных видовых групп натуральных сыров.....	148
Приложение Г. Технологическая схема производства термизированных сыров для пиццы.....	151
Приложение Д. Титульный лист ГОСТ Р 59212-2020.....	153
Приложение Е. Титульный лист ТТИ ГОСТ Р 59212-001.....	154
Приложение Ж. Акт опытно-промышленной проверки.....	155

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В последние годы неуклонно растет рынок продуктов в сегменте HoReCa, лидирующее положение среди которых занимает пицца. Пицца является широкодоступным для массового потребления продуктом быстрого питания. Эксперты оценивают мировой бизнес пиццы примерно в 204,1 млрд. евро. Аналитики отмечают ежегодное увеличение рынка продаж пиццы на 10 %, а в период пандемии рост продаж составил более 70 %.

Существует огромное разнообразие начинок для пиццы, но сыр является неизменным и необходимым ее компонентом. В мировой практике насчитывается более 5000 видов сыров, но только около десятка видов используются при приготовлении пиццы. Для производства пиццы применяют как натуральные сыры, так и сыры целевого назначения. Объем целенаправленного производства сыров для пиццы имеет тенденцию к росту, в среднем прирост за год составляет 7-10 %.

Наряду с общими требованиями, предъявляемые к продуктам сыротделения, такими как безопасность, качество и хранимоспособность, сыры, применяемые для производства пиццы, должны обладать особыми функциональными характеристиками, которые обеспечивают после выпечки на поверхности пиццы расплавленную эластичную текстуру и привлекательный внешний вид. В перечень необходимых функциональных характеристик входят: натираемость, плавимость, растяжимость сырной нити, сгораемость, образование блистеров и выделение свободного жира.

Использование натуральных сыров для производства пиццы, является ограниченно доступным для населения из-за их высокой стоимости. В то же время, как в зарубежных, так и в российских литературных источниках не найдены оценочные данные пригодности тех или иных видов натуральных сыров для производства пиццы. Отсутствуют данные о влиянии состава сыров, в том числе содержания лактозы, белков и жира, включая продукты их гидролиза, на формирование требуемых функциональных характеристик.

В настоящее время существует проблема, связанная с установлением особых требований к сырам для HoReCa. Так, сыры и молокосодержащие продукты, выработанные по технологии натуральных и плавленых сыров, широко предлагаемые на рынке, чаще всего, не обладают необходимыми функциональными характеристиками. Поэтому актуальным направлением исследований является разработка критериев оценки пригодности сыров для производства пиццы.

Степень разработанности темы. Исследованиями функциональных характеристик различных групп натуральных и плавленых сыров занимались многие отечественные ученые: Свириденко Ю.Я., Соколова Н.Ю., Свириденко Г.М., Мордвинова В.А., Калабушкин В.В., Бабкина Н.Г., Мусина О.Н., а также ряд зарубежных исследователей, в том числе Shah R., Guinee T.P., Młynek K., Kindstedt P.S., Ma Xixiu, и др.

Целью работы является исследование комплекса необходимых функциональных характеристик и разработка критериев оценки показателей качества и безопасности термизированных сыров для пиццы.

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

1. Научно обосновать перечень критериев оценки функциональных и органолептических характеристик, учитывающих особенности производства сыров для пиццы на базе потребительских предпочтений, анализе показателей качества и безопасности различных видовых групп сыров и разработать шкалу комплексной оценки сыров для пиццы.

2. Исследовать функциональные характеристики различных групп натуральных сыров, включающие натираемость, плавимость, растяжимость сырной нити, сгораемость, образование блистеров и выделение свободного жира, необходимые для производства пиццы.

3. Установить влияние технологических режимов производства термизированных сыров на их функциональные характеристики, качество и безопасность. Исследовать содержания патогенных, условно-патогенных,

санитарно-показательных и технически значимых групп микроорганизмов сырья и установить допустимые нормы микробиологической безопасности для термизированных сыров с учетом особенностей их производства.

4. Установить влияния содержания лактозы, молочной кислоты, белка, жира и эмульгирующих солей на формирование показателей качества термизированных сыров для пиццы.

5. Исследовать влияние низкотемпературных режимов хранения на показатели качества и безопасности термизированных сыров.

6. Разработать комплект документации по стандартизации, включающий ГОСТ Р и Типовую технологическую инструкцию на термизированные сыры для пиццы. Провести апробацию результатов исследования в промышленных условиях и оценить экономическую эффективность производства ТС, соответствующих разработанным критериям.

Научная новизна.

- Доказано, что сыры для пиццы должны обладать комплексом функциональных характеристик, таких как натираемость, растяжимость сырной нити, плавимость, образование блистеров, сгораемость, выделение свободного жира.
- В результате исследований функциональных характеристик различных видовых групп натуральных сыров определена их пригодность (или не пригодность) для производства пиццы.
- Теоретически и экспериментально обоснована разработка новой категории сыров – сыры для пиццы термизированные.
- Установлена зависимость микробиологической обсемененности термизированных сыров от микрофлоры сыра-сырья и режимов термомеханической обработки и регламентированы нормы показателей микробиологической безопасности термизированных сыров для пиццы.
- Получены новые знания о влиянии технологических режимах производства (температуры термомеханической обработки, массовой доли эмульгирующей соли, режимов термомеханической обработки и охлаждения) и

состава сырья (массовой доли белка, жира в сухом веществе, лактозы, молочной кислоты) на функциональные характеристики термизированных сыров.

- Научно обоснованы технологические режимы производства, состав и критерии качества термизированных сыров для пиццы.
- Показана возможность использования приема замораживания термизированных сыров для продления сроков годности и их дальнейшего использования при производстве пиццы.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается:

- в обосновании требований к новой категории сыров – сыры для пиццы термизированные, включающих: оптимизацию состава сырья и технологических параметров производства;
- установление связи между показателями микробиологической безопасностью термизированных сыров, микрофлорой сыра-сырья и режимами термомеханической обработки;
- установление комплекса функциональных характеристик, необходимых для производства пиццы.

Практическая значимость работы заключается в разработке:

- шкалы оценки органолептических показателей и функциональных характеристик сыров для пиццы;
- общих требований к термизированным сырам в ГОСТ Р 59212-2020 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия»;
- базовой технологии термизированных сыров, оформленной в виде Типовой технологической инструкции по производству ТТИ ГОСТ Р 59212-001, предназначенной для сыродельных предприятий.

Осуществлена опытно-промышленная апробация технологии производства термизированных сыров на ООО «Угличский сыродельно-молочный завод». Проведен расчет экономической эффективности и доказана целесообразность производства термизированных сыров для пиццы.

Результаты работы использовались при выполнении государственного задания № FNEN-2019-0011 «Разработать технологию новой группы термизированных сыров и молокосодержащих продуктов, в том числе с заменителем молочного жира, произведенных по технологии термизированных сыров, с направленными функциональными свойствами».

Положения, выносимые на защиту:

- разработка шкалы оценки органолептических показателей и функциональных характеристик сыров для пиццы с учетом результатов проведенного социологического опроса;
- установление пригодности различных видовых групп натуральных сыров для производства пиццы, с учетом комплекса функциональных характеристик;
- теоретическое и экспериментальное обоснование целесообразности разработки новой категории сыров с определенными функциональными характеристиками и разработка требований к их безопасности и качеству;
- результаты экспериментальных исследований влияния сырьевого состава термизированных сыров, технологических режимов производства и хранения на микробиологическую безопасность, качество и функциональные характеристики термизированных сыров для пиццы;
- установление целесообразности внедрения разработанной базовой технологии термизированных сыров с определенными функциональными характеристиками на молокоперерабатывающих предприятиях, производящих продукцию для HoReCa.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных данных подтверждается проведением экспериментов не менее чем в 5-и кратной повторности с применением стандартизованных и специальных методов анализа, а также статистической обработкой результатов исследований с использованием пакета программ Microsoft Excel 2010, пакета Stadia 8.0 и пакета Statistica 10.0. Оптимизацию параметров производства термизированных сыров для пиццы проводили с помощью регрессионного анализа, Гауссовой функции, значимость полученных уравнений – с помощью дисперсионного анализа

(ANOVA). Результаты математической обработки выполнены с доверительной вероятностью Р=0,95.

Основные результаты работы были представлены и обсуждены на конференциях:

- Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективы российской молочной отрасли в новой экономической реальности» (Сочи, 2021);
- Международная научно-практическая конференция «Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства» (Углич, 2021);
- XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Современные пищевые тенденции глазами молодых ученых: перспективы, инновации и перспективные технологии» (Санкт-Петербург, 2021);
- 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);
- VI Международная научно-практическая молодежная конференция «Пищевые технологии будущего»» (Москва, 2024);
- IX Международная научно-практическая конференция «Современные достижения биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты» (Ставрополь, 2024);

- XVIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Будущее на тарелке: технологии, которые формируют индустрию» (Москва, 2025).

Результаты работы отмечены дипломом РАН в номинации «Лучшая научно-исследовательская работа» (Москва, 2022) (Приложение А).

Публикации. По материалам докторской диссертации опубликовано 30 печатных работ, в том числе: 2 – в международных изданиях, входящих в научометрические базы Scopus и WoS, 10 – в периодических изданиях, рецензируемых ВАК Министерства науки и высшего образования, 18 – в материалах конференций и журналах, индексируемых РИНЦ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, основных результатов, выводов и списка использованной литературы, содержащего 158 источников. Работа изложена на 156 страницах и включает 37 таблиц, 36 рисунков и 7 приложений.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует пунктам 5, 11, 16 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», 16. «Обоснование и регламентирование показателей безопасности пищевой продукции и технологических процессов».

ГЛАВА 1 ОБЗОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Мировой опыт применения сыров для пиццы

Пицца, традиционное итальянское блюдо, имеющее глубокие исторические корни, в настоящее время является одним из наиболее популярных продуктов быстрого питания в мире. В 2023 году объем мирового рынка пиццы оценивался примерно в 233 миллиардов долларов США, и продолжает расти до настоящего времени [1, 2].

Основным и необходимым компонентом пиццы является сыр. Интерес к разработке и производству сыров для сегмента HoReCa возрастает с каждым годом. Динамика изменения объема мирового рынка сыров для пиццы представлена на рисунке 1.1 [3-5].

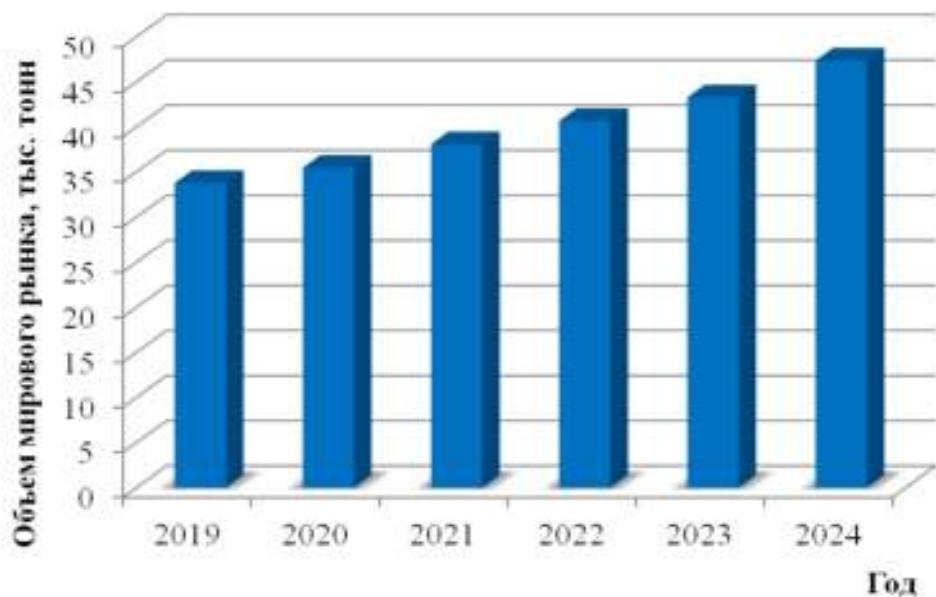


Рисунок 1.1 – Объем мирового рынка сыров для пиццы

Традиционно для производства пиццы используются различные виды натуральных сыров. Однако далеко не все виды из данной категории сыров обеспечивают необходимые функциональные характеристики после выпечки пиццы и делают продукт недоступным для широкого потребления ввиду высокой стоимости. Плавленые сыры не применяют для приготовления пиццы, так как они

не обладают необходимым комплексом функциональных характеристик. Исключение составляют копченые колбасные сыры, которые могут быть применены как дополнительный компонент для обогащения вкуса и запаха готовой пиццы. В настоящее время с целью увеличения доступности и расширения ассортимента при производстве пиццы стали применять сыры сложного сырьевого состава или молокосодержащие продукты, произведенные по технологии натуральных сыров [3, 4].

1.1.1 Использование натуральных сыров для производства пиццы

Традиционно при производстве пиццы применяют полутвердый или мягкий сыр Моцарелла, который обладает нежной консистенцией и эластичностью, отлично сочетается со всеми компонентами начинки. Подсчитано, что потребление сыра Моцарелла при приготовлении пиццы составляет около 70 %, и потребность в нем на мировом рынке значительно растет [6-9].

Имеющиеся в продаже виды Моцареллы классифицируются по уровню влажности и типу используемого молока. Моцарелла Fiordilatte из коровьего молока и Моцарелла di Bufala из молока буйволиц с содержанием влаги 52 % и более, также называемые «свежей Моцареллой», имеют короткий срок хранения и чаще используются при приготовлении салатов и непосредственного употребления. Производители пиццы предпочитают использовать Моцареллу, называемую «Pizza mozzarella», с содержанием влаги от 42 % до 45 % и более длительным сроком хранения [10, 11]. Постоянно растущий интерес пищевой промышленности к этому типу Моцареллы привел к разработке многочисленных инноваций, заключающихся в совершенствовании технологического процесса производства сыра, оптимизации состава и структуры [11, 12].

Преимущество Моцареллы – отсутствие выраженного сырного вкуса и пряного запаха при высокотемпературной обработке. Для производителей пиццы важно, что Моцарелла сохраняет эластичность лучше, чем любой другой сыр, хорошо плавится и формирует плотную упругую нить после

высокотемпературной обработки. Однако было подсчитано, что в США только 30 % всего используемого сыра для пиццы — это натуральная Моцарелла [6, 13, 14].

Одним из популярных сыров для приготовления пиццы является Пармезан. Сыр отличается пикантным вкусом и продолжительным послевкусием. Обычно твердый сыр плохо плавится. Пармезан раскрывает вкус мясной начинки (на основе курицы или бекона), поэтому иногда мелко тертым сыром Пармезан сдабривают готовую горячую пиццу. Часто Пармезан выступает как один из нескольких видов сыра в начинке [15, 16, 17].

Аутентичные выдержаные итальянские твердые сыры служат дополнением к любой пицце, они добавляют завершающий штрих, который придает пицце «блеск». Однако из-за их деликатного вкуса и сухости они требуют специального режима приготовления. Во многих пиццериях эти сыры подаются в измельченном виде к готовой пицце, чтобы сохранить его вкус [4, 18, 19].

Среди сыров, пригодных для пиццы, производители выделяют Проволоне, Чеддер, Грюйер, Эмменталь, Пекорино Романо, Пармиджано Реджано, Грана Падано и Рикотту.

Прекрасным дополнением к любому рецепту пиццы является Чеддер. Чеддер — один из наиболее популярных видов сыра для пиццы и его производство занимает второе место в мире после Моцареллы. Производители предлагают Чеддер с разным содержанием жира, влаги и соли, что позволяет подобрать идеальный сыр для различных целей, в том числе кулинарных [4, 20, 21].

Чеддер усиливает вкус практически всех ингредиентов пиццы. Его слегка пряный вкус и запах отлично подходят для рецептов, нуждающихся в чем-то особенном. Чеддер часто используют вместе с Моцареллой. В этом случае на пицце образовывается румяная корочка и длинные тонкие сырные нити [4, 21, 22].

Ученые Окландского университета [23] исследовали сыры: Моцарелла, Чеддер, Эдам, Эмменталь, Колби, Проволоне и Грюйер с целью оценки их пригодности для приготовления пиццы. Установлено, что Чеддер, Колби и Эдам

не образовывали блистеры на пицце из-за их ограниченной эластичности. При выпечке пиццы с сырами Грюйер и Проволоне наблюдалось менее интенсивное потемнение поверхности в сравнении с другими исследованными сырами, что связано с выделением достаточного количества свободного жира, которое предотвращает испарение влаги. Моцарелла обладает высокой эластичностью, уникальной растяжимостью, поэтому она часто используется в качестве начинки для пиццы, но она легко подгорает. Ученые в своем исследовании пришли к выводу, что Моцареллу можно сочетать с любым из шести других исследованных сыров, чтобы создать нужное количество блистеров и менее обгоревший вид [23].

Для приготовления пиццы широко применяют сыр Качотта. Качотта по традиционной технологии — это итальянский мягкий сыр на основе овечьего молока в смеси с коровьим, относится к самопрессующимся сырам с высоким содержанием влаги. Данный сыр часто продается свежим (пятидневной выдержки) и называется Caciotta Fresca, который обладает легким, молочным, немного сладким вкусом. Существуют также более зрелые разновидности - возрастом до 3 месяцев, они обладают сладко-острым вкусом и плотной консистенцией. В России Качотту производят из коровьего молока и используют в основном для производства продуктов быстрого питания в HoReCa. Качотта отлично плавится и придает привлекательный внешний вид пицце [24, 25].

Для приготовления некоторых пицц используют сыры с плесенью, такие как Бри, Рокфор и Горгонзола. Эти сыры имеют острый, пикантный вкус и интенсивный аромат и придают пицце оригинальность вкуса, но сочетаются не со всеми начинками. Повара (пиццайолло) советуют выпекать пиццу с использованием данной группы сыров при низких температурах 160-190 °C, чтобы избежать горечи [21, 26].

Рогов В.С. с соавторами [27] изучали влияние разновидностей сыра на органолептические показатели классической пиццы. В качестве основного ингредиента были исследованы следующие сыры: рассольные Моцарелла и Сулугуни; мягкий Адыгейский; полутвердые Маасдам, Российский и Гауда; твердый Пармезан; Дор блю с голубой плесенью; плавленый колбасный

копченый. В результате проведенных органолептических исследований пиццы с выбранными сырами установлено, что наилучшими образцами являются пиццы с сырами Пармезан, Адыгейский и колбасный копченый (средняя оценка (из 100 баллов): 92,9; 92,9 и 93,1 соответственно) [27]. В данной работе не был исследован комплекс функциональных характеристик, которые определяют пригодность сыров для производства пиццы.

Ученые «Сибирского НИИ сырodelия» [28] разработали полутвердый сыр для пиццы «Мажор». Сыр производили по ускоренной технологии получения полутвердого сыра Чеддер. Сокращение времени технологических операций достигли путем комбинированного подкисления (органическая кислота и бактериальная закваска) и оптимальных температурно-влажностных и временных режимов. Сыр «Мажор» обладает выраженным сырным вкусом и запахом, после выпечки пиццы образует длинные сырные нити [28]. Исследователи не описали поведение сыра при измельчении и плавлении, кроме растяжимости сырной нити.

Таким образом, для производства пиццы чаще применяют твердые и полутвердые сыры, сыры с чеддеризацией сырной массы. В настоящее время ведутся разработки новых сыров для пиццы. Большинство ученых сосредоточены на органолептических свойствах сыров в готовой пицце, но игнорируют необходимые функциональные характеристики. Кроме того, применение натуральных сыров при производстве пиццы приводит к высокой цене готового продукта и ограничению круга покупателей.

1.1.2 Использование молокосодержащих продуктов для производства пиццы

В сегменте HoReCa для удешевления пиццы стали чаще использовать молокосодержащие продукты с направленными функциональными характеристиками, и интерес к ним в последнее время достаточно высок [29, 30]. В зарубежной и отечественной литературе вместо термина «молокосодержащий

продукт» встречаются термины «аналог сыра», «сырный продукт» и «имитационный сыр» [31, 32].

Эксперты молочной отрасли и сегмента HoReCa, а также аналитики компании MegaResearch утверждают, что доля молокосодержащих продуктов на рынке сыров для пиццы составляет более 60 % [33, 34, 35]. В 2023 году Росконтроль провели исследования сыров на пицце семи служб доставки. В результате выявлено, что во всех пиццах вместо натурального сыра был использован молокосодержащий продукт, выработанный по технологии натурального сыра [30].

Активно применяют для приготовления пиццы имитационные сыры. Как правило, белковые ингредиенты в имитационных сырах включают сычужные казеины, казеинаты в сочетании с молочным жиром и/или растительными жирами. Вышеперечисленные ингредиенты объединяют с эмульгирующими солями и используют технологические приемы производства плавленого сыра, что приводит к получению более стабильной текстуры продукта, чем у натуральных сыров, но может оказывать негативное влияние на функциональные свойства [13, 14, 37-41].

Отечественные и зарубежные ученые разрабатывали молокосодержащие продукты для приготовления пиццы, произведенные по различным технологиям с разнообразными сырьевыми компонентами.

Shah R. с соавторами [42] стандартизировали процесс производства аналога сыра Моцарелла с использованием сычужного казеина и высокожирных сливок в качестве источников белка и жира соответственно. Рецептура состояла из 25 % сливок (массовая доля жира 72 %), 27 % сычужного казеина, 3 % цитрата натрия в качестве эмульгирующей соли, 2 % мальтодекстрина в качестве связующего вещества, 0,6 % молочной кислоты в качестве регулятора pH, 1 % поваренной соли, 1 % ароматизатора сыра Моцарелла и 40,4 % воды. Процесс производства включал смешивание компонентов и нагрев до 80 °C до получения пластичной сырной массы. Аналог Моцареллы формировали в виде шара, охлаждали и упаковывали в полиэтиленовый пакет. Готовый продукт подвергали измельчению

и выпеканию на пицце для исследования его функциональных характеристик таких, как плавимость, растяжимость и образование блистеров. Данный продукт соответствовал требованиям к сыру для пиццы и обладал необходимыми характеристиками после выпечки по исследованным функциональным свойствам [42].

Guinee T.P. с соавторами [43] разработали рецептуры имитационного сыра, включающие 18-24 % казеина и казеинатов; 22-28 % растительного масла; 0-3 % крахмала; 0,5-2 % эмульгирующей соли; 0,5-3 % подстасителей и ароматизаторов; 0,0-0,5 % стабилизатора; 0,20-0,36 % регулятора кислотности; 0,04 % красителей; 0,1 % консервантов и содержания воды 45-55 %. Учеными исследовано влияние температуры обработки смеси на качество готового продукта. Установлено, что нагрев смеси до 90 °С приводит к обезвоживанию белка, образованию свободного жира и неоднородной структуры. Для производства имитационных сыров выявлен оптимальный диапазон температуры от 75 °С до 85 °С при непрерывной резке и перемешивании до однородной расплавленной массы [43].

Dharaiya C. с соавторами [44] сравнили натуральный сыр Моцарелла с его аналогом. Белковую основу аналога сыра Моцарелла составлял казеин, жиров – пальмоядерное масло. Между исследуемыми образцами наблюдалась значительная разница в органолептических, реологических показателях и функциональных характеристиках. Натуральный сыр имел более высокую твердость, вязкость, упругость, плавимость, растяжимость и после выпечки выделилось много свободного жира. Аналог сыра обладал лучшей натираемостью, но требовал больше времени для плавления при 230 °С. Натуральный сыр превзошел его аналог по органолептическим характеристикам, особенно по внешнему виду и вкусу. Оба образца были на одном уровне с точки зрения микробиологической безопасности [44].

Abbası S. и Nateghi L. [45] исследовали влияние состава молокосодержащего продукта для пиццы на органолептические, физико-химические параметры и функциональные характеристики. В состав исследованного объекта входили:

обезжиренное сухое молоко, заменитель молочного жира и предварительно желатинизированный кукурузный крахмал. Установлено, что на физико-химические свойства готового продукта существенно влияют компоненты смеси: твердость исследованных образцов менялась в зависимости от количества крахмала и содержания жира; растяжимость увеличивалась по мере увеличения доли сухого молока и крахмала; плавимость увеличивалась по мере увеличения содержания жира и крахмала, уменьшения содержания обезжиренного сухого молока [45].

Dhanraj P. с соавторами [46] изучали влияние смеси сычужного казеина и концентрата сывороточных белков на качество аналога сыра Моцарелла. Исследовали следующие соотношения казеина к концентрату: 95:5, 90:10 и 85:15 по массе соответственно. Рецептура аналога сыра включала 23,5 % белковой смеси; 15 % специального растительного жира; 2,75 % цитрата натрия и гидроортфосфата натрия (2,5:1 соответственно); 0,07 % хлорида кальция; 0,6 % лимонной кислоты; 1,1 % NaCl; 1,5 % сырного ароматизатора и 55,48 % воды. В результате проведенных исследований ученые установили оптимальное соотношение сычужного казеина с концентратом сывороточных белков (90:10), обеспечивающие реологические, органолептические показатели и функциональные характеристики, близкие к натуральному сыру Моцарелла, произведенному из коровьего молока [46].

Ряд зарубежных ученых [40, 41, 47-50] рекомендует применять сычужный казеин вместо кислотного казеина при производстве молокосодержащих продуктов для пиццы. Это связано с широкой доступностью сычужного казеина, большим содержанием в нем минеральных веществ и меньшим количеством серосодержащих аминокислот: цистеина и метионина, лучшей плавимостью и растяжимостью сырного продукта для пиццы [40, 41, 47-50].

Sumarmono B. с соавторами [51] определяли наилучшее содержание концентрата сывороточных белков и типа стабилизатора при выработке аналога сыра Чеддер, который можно использовать в сегменте HoReCa. Массовая доля концентрата варьировалась от 20 % до 30 % с шагом 5 %. В рецептуры включали

1 % стабилизаторов: Tween-80, Span-80 и их комбинацию. Лучшим аналогом сыра Чеддер оказался продукт с содержанием концентраты сывороточных белков 30 % и 1 % стабилизатора Tween-80. В исследовании представлены данные о влиянии концентратов сывороточных белков и стабилизаторов на выход сыра, физико-химические и органолептические показатели, но не исследованы функциональные характеристики образцов [51].

Молокосодержащие продукты, в том числе с заменителем молочного жира, произведённые по технологии плавленых и натуральных сыров, нашли широкое распространение в HoReCa. Одним из основных технологических показателей таких продуктов является термостабильность, которая позволяет ограничить расплываемость образца во время выпечки пиццы [52, 53].

В России на прилавках магазинов представлены молокосодержащие продукты с заменителем молочного жира, произведенные по технологии сыра Моцарелла. Данные продукты практически не отличаются по функциональным характеристикам от полутвердого сыра Моцарелла. Молокосодержащие продукты с ЗМЖ для пиццы выдерживают температуру 260-280 °С, формируют плотные упругие нити, образуют блистеры диаметром 5-6 мм, равномерно распределенные по поверхности пиццы [54].

На основе экспериментальных исследований термостабильности и плавления сырной массы, проведенных Гавриловой Н.Б., Опанасенко М.В., Пасько О.В. и Бураковской Н.В., разработана технология производства плавленого сырного продукта, предназначенного для кулинарной обработки [55-57]. Рецептура продукта включает: сырчужный нежирный сыр, эмульгирующую соль (смесь динатрий фосфата, "Сольва 85" и "Сольва 120"), питьевую воду, заменитель молочного жира "Эколакт", вкусовые наполнители и ферментированную сливочную биодобавку. Разработанный плавленый сырный продукт обладает ограниченной плавимостью, что делает его оптимальным для использования в запекаемых блюдах и мучных кулинарных изделиях [55-57].

Во ВНИИМС [58, 59] разработан способ получения аналога сыра, который можно применять для приготовления пиццы. Процесс производства включает

плавление и смещивание ингредиентов в котле-плавителе. В состав смеси входят: нежирный сыр и творог, сухие молочные компоненты (концентрат молочного белка и обезжиренное молоко), сухой ароматизатор сыра, поваренная соль, эмульгаторы (смесь цитрата и полифосфата натрия в равных частях), заменитель молочного жира "Союз 60", вода, а также стабилизаторы консистенции (модифицированный крахмал с низкой температурой набухания и каппа-каррагинан). Производство аналога сыра включает несколько этапов термомеханической обработки:

Первый этап. В котёл загружают сыр, творог, сухие молочные компоненты, ароматизатор, соль, эмульгаторы, стабилизаторы, половину заменителя молочного жира и 70 % воды. Смесь нагревают до 75 °C и перемешивают в течение 3-5 минут при скорости 150-300 об/мин [58, 59].

Второй этап. Добавляют оставшуюся половину заменителя молочного жира и нагревают смесь до 80 °C в течение 2-3 минут при скорости 150-300 об/мин в условиях вакуума (давление 0,1-0,3 бар).

Третий этап. Добавляют оставшуюся воду и проводят термомеханическую обработку до 90 °C в течение 2-3 минут при скорости перемешивания 750 об/мин в условиях вакуума (давление 0,3-0,5 бар) [58, 59].

Завершение. Готовый продукт расфасовывают и охлаждают [58,59].

Сложный технологический процесс производства аналога сыра привел к получению однородного продукта с плотной консистенцией, способной натираться, и ограниченной плавимостью [58, 59].

С растущей тенденцией перехода на растительную диету из-за этических, экологических и социально-экономических проблем, стали производить молокосодержащие продукты для пиццы с частичной или полной заменой молочных компонентов на растительные. Рядом исследователей [51, 60-62] отмечено, что аналоги сыров, произведенные на основе растительного сырья, имеют плохие или удовлетворительные органолептические и реологические показатели [51, 60-62]. Исследования по созданию молокосодержащего продукта

на основе компонентов растительного происхождения остаются актуальными в настоящее время.

Ряд отечественных и зарубежных ученых [52, 63-71] разрабатывали молокосодержащие продукты с растительными белками. В качестве растительного сырья применяли соевую, рисовую и овсянную муку, изоляты соевого и пшеничного белка, бобовые культуры, а также другие сырьевые компоненты [52, 63-71].

При производстве молокосодержащего продукта часто ощущается недостаток в высокожирных компонентах смеси (полножирном сыре, сливках). В этом случае возникает необходимость стандартизации смеси путем введения в нее молочного жира. Ввиду дефицитности молочного жира и экономической целесообразности его частично заменяют немолочными жирами.

Использование немолочных жиров обусловлено их низкой ценой в сравнении с молочным жиром. Кроме того, применение заменителя молочного жира позволяет повысить биологическую ценность и обеспечить более сбалансированный жирнокислотный состав молокосодержащих продуктов за счет снижения доли насыщенных и увеличения ненасыщенных жирных кислот [72-77].

Интерес к этому вопросу отражен в работах отечественных и зарубежных ученых, которые изучали влияние растительных масел, жиров животного происхождения и заменителей молочного жира на качество молокосодержащих продуктов, предназначенных для приготовления пиццы [52, 59, 78-86].

Однако до настоящего времени отсутствуют четкие рекомендации по использованию продуктов сыророделия при производстве пиццы. Зачастую это становится причиной низкого качества готового продукта из-за недостаточного проявления функциональных характеристик сырного компонента. Очевидно, что целесообразным решением этой проблемы может быть создание продуктов целевого назначения для последующего использования в НоReCa.

1.2 Функциональные характеристики как основные критерии оценки пригодности сыров для пиццы и методы их контроля

Основными критериями оценки пригодности сыров для пиццы являются их функциональные характеристики. В зависимости от того, как продукт ведет себя после повторной переработки в HoReCa, у потребителя складывается мнение о качестве продукта и компонентов, входящих в его состав.

К целевым функциональным характеристикам сыров для пиццы относятся [87, 88]:

- измельчаемость (натираемость, нарезаемость) – способность сыров к измельчению. Это свойство необходимо при подготовке сыра к использованию;
- растяжимость – способность расплавленного сыра образовывать при растяжении сырные нити;
- плавимость - способность изменять агрегатное состояние при температурном воздействии. Данную способность следует рассматривать, как свойство измельченных частиц сыра для пиццы расплавляться при выпечке, образуя сплошную однородную массу;
- образование блистеров - блистеры определяются как выпуклые участки на поверхности расплавленного сыра. Цвет блиsterов колеблется от светло-желтого, через оттенки коричневого, до черного;
- сгораемость – появление после выпечки на поверхности пиццы, преимущественно по краям, участков сгоревшего сыра;
- выделение свободного жира – способность сыра к отделению жира от сырной массы в процессе выпечки.

1.2.1 Измельчаемость

Проводя комплексную оценку функциональных характеристик и пригодности сыров для пиццы, первоначально определяют измельчаемость (натираемость, нарезаемость) сыра для HoReCa. Измельчение сыра способствует

более быстрому плавлению на поверхности пиццы. Натираемость определяется твердостью сыра, низкой влажностью, минимальной пластичностью, вязкостью и липкостью. Готовые сыры для пиццы должны обладать способностью к натиранию, то есть сыр не должен быть липким и забивать отверстия измельчительного оборудования. Стружка сыра должна быть однородной, без мелкой крошки и не слипаться [88].

Olson D.W. с соавторами [89] исследовали мексиканский сыр Чихуахуа, выработанный из сырого и пастеризованного молока в разные сезоны. Сыры выдерживали до 16 недель при температуре 4 °С. Установлено, что сила, необходимая для нарезки сыра, уменьшалась в течение первых 4 недель выдержки, а затем оставалась стабильной до конца исследования. Улучшение способности к нарезке было связано с протеолизом, происходившим во время хранения, что приводило к размягчению белковой матрицы. Выявлено, что сыр, выработанный из пастеризованного молока, нарезался лучше, чем сыр, выработанный из сырого молока [89].

В главе 18 [90] книги «Основы науки о сыре» авторы рассматривали сыр как ингредиент. Функциональные свойства сыра, не подвергнутого высокотемпературной обработки, включают рассыпчатость (крошивость), нарезаемость, намазываемость, способность к измельчению или натиранию [90].

Авторы описывают натираемость, как способность к аккуратному измельчению сыра на длинные тонкие полоски одинакового размера без образования сырной пыли. Тонкие полоски сыра должны обладать устойчивостью к слипанию как во время измельчения и нанесения на пиццу, так и при хранении в упаковке. Способность к натиранию связывают с упругостью и эластичностью сыра. К сырам, обладающим данной способностью, отнесли: Моцарелла с низким содержанием влаги; Гауда; Чеддер; Проволоне и сыры швейцарского типа [90].

Нарезаемость - способность сыра аккуратно нарезаться тонкими ломтиками без трещин, крошения или прилипания к режущему инструменту. Ломтики должны хорошо гнуться, быть устойчивыми к высыханию и скручиванию на концах при умеренном воздействии атмосферы, не слипаться между собой [90].

Авторы связывают нарезаемость с эластичностью и упругостью сыра, а также с длиной ломтика. К сырам с отличной нарезаемостью относят Гауду, Проволоне, Чеддер, сыры швейцарского типа и Кеско Бланко [90].

Ряд зарубежных исследователей [88, 91-95] изучали измельчаемость сыра Моцарелла, которая включала физические характеристики, легкость обработки, форму и целостность кусочков сыра, образование мелких частиц во время измельчения сыра. Натертый сыр имел квадратное поперечное сечение 0,4; 0,8; 1,6 и 3,2 мм. Основные выводы по результатам исследований следующие. Моцарелла, охлажденная до температур минус 1,1 °С и 1,7 °С, была более твердой и натиралась лучше, чем сыр комнатной температуры. Содержание влаги в сыре 45 % – 48 % обеспечивало желаемую измельчаемость. На характеристики измельчения сыра Моцарелла для пиццы сильно влияли условия его производства. Снижение рН молока при сычужном свертывании и выдержке сыра способствовало уменьшению образования мелких частиц сыра во время измельчения [88, 91-95].

Мягкие сыры обычно плохо измельчаются, поскольку они прилипают к лезвиям режущих инструментов и образуют липкие шарики, слипшиеся кусочки сыра или неровные ломтики сыра. Очень твердые сыры могут иметь крошливую консистенцию и при обработке образовывать неоднородную стружку и сырную пыль [96, 97].

Таким образом, сыры для пиццы обладают разной способностью к измельчению. Выбор способа измельчения сыров зависит от их консистенции. На сегодняшний день мало литературных данных о влияние состава, технологических режимов производства и хранения на измельчаемость сыров для пиццы, в частности, на натираемость.

1.2.2 Растворимость сырной нити

Одним из наиболее значимых функциональных характеристик сыров для пиццы является растворимость. Эта характеристика оценивается по длине сырной

нити при растяжении, когда к ней приложено постоянное усилие либо вертикально, либо горизонтально. Растяжимость является уникальным свойством для многих натуральных сыров вида Паста Филата, а также сыров целевого назначения, применяемых как основной ингредиент для пиццы [98].

Свойство растяжимости формируется из двух реологических характеристик: эластичность и вязкость. Эластичность характеризует необходимость приложить усилие для удлинения нити, а вязкость отвечает за пластическое течение продукта при растяжении без разрыва. Эти свойства, в первую очередь, зависят от состава продукта.

В работе Mead D. и Roupas R. [99] отмечается, что небольшие количества пластифицирующих добавок, например, сывороточного белка, способствуют увеличению кажущейся вязкости и лучшей растяжимости, в то время как исходный сыр Моцарелла показал меньшие значения [99].

Ряд авторов установил, что сыры с более высоким содержанием кальция требуют большей силы для растяжения, а полножирные сыры растягиваются лучше, чем обезжиренные [100, 101].

Одним из старейших методов для определения способности к растяжению является вилочный тест. Суть теста заключается в измерении длины, на которую растягивается расплавленный сыр на запеченной пицце при поднятии его вверх вилкой до разрыва всех нитей. Вилочный тест является субъективным, так как в нем строго не контролируются параметры измерения. Но из-за простоты и легкости осуществления он широко применяется в производстве и научных исследованиях.

Различия в условиях испытания влияют на результаты измерения, из-за чего их некорректно сравнивать между собой. Разное количество сыра (от 30 до 360 г), томатного пицца-соуса (от 0 до 150 г), диаметр коржа для пиццы (от 20 до 36 см), температура выпекания (от 104 до 300 °C) и продолжительность выпекания (от 3 до 15 минут) - все это оказывает влияние на результаты теста. Запеченную пиццу с сыром обязательно охлаждают при комнатной температуре в течение 1-2 минут. Вилку погружают в сыр на 1-3 мм и медленно, с постоянной скоростью

поднимают вверх до разрыва всех нитей. Способность к растяжению оценивают по средней длине сырных нитей, взятых из трех различных мест пиццы [102-104].

Методика проведения вилочного теста напоминает работу разрывных машин и методы испытаний материалов на разрыв. Поэтому следующим шагом модификации «вилки» стало применение инструментальных методов, в том числе различных структурометров.

Среди инструментальных методов определения способности к растяжению широко известен вертикальный тест с Т-образным зондом [105]. На разрывную машину, снабженную чувствительным датчиком напряжения, крепится зонд. Нагретый образец сыра для пиццы помещают в емкость с рубашкой, которая поддерживает температуру более 70 °C. Т-образный зонд погружают в сыр, а затем медленно поднимают со скоростью 20-50 мм/мин, что приводит к образованию сырных нитей. Таким образом строится профиль растяжения, по которому можно вычислить показатель пластичности массы. Максимальное расстояние, на которое поднимается расплавленный сыр для пиццы, является длиной растяжения [105]. Метод позволяет оценить состояние белка в сырной массе и установить предел времени, после которого сыр не дает необходимой длины нити. Недостатком метода с Т-образным зондом является снижение влажности и температуры сыра во время растягивания.

Еще одной разновидностью теста на растяжение является тест с тройным крючком [102]. Сущность теста заключается в следующем – образец сыра высотой 35 мм и диаметром 30 мм помещают в емкость высотой 50 мм и диаметром 34 мм, накрывают фольгой и нагревают на водяной бане 30 минут. Затем помещают в держатель с водяной рубашкой для поддержания температуры более 72 °C. В сыр погружают крючок, немного проворачивают и фиксируют в данном положении на 30 секунд. Сыр растягивают со скоростью 10 мм/мин на расстояние 30 см. На профиле растяжения оцениваются следующие характеристики (параметры): усилие, возникающее при растяжении расплава, длина нити [102].

Минусом данного теста, как и предыдущего метода, является отсутствие полного контроля влажности и температуры сыра во время растягивания. Для устранения данного недостатка тест с тройным крючком был модифицирован добавлением двустенного стеклянного цилиндра с минеральным маслом для контроля температуры и влажности во время исследования [100]. Образец сыра массой 21 г помещают в емкость высотой 50 мм и диаметром 36 мм, накрывают фольгой и нагревают на водяной бане в течение 30 минут. Затем емкость помещают в нижнюю часть цилиндра, содержащую нагретое до 70 °C минеральное масло, представляющее собой смесь углеводородов. В расплавленный сыр опускают тройной крючок на расстояние от дна 3-5 мм. Дальнейшее исследование проводится аналогично стандартному тесту с тройным крючком. Строится профиль растяжения, на котором можно определить усилие в процессе деформации и в момент разрыва [100]. Данный тест чувствителен к изменению pH и содержанию кальция в сыре.

Существует горизонтальный тест на растяжение, адгезию и прилипание сыра к основе для пиццы [103]. Для этого основу для пиццы разрезают на две части, посыпают тертым сыром и выпекают в печи 4 минуты при (280±2) °C. Затем на специально оборудованном столе крепят зажимами две половины пиццы. Одну половину пиццы оставляют неподвижной, а другую перемещают со скоростью 3,3-10 см/с, пока не разорвутся все сырные нити. Способность к растягиванию определяют, как расстояние между двумя частями пиццы в момент разрыва всех нитей [103]. Данный метод позволяет смоделировать поведение сыра после выпечки пиццы.

Для определения способности к растяжению сыра для пиццы можно использовать инструментальный метод с применением прибора Instron - универсального анализатора структуры, позволяющего проводить исследования путем однократных либо циклических воздействий на испытуемый образец путем сжатия или растяжения. В ходе тестирования через определенные промежутки времени измеряется усилие, которое необходимо приложить для деформации, вплоть до заданного момента окончания теста. Анализатор имеет большой выбор

насадок для оценки физико-химических показателей и функциональных характеристик сыров для пиццы [100, 106].

Насадка для определения растяжения сыра состоит из двустороннего вилочного зонда и прямоугольной емкости для нагревания образца сыра в микроволновой печи. После нагрева емкость с сыром закрепляют в фиксирующей вставке. Зонд опускают в образец и вытягивают вверх, измеряют растяжимость сыра и сопротивление растяжению. Другая насадка служит для определения способности сыра растягиваться на пицце и его адгезионных свойств. Основу для пиццы режут пополам, сверху распределяют томатный соус и посыпают натертым сыром, запекают пиццу. Затем пиццу помещают на насадку и растягивают до разрыва нитей.

Недостатками данного метода являются снижение температуры и влажности сыра во время вытягивания. К достоинству метода относится возможность комплексных исследований влияния различных компонентов, в том числе соусов, используемых при получении пиццы, на способность сыра к растяжению.

Популярность пиццы настолько широка, что даже в арабских странах проводятся исследования сыров для пиццы и создаются методы анализа функциональных свойств, в частности, растяжимости. Так в 2003 г. Z. Hicsasmaz, L. Shippelt и S. S. H. Rizvi [105, 106] разработали метод с помощью колец и шарика. Сущность метода заключается в следующем – образцы сыра $2 \times 2 \text{ см}^2$ помещают на полую круглую опору прибора (рисунок 1.2). Круглый ребристый держатель для сыра помещается сверху ломтика сыра так, чтобы стальные ребра были направлены вниз для удержания сыра на месте. Стальные ребра совмещены с выемками на подставке для сыра. Эта трехслойная конструкция размещается на вершине перевернутого конуса в ванне с минеральным маслом, нагретым до температуры более 50°C . Коническая трубка позволяет избежать прилипания нагретого сыра и избежать преждевременного разрыва образца в масле. Сверху круглого держателя для сыра размещают центрирующую воронку. Железный

шарик помещают в воронку, чтобы центрировать его на середине ломтика сыра [107, 108].



Рисунок 1.2 - Схема аппарата для определения способности сыра к растягиванию [108]

Образец сыра для пиццы размягчается и начинает растягиваться под весом железного шарика. Данные о длине и времени растяжения фиксируют путем записи времени, соответствующего растяжению на 1 см. Вертикальная длина растяжения до разрушения всех сырных нитей принимается за меру растяжимости. Данные о длине растяжения в зависимости от времени выражаются в терминах технической деформации $(L-L_0) / L_0$, где L (см) - длина растяжения в любой момент времени, а $L_0 = 0,01$ м - длина растяжения в начале сбора данных [107, 108].

Метод с помощью колец и шарика может дать ложный результат из-за наличия пустот и глазков внутри сыра для пиццы.

Сравнительный анализ существующих методов позволяет сделать заключение о том, что, на наш взгляд, наилучшими методами оценки способности сыров для пиццы к растяжению являются модифицированный тест с тройным крючком, а также инструментальный метод с использованием прибора Instron.

Таким образом, растяжимость как одно из наиболее значимых и изучаемых свойств сыров для пиццы в разные годы была объектом исследований различных ученых. Большинство исследований направлены на разработку методов определения длины сырных нитей. В изученной литературе практически

отсутствуют данные о влиянии сырьевого состава, технологических режимов производства на данную функциональную характеристику сыров для пиццы.

1.2.3 Плавимость

Одной из основных функциональных характеристик, оцениваемых после выпечки пиццы, является плавимость сыра. Многие исследователи интерпретировали термин «плавимость» по-разному. В основном этот термин рассматривают как свойство измельченных кусочков сыра расплываться при нагревании. Хотя это определение подходит для ряда продуктов в сегменте HoReCa, например, пицца, его сложно использовать в качестве критерия измерения. Поэтому в качестве объективных измерений данную функциональную характеристику можно определить, как легкость плавления и степень растекания сыра при нагревании. Легкость плавления сыра связана со свойствами теплопередачи и фазовым переходом сыра из твердого состояния в жидкое при выпечке пиццы. Степень растекания сыра взаимосвязана с его реологическими свойствами при высоких температурах [109-112].

При исследовании плавимости чаще всего применяют методы, в которых измеряют либо изменение диаметра или площади, или высоты сыра, либо измерения расстояния расплытия сыра. Одними из популярных являются методы Шрайбера (Schreiber test), Арнонта (Arnott test), Олсена и Прайса.

При исследовании плавимости сыров методом Шрайбера производят нагрев тонкого диска образца при (232 ± 2) °C в течение 5 минут. Плавимость определяют с помощью шкалы из 10 окружностей и 6 линий (рисунок 1.3) [113-116]. Результаты определяют по среднему значению, что несет субъективный характер. Поэтому в последние годы стали применять компьютерное зрение для получения более точных результатов.

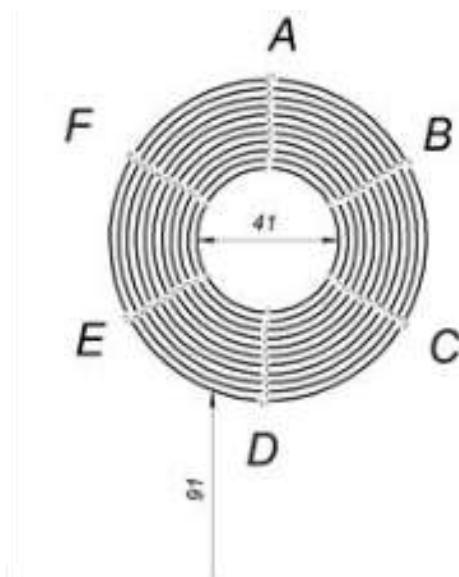


Рисунок 1.3 - Измерительная шкала, используемая в методе Шрайбера [117].

По тесту Арнотта способность к плавлению определяют по отношению высоты сыра до нагрева к высоте после нагрева (%). Цилиндр сыра нагревают в печи при (100 ± 2) °C в течение 15 минут. На рисунке 1.4 представлены изменения высоты образцов сыра. Однако неоднородность структуры сыра приводит к тому, что равномерного изменения высоты не происходит. Цилиндр сыра подплавляется неровно, что является недостатком данного метода [117, 118].



Рисунок 1.4 – Изменение высоты сыра по тесту Арнонта [109]

Park J. с соавторами [117] сравнили методы Шрайбера и Арнонта вместе с двумя их модификациями, в которых нагревание ведется в микроволновой печи в течение 60 секунд. Было обнаружено, что на результат испытаний влияют время нагрева, температура нагрева в печи и мощность микроволновой печи, а также наблюдается заметное отсутствие корреляции между результатами тестов [117].

Тест Олсена и Прайса основан на измерении расстояния растекания измельченного сыра внутри стеклянной трубы при нагревании в печи при температуре $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 8 минут (рисунок 1.5) [119, 120].

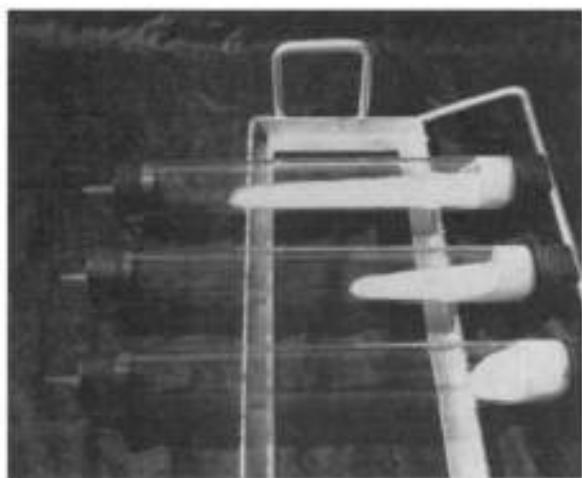


Рисунок 1.5 – Стеклянные трубы с расплавленными сырами, обладающими различной плавимостью по тесту Олсена и Прайса [120]

Everard C.D. с соавторами [121] определяли плавимость 14 образцов сыра с помощью теста Олсена и Прайса и методом компьютерного зрения. Установлено, что результаты теста Олсена и Прайса более воспроизводимы, чем результаты компьютерного зрения, что позволяет предположить, что компьютерное зрение может быть не лучшим вариантом для определения плавимости сыров [121].

Shuhong Dai с соавторами [122] исследовали функциональные свойства сыра Моцарелла, приготовленного с конжаковым глюкоманном (конжаковой камедью). Установлено, что добавление конжаковой камеди в обезжиренный сыр Моцарелла улучшает плавимость после 14 дней хранения готового сыра. Авторы объясняют повышение плавимости со смазывающей ролью камеди, являющейся пищевым коллоидом, который улучшает способность натертых частиц сыра плавится [122].

В работах ряда авторов отмечено, что плавимость связана со свойствами теплопередачи, с реологическими характеристиками сыра, содержанием влаги и жира, а также со сроками хранения [123–129].

С 2016 года ряд ученых отмечают, что наибольшее влияние на плавимость сыров оказывает соотношение белка и жира [130, 131]. Для повышения точности и согласованности определения плавимости сыров в исследованиях стали применять метод компьютерного зрения. Однако доказано, что результаты измерения плавимости классическими методами более воспроизводимы [131, 132].

Mlynec K. с соавторами [133] исследовали влияние выбранных компонентов молока и времени созревания на время плавления сыра. Исследованию подвергались 15 партий сыра Гауда, произведенных с октября по декабрь. Обнаружено, что время плавления отрицательно коррелирует с содержанием жира в молоке для сыра ($-0,293$) и в сыре ($-0,427$). Отмечено, что высокое содержание жира снижает усилие, необходимое для резки сыра. В результате учеными предположено, что увеличение содержания жира в молоке может улучшить плавимость сыров. Время созревания было связано со свойствами плавления, о чем свидетельствует значение статистически значимого коэффициента корреляции $0,394$ [133].

Влияние воды на свойства плавления сыра довольно сложно. Повышение общего уровня влажности сыра не обязательно приводит к улучшению его плавимости. Напротив, взаимодействия казеина и воды (на которые в значительной степени влияют ионная сила, pH и коллоидный фосфат кальция), как утверждается, оказывают большее влияние на плавимость сыра, чем общий уровень влажности [129, 134, 135].

Есть данные о влияние содержания соли в сыре на его плавимость. Так McCarthy C.M с соавторами показали, что сыры с пониженным содержанием соли демонстрируют гораздо большую плавимость, чем сыры с высоким содержанием соли, например Чеддер [136]. Интересно, что также были обнаружены противоречивые результаты о влиянии концентрации соли на плавимость сыра. Например, повышение уровня соли до 2 % снизило свойство плавимости сыра Моцарелла [137], но улучшило свойство плавимости обезжиренного сыра

Моцарелла [138]. Наблюдаемое различие может быть связано с различными методами, используемыми для измерения плавимости.

Таким образом, функциональная характеристика «плавимость» более изучено, чем «растяжимость сырной нити», что, очевидно, связано с более простыми методами ее оценки. В настоящее время чаще стали применять компьютерное зрение для наиболее точного определения плавимости сыров. Наибольшее количество исследований данной функциональной характеристике посвящены натуральному сыру и практически отсутствуют данные о плавимости сыров целевого назначения для пиццы.

1.2.4 Образование блистеров и сгораемость сыров при выпечке пиццы

Во время выпечки пиццы при испарении влаги и в результате накопления воздуха между слоями расплавленного сыра на его поверхности часто образуются блистеры (рисунок 1.6), цвет которых влияет на оценку сгораемости. По мере появления блистера его верхняя часть становится тоньше, выделившийся жир стекает с поверхности блистера, испаряется влага и происходит потемнение блистера [131, 139, 140].



Рисунок 1.6 – Схема образования блистеров на поверхности расплавленного сыра [139]

Интенсивность окраски блистера зависит от степени реакции Майера и / или сгорания белка и может варьироваться от блистера к блистеру из-за неравномерности теплового потока воздуха при выпечке. Показатель интенсивности блистерного цвета является отражением средней оценки цвета блистеров. Факторы, которые в наибольшей степени влияют на цвет блистера —

это содержание сахаров и соотношение белок-влага, а также тип печи и максимальные температуры, используемые во время выпекания [139-141].

Ма с соавторами [140, 141] выявляли зависимость образования блистеров от используемой закваски, содержания соли и влаги в сыре Моцарелла для пиццы. В работе авторы рассчитали ряд параметров для количественной оценки блистеров: количество, площадь и диаметр. Установлено, что применение термофильных заквасок привело к менее интенсивной окраске блистеров и их меньшему количеству. Содержание соли не оказalo влияния на блистеры расплавленного сыра Моцарелла. Массовая доля влаги влияет на размер блистеров: чем выше влажность сыра, тем больше и крупнее блистеры. После выпечки пиццы наблюдается изменение цвета расплавленного сыра, который варьирует от светло-желтого до черного. От интенсивности окраски сыра на пицце зависят потребительские свойства готового продукта. Авторами установлено, что степень сгораемости зависит от применяемой закваски при производстве сыра Моцарелла и определяется количеством несброженной галактозы [140, 141].

Применение заквасок, содержащих микроорганизмы не сбраживающие галактозу и другие редуцирующие сахара, ведет к активизации реакции Майяра. Рядом зарубежных и российских исследователей установлена необходимость подбора и использования штаммов термофильного стрептококка с мезофильными лактококками, которые способны метаболизировать не только лактозу, но и галактозу [140, 142, 143].

Сгораемость можно определить визуально, с помощью колориметра и компьютерного зрения [144].

Gulzar N. С соавторами [145] определяли изменение цвета расплавленного сыра для пиццы, произведенного на основе смеси сыров Моцарелла и Чеддар. Соотношение сыров в рецептуре составляло 75:25, 50:50 и 25:75. Характеристики выпечки сырных смесей для пиццы определяли путем измерения значений Хантера (L^* , a^* , b^*) до и после выпечки с помощью портативного колориметра Mini Scan. Измерялись три показателя цвета: L^* (от белого до черного), a^* (от зеленого к красному) и b^* (от синего к желтому). Установлено, что значения L^* и

a^* до и после выпечки сыров для пиццы значительно различались ($P<0,05$) при различных сочетаниях сыров-сырья. Белизна (L^*) и зеленый цвет (a^*) контроля (сыр на основе 100 % сыра Моцарелла) выше, чем у других исследованных образцов. Белизна и зеленый цвет уменьшались по мере увеличения содержания в составе зрелого сыра Чеддер как до, так и после выпечки смесей сыра для пиццы [145].

Таким образом, функциональные характеристики «сгораемость» и «образование блистеров» тесно связаны между собой, что приводит к сложности их исследования. Большинство исследований посвящено изменению цвета сыра после выпечки пиццы. В изученной литературе мало данных о влиянии сырьевого состава, технологических режимов производства и хранения на сгораемость и образование блистеров сыров целевого назначения.

1.2.5 Выделение свободного жира

На поверхности выпеченных пицц визуально наблюдается выделение свободного жира в виде маслянистого слоя, что является одной из важных функциональных характеристик, определяющих пригодность сыров для HoReCa [131].

Выделение свободного жира происходит из-за плавления жировых шариков и высвобождения их из белкового матрикса во время приготовления пиццы. Свободный жир скапливается по мере охлаждения расплавленного сыра в нишах, создавая при больших скоплениях матовую поверхность [3, 131]. Во время приготовления тепловое движение вызывает движение молекул казеина и возможное разрушение белковой матрицы, что позволяет жиру вытекать. С размягчения казеиновой матрицы начинается подплавление сыра. Таким образом, сыр, который легко течет при нагревании, имеет тенденцию к большему выделению свободного жира, особенно при больших скоплениях свободного жира в полостях сыра [3, 4]. В печах, в которых температура сыра резко возрастает, то есть в печи с принудительной конвекцией воздуха или когда

процесс нагревания затягивается и разрушает белковый матрикс (в микроволновой печи или в комбинированной печи) выделяется больше свободного жира. При снижении температуры белковой матрикс сжимается, выделяя на поверхность жир и увеличивая количество свободного жира. При этом на поверхности сыра образуется тонкая пленка, препятствующая значительной потере влаги, а сохраняющаяся влага обеспечивает равномерный прогрев слоя продукта, его расплавление и устраняет излишнее пересыхание поверхности, образуя множество небольших блистеров [3, 4, 146].

Выделение свободного жира на поверхность расплавленного сыра в пище ожидаемо и желательно, за исключением чрезмерного выделения. Выделившийся жир препятствует испарению влаги с поверхности сыра, что защищает его от сгорания [131, 146-150].

В исследованиях зарубежных ученых сообщается, что выделение свободного жира зависит от массовой доли жира и от размера жировых глобул в сыре [151-154].

Степень образования свободного жира определяется либо качественно с помощью теста жировых колец [155], либо количественно с помощью центрифуги [156]. В тесте с жировыми кольцами образцы сыра в форме дисков помещают на кусок фильтровальной бумаги и нагревают при температуре 110 °С в течение 5 мин. Площадь маслянистого кольца, образовавшегося вокруг образца сыра, измеряют и используют в качестве показателя образования свободного жира (рисунок 1.7) [131, 155].

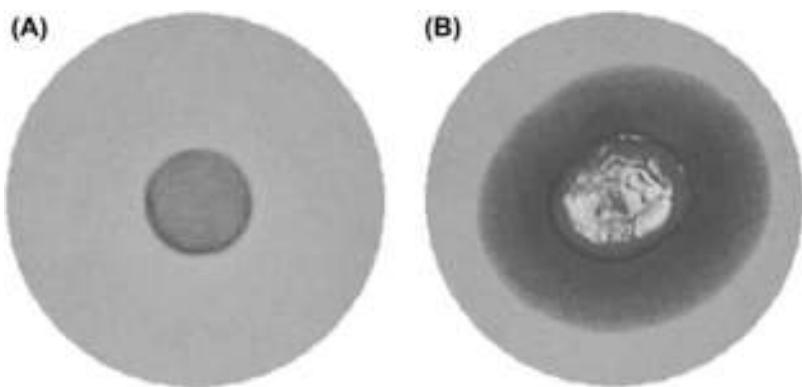


Рисунок 1.7 - Изображения цилиндра сыра Чеддер: (A) до приготовления и (B) после приготовления при 110 °C в течение 5 мин [131]

Wang и Sun [156, 157] следовали протоколу теста жировых колец и использовали метод компьютерного зрения для измерения площади жировых колец различных сыров. Эта площадь коррелировала ($R = 0,852$) с образованием свободного жира, определенного с помощью традиционного теста жировых колец [156, 157].

В результате анализа литературных источников установлено, что большинство отечественных и зарубежных ученых связывают выделение свободного жира из сыра во время выпечки пиццы с содержанием жира в самом сыре. Данная функциональная характеристика сложна с точки зрения его определения. Существует только два метода определения функциональной характеристики «выделение свободного жира», наиболее используемый – тест жировых колец. В настоящее время мало данных о влиянии сырьевого состава, технологических режимах производства и хранения целевых сыров для пиццы на выделение свободного жира во время выпечки пиццы.

1.3 Заключение по обзору литературы

На основании анализа научно-технической литературы показано, что сыры для пиццы занимают важное место в сегменте общественного питания, что ведет к возрастающему спросу данной категории сыров. В настоящее время для производства пиццы применяют натуральные и сыры целевого назначения, а также молокосодержащие продукты, выработанные по технологии натуральных и плавленных сыров. Ограничивающим фактором для широкого использования натуральных сыров в HoReCa является их высокая стоимость.

В результате растущей тенденции потребления продуктов для HoReCa формируется научный интерес к разработке технологий сыров целевого назначения для пиццы. Отечественными и, в основном, зарубежными исследователями накоплен опыт применения сырья молочного и немолочного происхождения для производства сыров для пиццы. Однако он явно недостаточен для корректной адаптации к условиям отечественного сыроделия.

Сыры для пиццы представляют собой продукт, качество которого после его производства определяется только при последующей обработке на стадии выпечки пиццы. Сыры должны соответствовать комплексу специфических функциональных характеристик (измельчаемость, растяжимость сырной нити, плавимость, выделение свободного жира, образование блистеров, сгораемость). Оценка функциональных характеристик сыров для пиццы охватывает характеристики, которые обычно не оцениваются у традиционных сыров. В результате комплексная оценка сыра для пиццы представляет собой сложный процесс, включающий оценку показателей безопасности, качества и функциональных характеристик. Однако, большинство продуктов, применяемых для HoReCa, не учитывают комплекс функциональных характеристик.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что существует необходимость разработки оценочный шкалы сыров для пиццы с учетом функциональных характеристик; проведения комплексных исследований различных видов натуральных сыров с целью последующего их применения в HoReCa, а также разработки технологии и критериев оценки качества и безопасности сыров целевого назначения для пиццы с функциональными характеристиками и низкой себестоимостью.

ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация работы

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены на базе Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН в рамках государственного задания FNEN-2019-0011. Схема проведения исследований приведена на рисунке 2.1.

Диссертационная работа включает теоретические и экспериментальные этапы. Теоретический этап посвящен выявлению предпосылок создания нового продукта для HoReCa, в частности для производства пиццы, критериев его оценки качества и безопасности и комплексной оценочной шкалы функциональных характеристик сыров для пиццы. Проведен анализ 157 отечественных и зарубежных источников отраслевых журналов, электронных ресурсов и баз данных: eLIBRARY, CyberLeninka, Академия Google, Web of Science, Scopus, Springer, ResearchGate. На основании проведённого анализа сформулированы цель, задачи и методы проведения исследований. Экспериментальный этап включает проведение социологического онлайн-опроса с помощью сервиса Google Forms; разработку шкалы оценки сыров для пиццы, включающую органолептические и функциональные характеристики; исследование и ранжирование натуральных сыров по комплексу свойств для производства пиццы; разработку базовой технологии производства специализированной категории сыров - сыры для пиццы термизированные; проведение экспериментальных выработок; изучение хранимоспособности экспериментальных сыров; анализ и математическую обработку полученных экспериментальных данных; разработку критериев оценки качества и безопасности термизированных сыров, проведение опытно-промышленной апробации разработанной базовой технологии

производства термизированных сыров; расчет экономической эффективности и обоснование целесообразности производства разработанной категории сыров.



Рисунок 2.1 – Схема проведения исследований

2.2 Объекты исследований

Объектами исследований на различных этапах являлись:

- натуральные сыры, выработанные в экспериментальном цехе ВНИИМС и приобретенные в торговой сети: твердые сыры с высокой температурой второго

нагревания; полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта; полутвердые сыры пониженной жирности; полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания и с повышенным уровнем молочнокислого процесса, формуемые насыпью; полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания; полутвердые сыры, созревающие при участии плесени *Penicillium roqueforti*; полутвердые сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы; мягкие сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы; рассольные сыры с низкой температурой второго нагревания; рассольные сыры без второго нагревания;

- термизированные сыры;
- эмульгирующая соль Rovisal PZ 7 («БК Джюлини», Германия);
- сычужный казеин (*Herbignac cheese ingrediens*, Франция);
- лактоза - мелкокристаллический молочный сахар (ООО «УСМЗ», Россия);
- молочная кислота 80 % (ОАО «Реактив», Россия);
- сливочное масло «Крестьянское» с массовой долей жира 72,5 %.

Термизированные сыры вырабатывали в котле-плавителе типа Stephan с применением фосфатно-цитратной эмульгирующей соли. Режимы термомеханической обработки смеси указаны в тексте главы 3. Фасовку всех термизированных сыров осуществляли в стаканы из пищевого пластика по 250-300 г, кроме образцов, закладываемых на хранение. Опытные образцы термизированных сыров, предназначенные для длительного хранения, расфасовывали в барьерную пленку по 150-300 г под вакуумом.

2.3 Методы исследований

Исследования проводили с применением стандартизованных и оригинальных методов.

Микробиологические методы исследования:

- количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) по ГОСТ 32901-2014, п.8.4;

- количество мезофильных и термофильных заквасочных микроорганизмов по ГОСТ 33951-2016;

- выявление бактерий групп кишечных палочек (БГКП) по ГОСТ 32901-2014, п.8.5.1;

- количество спор мезофильных аэробных и факультативно анаэробных бактерий по ГОСТ 32901-2014, п.8.6.3;

- количество спор мезофильных анаэробных бактерий по ГОСТ 32012-2012, п.6;

- количество дрожжей и плесневых грибов по ГОСТ 33566-2015.

Физико-химические методы исследования:

- массовая доля влаги по ГОСТ Р 55063-2012;

- активная кислотность по ГОСТ 32892-2014;

- массовая доля жира в сухом веществе по ГОСТ Р 55063-2012, п. 7.8 и ГОСТ 5867-2023.

Структурно-механические (реологические) методы исследования:

- комплексный модуль сдвига, модуль упругости, модуль потерь, динамическая вязкость на реогониометре Вайссерберга модели R-19 фирмы Sangamo Weston Controls Limited (Великобритания) методом, разработанным во ВНИИМС. Исследования проводили в режиме периодического сдвигового деформирования с рабочими органами «конус-плоскость» диаметром 25 мм, с углом при вершине конуса 0,034 радиан, амплитудой угловых перемещений рабочих органов $1,54 \cdot 10^{-3}$ рад, чем достигалась линейность данного режима. Измерения выполняли при частоте $f = 3,16$ Гц. Терmostатирование образцов при температуре (18 ± 3) °C осуществляли непосредственно в реогониометре. Обработка экспериментальных данных проводилась в автоматическом режиме с помощью системы сбора и обработки данных. Вычисляли отношение модуля потерь к модулю упругости ($\text{tg } \delta$).

- пенетрационное напряжение на пенетрометре AP 4/1 (Германия) методом погружения конуса с углом при вершине 30° в исследуемый образец температурой (19 ± 1) °C в течение 5 с. Пенетрационное напряжение (Па) вычисляется по формуле 2.1.

$$\Theta = k \cdot P/h^2, \quad (2.1)$$

где k – константа для данного угла расткрытия конуса (при 30° $k = 0,958$);

P – величина вертикально внедряющей силы при массе конуса 150 г, $F = 1,47$ Н;

h – глубина погружения конуса в продукт, м;

Θ – пенетрационное напряжение, Па.

Органолептические методы исследования:

- оценку органолептических показателей проводили по ГОСТ 33630-2015 при температуре воздуха в помещении $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и температуре анализируемых образцов $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$, измеряемой в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55063-2012. Органолептическая оценка проводилась дегустаторами, входящими в состав экспертной комиссии в количестве 5 человек.

Исследование функциональных характеристик:

Натираемость оценивали при температуре анализируемого образца $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ с применением инструмента для измельчения пищевых продуктов (терка).

Плавимость, сгораемость, выделение свободного жира, количество и цвет блистеров, растяжимость оценивали после высокотемпературной обработки при температуре $(200 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 12 мин.

Плавимость исследуемых образцов оценивали с помощью теста Шрайбера. Для этого 100 г измельченного образца формовали в цилиндр диаметром 80 мм и отправляли в печь, разогретую до температуры $(200 \pm 2)^\circ\text{C}$, на 12 мин. Затем исследуемый образец охлаждали при комнатной температуре в течении 1-3 мин и измеряли диаметр. Плавимость оценивали, как разницу между диаметром расплавленного образца и диаметром образца до выпечки.

Сгораемость оценивали визуально после выпечки образца, описывали цвет и степень покоричневения.

Выделение свободного жира описывали, как количество выделившегося жира на поверхность расплавленного образца (отсутствие, небольшое выделение, жир образует «жировые лужицы», жир покрывает более 50 % поверхности расплавленного сыра или выделившийся жир выходит за пределы образца).

Количество и цвет блистеров оценивали визуально, отмечали размер и распределенность блистеров по поверхности расплавленного образца.

Растяжимость оценивали «вилочным тестом» после выпекания. Для этого 80–100 г измельченного образца помещали на фарфоровую плоскую поверхность и отправляли выпекаться в печь при температуре (200 ± 2) °С в течение 12 мин. По истечении времени выпекания образец охлаждали при комнатной температуре в течении 1-3 мин. Затем вилку погружали в расплавленный образец на 1-3 мм и медленно поднимали вверх до разрыва всех нитей. Способность к растяжению оценивали по средней длине сырных нитей, взятых из трех различных мест расплавленного образца.

Проведение онлайн-тестирования:

Для сбора эмпирических данных использован онлайн-опрос, разработанный в Google Forms. Выбор данного инструмента обусловлен его доступностью, возможностью автоматизации сбора ответов и функционалом, обеспечивающим анонимность респондентов.

Ссылка на опрос распространялась через e-mail-рассылки; социальные сети и сервисов для общения. В опросе приняло участия 609 человек. Участники были проинформированы о целях исследования, принципах анонимности и добровольности участия.

Математическая обработка данных:

Исследования проводили в 5-ти кратной повторности. Математическую обработку результатов и построение графиков осуществляли с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010, пакета Stadia 8.0 и пакета Statistica 10.0. Для попарного сравнения выборок разного размера и оценки статистически значимых различий между образцами применяли HSD тест. Экспериментальные данные были проанализированы при помощи однофакторного дисперсионного анализа с использованием процедуры парного сравнения Tukey, двухфакторного дисперсионного анализа и регрессионного анализа. Результаты математической обработки выполнены с доверительной вероятностью $P=0,95$.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка шкалы оценки органолептических и функциональных характеристик сыров для пиццы

При производстве пиццы сыры, являясь обязательным компонентом, должны обладать комплексом свойств, обеспечивающих технологический процесс производства и идентификационные показатели пиццы как готового продукта. Для определения пригодности сыров для производства пиццы, помимо органолептических характеристик, необходимо оценивать их специфические функциональные характеристики (натираемость, плавимость, выделение свободного жира, сгораемость, образование блистеров, растяжимость сырной нити). Проводя оценку качества сыров, в первую очередь определяют органолептические показатели, включающие характеристику вкуса, запаха, консистенции и внешнего вида. Установленным методом проведения органолептической оценки молочных продуктов, в том числе сыров, является выявление соответствия продукта определенным идентификационным органолептическим характеристикам, оцениваемым в баллах [158].

В настоящее время отсутствует шкала комплексной оценки сыров для пиццы, включающая как оценку идентификационных органолептических характеристик, так и специфических функциональных характеристик. Поэтому целью первого этапа исследований было создание специальной шкалы оценки сыров для пиццы.

Для реализации поставленной цели проведен социологический опрос, в котором приняло участие 609 человек разного пола и возраста. Вопросы, заданные респондентам, представлены в приложении Б.

В результате проведенного социологического опроса выявлено, что 86 % людей любят пиццу, однако употребляют ее 1-2 раза в месяц или реже.

При выборе пиццы 94,4 % респондентов ориентируются на вкус, на формирование которого влияет используемый сыр.

На рисунке 3.1 представлены результаты опроса потребительских предпочтений.

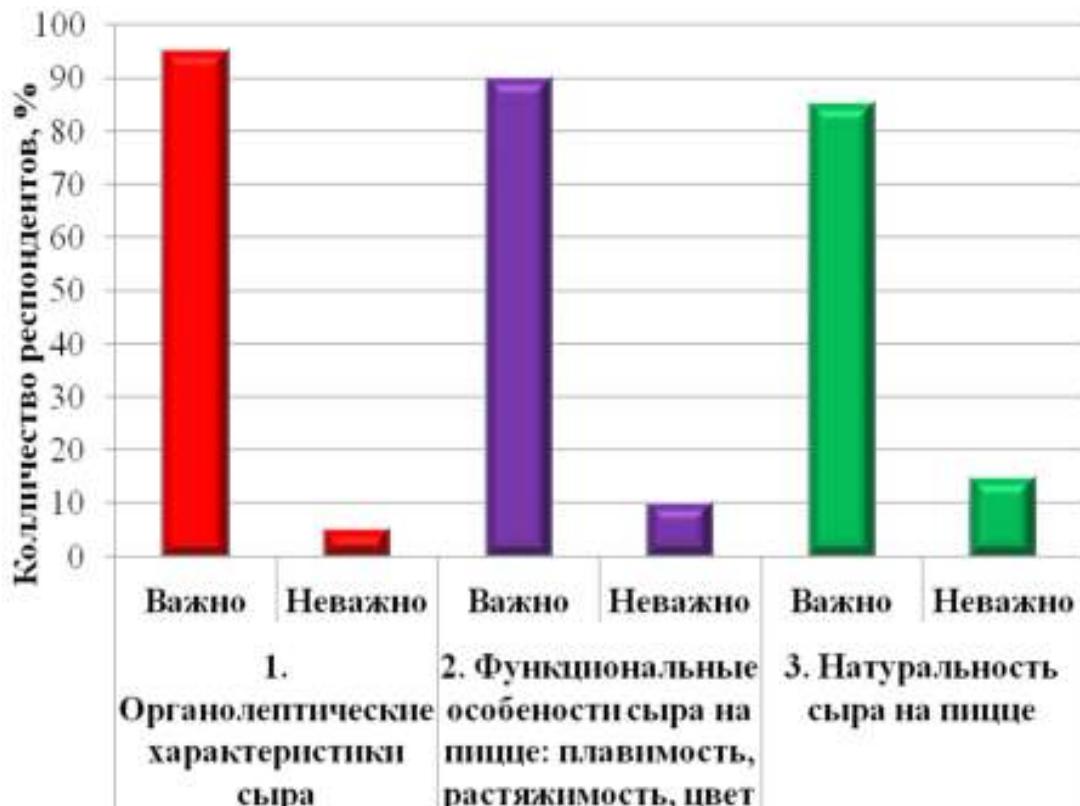


Рисунок 3.1 – Результаты социологического опроса о важности характеристик сыра для пиццы

Из представленных данных рисунка 3.1 следует, что для потребителей пиццы наиболее важными являются органолептические характеристики сыра, а также функциональные характеристики, наименее важным – натуральность сыра. Дополнительный опрос производителей пиццы показал, что для них наиболее значимыми являются функциональные характеристики, а не идентификационные органолептические характеристики.

На основании результатов опроса был сделан вывод о целесообразности разработки шкалы оценки сыров для пиццы, включающей одновременно как органолептические показатели, так и комплекс функциональных характеристик.

Для разработки шкалы оценки сыров для пиццы был использован многолетний опыт специалистов ВНИИМС по проведению комплексной оценки различных категорий сыров, с учетом их идентификационных и функциональных характеристик, а также требования, предъявляемые к сырам производителями пиццы.

Для удобства оценки пригодности сыров для производства пиццы рассмотрен вариант балльной шкалы, предусматривающей максимальную суммарную оценку органолептических показателей и функциональных характеристик, равную 100 баллам. Принято решение о равном распределении баллов между комплексом органолептических показателей и комплексом функциональных характеристик.

Оценку пригодности сыров для пиццы начинают с определения их органолептических характеристик. Учитывая значимость отдельных факторов, общая максимальная оценка органолептических показателей условно принята за 50 баллов, включающая 30 баллов за вкус и запах, 15 баллов за консистенцию и 5 баллов за внешний вид.

Характеристики вкуса и запаха сыра для пиццы должны соответствовать идентификационным показателям для сыра соответствующего наименования, используемого в качестве основного сырья. При этом оценка сыра за вкус и запах должна проводиться до выпечки, так как на готовом продукте органолептические показатели отличаются от нормируемых. Снижение балльной оценки за консистенцию определяется ее влиянием на способность сыра к натиранию, что является одним из важных функциональных характеристик, определяющих пригодность сыра для производства пиццы.

В таблице 3.1 представлена шкала балльной оценки органолептических показателей сыров для пиццы.

Таблица 3.1 – Шкала оценки органолептических показателей сыров для пиццы

Наименование и характеристика показателя	Оценка, балл
Вкус и запах (30 баллов)	
Отличный (сыр не имеет пороков вкуса и запаха и соответствующий НД на сыр конкретного наименования)	30
Хороший (незначительные отклонения выраженности вкуса и запаха сыра конкретного наименования)	29-28
Удовлетворительный (значительные отклонения выраженности вкуса и запаха сыра конкретного наименования)	27-26
Нетипичный (нехарактерный для сыра конкретного наименования)	21-20
Слабый горький	26-25*
Горький	24-20*
Слабый кормовой	27-25*
Кормовой	25-20*
Излишне кислый	27-25*
Слабый посторонний	27-25*
Посторонний	20-15*
Слабый затхлый	27-25*
Затхлый	20-15*
Излишне соленый	27-25*
Слабый щелочной	27-24*
Щелочной	23-20*
Дрожжевой	20-15*
Слабый прогорклый	25-20*
Прогорклый	20-15*
Слабый осаленный	25-20*
Металлический	20-15*
Осаленный	15-10*
Консистенция (15 баллов)	
Отличная (характерная для сыра конкретного наименования и хорошо натираемая)	15
Хорошая (характерная для сыра конкретного наименования и способная к измельчению)	14
Недостаточно плотная	13-11
Излишне плотная	10-9
Несвязная	11-10
Мучнистая	12-11
Крошичная	11-8
Вязкая, липкая	8-5
Мажущаяся	5-4
Ломкая, колючаяся	5-4

Продолжение таблицы 3.1

Наименование и характеристика показателя	Оценка, балл
Внешний вид (5 баллов)	
Характерный для сыра конкретного наименования	5
Незначительно деформированные сыры	4-3
Ослизжение поверхности	4-2
Отделение влаги (свободная влага)	4-2
Плесневение	3-1
Изменение цвета поверхности, цветные пятна	3-1
*-в зависимости от выраженности порока	

Неприемлемыми пороками вкуса сыров, используемых для производства пиццы, являются выраженный осаленный, прогорклый, затхлый или дрожжевой, что фиксируется снижением балльной оценки за вкус и запах до 10 баллов. Щелочной и металлический привкус более характерен для имитационных сыров. Слабый горький вкус сыра после тепловой обработки может усиливаться и становиться горьким.

Наиболее значимыми пороками консистенции являются мажущая, ломкая или колючаяся консистенция, так как эти пороки затрудняют измельчение сыров при подготовке их для нанесения на пиццу и приводят к снижению оценки до 4-5 баллов.

Пороки внешнего вида являются менее значимыми факторами, влияющими на балльную оценку и функциональные характеристики сыров для пиццы, однако такие пороки, как плесневение и цветные пятна, причиной которых является микробиологическая порча, обесценивают внешний вид сыров, снижая оценку до 1 балла.

Сыры, получающие оценку за вкус ниже 15 баллов, за консистенцию ниже 8, за внешний вид ниже 2 баллов, не пригодны для производства пиццы и по органолептическим показателям обесцениваются до брака.

Функциональные характеристики сыров для пиццы являются ключевыми показателями, определяющими возможность их целевого использования. В зависимости от того, как продукт ведет себя после высокотемпературной обработки в HoReCa, определяются его

потребительские свойства. Учитывая значимость функциональных характеристик наряду с органолептическими показателями, их суммарная максимальная оценка также условно принята за 50 баллов. Порядок расположения функциональных характеристик для оценки обусловлен последовательностью их определения (таблица 3.2). Баллы за функциональные свойства распределены в соответствии со значимостью для пиццы, требованиями производителей пиццы и потребительскими предпочтениями.

Таблица 3.2 – Шкала оценки функциональных характеристик сыров для пиццы

Наименование показателя	Максимальная оценка, балл
Натираемость	5
Плавимость	10
Выделение свободного жира	5
Количество и цвет блистеров	5
Сгораемость	10
Растяжимость сырной нити	15

Проводя комплексную оценку качества и пригодности сыров для производства пиццы, первоначально определяют натираемость сыра. Сыры при измельчении могут совсем не натираться, крошиться, прилипать к измельчителю, размазываться. Также при измельчении следует оценивать состояние получившейся сырной стружки, так как ее размеры и слипаемость влияют на равномерность нанесения сыра на поверхность пиццы и дальнейшую оценку функциональных характеристик.

На основании накопленного опыта разработана пятибалльная шкала оценки показателя натираемость, представленная в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Шкала оценки натираемости сыров для пиццы

Описание	Оценка, балл
Сыр отлично натирается, не налипает на измельчитель, при натирании формируется однородная не слипающаяся при легком сжатии стружка, крохливость сыра и стружки отсутствует	5
Сыр хорошо натирается, отмечается наличие легкой крохливости или налипания термизированного сыра на измельчитель или слипание стружки после натирания	4

Продолжение таблицы 3.3

Описание	Оценка, балл
Сыр удовлетворительно натирается, отмечается наличие крошки или налипания сыра на измельчитель или слипание стружки после натирания	3
Сыр плохо натирается, отмечается наличие сильной крошки и/или налипания сыра на измельчитель и/или слипание стружки после натирания	2
Отсутствует возможность натирания сыра	1

Сыр, который невозможно натереть за счет излишне плотной консистенции, может быть измельчен путем нарезания, в то время как сыр с излишне мажущейся консистенцией измельчению не подлежит. Сыр считается непригодным для производства пиццы при оценке натираемости ниже 2 баллов.

После выпечки пиццы проводят оценку следующих функциональных характеристик: плавимость, выделение свободного жира, количество и цвет блистеров, сгораемость и растяжимость (длина сырной нити). Вначале определяют показатели, характеризующие внешний вид расплавленного сыра, а затем растяжимость сырной массы.

Плавимость является одной из основных функциональных характеристик сыров для пиццы. При крайних проявлениях данной характеристики сыры могут быть как термостойкими, так и способными переходить в жидкое состояние. Термостойкие сыры могут быть использованы в качестве начинок и продуктов для жарки, а наиболее текучие - в качестве топпинга, но не для пиццы. При приготовлении горячих бутербродов и пиццы в HoReCa востребованы сыры с ограниченной текучестью.

В таблице 3.4 представлена шкала оценки сыров для пиццы по показателю плавимости, выраженная в баллах.

Таблица 3.4 – Шкала оценки плавимости сыров для пиццы

Характеристика	Увеличение диаметра поверхности сыра после выпечки, мм	Баллы
Отлично	30-50	10-9
Хорошо (слегка тугоплавкая)	20-29	8-6

Продолжение таблицы 3.4

Характеристика	Увеличение диаметра поверхности сыра после выпечки, мм	Баллы
Удовлетворительно (текучая)	60-70	7-4
Удовлетворительно (тугоплавкая)	11-19	5-3
Неудовлетворительно (отсутствие текучести)	менее 10	3-1
Неудовлетворительно (излишне текучая)	более 70	3-1

В соответствии с предлагаемой шкалой, наиболее низкие баллы даются за крайние отклонения от искомых значений плавимости: слабую плавимость – когда увеличение диаметра расплавленного сыра составляет менее 10 мм от исходного (80 ± 10 мм натертого сыра до выпечки) или излишнюю плавимость – когда диаметр увеличивается более чем на 70 мм от исходного.

Сыры, получающие оценку плавимости ниже 3 баллов, не пригодны для производства пиццы.

Во время выпечки за счет теплового воздействия происходит разрушение белковой матрицы сыра, и свободный жир вытекает. По мере охлаждения расплавленного сыра свободный жир может скапливаться в нишах под корочкой, создавая матовую поверхность, или выделяться над корочкой, создавая глянец. Количество выделившегося свободного жира зависит от массовой доли жира в сыре. Большое скопление свободного жира приводит к забраковке готовой пиццы.

Оценку выделения свободного жира проводят одной из первых после выпечки пиццы, когда можно наблюдать кипение жира под корочкой. Оценка функциональной характеристики – выделение свободного жира считается трудной, так как выделившийся жир может располагаться под корочкой расплавленного сыра, образуя «лужи» жира, которые необходимо отличать от блистеров.

Разрабатывая шкалу оценки выделения свободного жира, ориентировались на простоту применения данной шкалы, основываясь на

визуальном осмотре готовой пиццы. Шкала оценки выделения свободного жира сыров для пиццы указана в таблице 3.5. В соответствии с ней максимальный балл (5)дается за отсутствие явного выделения жира и блестящую поверхность расплавленного сыра, а минимальный балл (1) - за отсутствие выделения жира и блеска поверхности сыра после выпечки или чрезмерное выделение свободного жира.

Таблица 3.5 – Шкала оценки выделения свободного жира сыров

Характеристика показателя	Оценка, балл
Отлично (явное выделение жира отсутствует, поверхность расплавленного сыра глянцевая)	5
Хорошо (небольшое выделение жира, поверхность расплавленного сыра глянцевая, отмечаются единичные капли жира)	4
Удовлетворительно (выделившийся жир покрывает менее 50% поверхности расплавленного сыра, возможно образование жировых скоплений)	3
Неудовлетворительно (выделившийся жир покрывает более 50% поверхности расплавленного сыра или свободный жир вытекает за края испытуемого образца пиццы)	2-1
Неудовлетворительно (отсутствие выделения свободного жира и глянца на поверхности расплавленного сыра)	2-1

Сыры, получающие оценку по показателю «выделение свободного жира» 2 балла и ниже, не пригодны для производства пиццы.

Наличие блистеров и их цвет не являются обязательными условиями, определяющими пригодность сыров для пиццы, так как на данный показатель в первую очередь оказывают влияние условия выпекания пиццы. Показатель интенсивности блистерного цвета является отражением средней оценки цвета блистеров. Факторы, которые в наибольшей степени влияют на цвет блистера — это содержание сахаров и соотношение белок-влага, а также тип печи и максимальные температуры, используемые во время выпекания. Интенсивность окраски может варьироваться от блистера к блистеру из-за неравномерности теплового потока воздуха при выпечке.

В таблице 3.6 представлена шкала оценки сыров для пиццы по способности образовывать блистеры при стандартных условиях выпечки

((200±3) °C, 12 минут), выраженная в баллах.

Таблица 3.6 – Шкала оценки количества и цвета блистеров сыров для пиццы

Характеристика показателя	Оценка, балл
Отлично (отсутствие блистеров или мелкие многочисленные блистеры, расположенные равномерно по всей поверхности расплавленного сыра, цвет блистеров от светло-желтого до светло-коричневого)	5
Хорошо (мелкие многочисленные блистеры расположены неравномерно по поверхности или блистеры соединены в крупные скопления, цвет блистеров от светло-коричневого до коричневого)	4-3
Неудовлетворительно (одиночные крупные блистеры размером более 30 мм, цвет блистеров от темно-коричневого до черного)	1-2

Блистеры черного цвета на поверхности расплавленного сыра после выпечки пиццы приводят к оценке в 1 балл, следовательно, к забраковке готового продукта.

Блистеры тесно связаны с оценкой сгораемости. Сгораемость оценивают по цвету расплавленного сыра на поверхности пиццы, который варьируется от светло-желтого до темно-коричневого или черного.

В таблице 3.7 представлена разработанная шкала оценки сгораемости сыров для пиццы после выпечки.

Таблица 3.7 – Шкала оценки сгораемости сыров для пиццы

Характеристика показателя	Оценка, балл
Отлично (признаков сгораемости не наблюдается: цвет по всей поверхности от светло-желтого до коричневого равномерный)	10-9
Хорошо (сыр подрумянился по краю или отмечены участки сыра темно-коричневого цвета)	8-6
Удовлетворительно (подгорелые только края сыра)	5-4
Неудовлетворительно (темно-коричневый цвет всей поверхности)	3-1
Сыр сгорел	0

При оценке сгораемости сыра ниже 3 баллов, сыр считается непригодным для производства пиццы.

Одной из наиболее значимых функциональных характеристик сыров

для пиццы является растяжимость. Растяжимость — это уникальное свойство, характерное для многих натуральных чеддеризованных сыров, применяемых как основной ингредиент для пиццы. Растяжимость выражается через длину сырной нити. Сыры могут образовывать как очень длинную нить (более 1 метра), так и совсем не образовывать сырную нить. Сыры, которые применяют при производстве пиццы, должны обладать определенной длиной сырной нити.

В таблице 3.8 представлена шкала оценки растяжимости сыра, оцениваемая после выпечки пиццы.

Таблица 3.8 – Условная шкала оценки растяжимости сыров для пиццы

Характеристика показателя	Оценка, балл
Отлично (длина сырной нити 30-50 см, нить из множественных волокон - не менее 2-3 шт)	15
Хорошо (длина сырной нити 20-29 см, нить из множественных волокон - не менее 2-3 шт)	14-12
Удовлетворительно (длина сырной нити более 50 см)	11-9
Удовлетворительно (длина сырной нити 10-19 см)	11-7
Неудовлетворительно (длина сырной нити 5 – 9 см, одиночная нить)	6-2
Неудовлетворительно (длина сырной нити менее 5 см)	2-1
Нить отсутствует	0

Сыр считают пригодным для приготовления пиццы, если при выпечке образуются нити длиной 30-50 см. Если сырные нити отсутствуют или их длина менее 5 см, то такой сыр не пригоден для производства пиццы.

Таким образом, разработанная шкала оценки сыров для пиццы позволит определить соответствие конкретного сыра комплексу органолептических и функциональных характеристик, оценить риски снижения качества пиццы с учетом предпочтений потребителя и, как следствие, повысить конкурентоспособность готовой продукции.

3.2 Исследование различных групп натуральных сыров как сырья для производства пиццы

Для производства пиццы чаще всего применяют натуральные сыры. Для выявления пригодности различных видовых групп сыров для производства пиццы проведены исследования их функциональных характеристик при соответствии идентификационным органолептическим показателям. Выбраны образцы основных видовых групп натуральных сыров (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Группы натуральных сыров, используемых в исследовании

№ об-разса	Вид сыра	Степень зрелости	Количество исследованных образцов (n)
1	Твердые сыры с высокой температурой второго нагревания	Зрелый	16
2	Полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта	Незрелый	18
3		Зрелый	18
4	Полутвердые сыры пониженной жирности с пропионовокислыми микроорганизмами	Незрелый	17
5		Зрелый	17
6	Полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания и повышенным уровнем молочнокислого процесса, формуемые насыпью	Незрелый	16
7		Зрелый	16
8	Полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания	Зрелый	15
9	Полутвердые сыры, созревающие при участии плесени <i>Penicillium roqueforti</i>	Зрелый	14
10	Полутвердые сыры, изготовленные с чеддеризацией сырной массы	Зрелый	22
11	Полутвердые низкожирные сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы	Без созревания	17
12	Мягкие сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы	Зрелый	22
13	Мягкие сыры, обогащенные пробиотическими микроорганизмами	Без созревания	16
14	Рассольные сыры с низкой температурой второго нагревания	Зрелый (с коротким сроком созревания)	18
15	Рассольные сыры без второго нагревания	Зрелый (с коротким сроком созревания)	19

Данные сыры соответствовали органолептическим, физико-химическим, биохимическим и реологическим характеристикам, указанным в документации по стандартизации на конкретный вид сыра.

Основными потребительскими характеристиками, определяющими целесообразность использования того или иного вида натурального сыра для производства пиццы, являются функциональные характеристики. Оценку функциональных характеристик проводили с помощью разработанной шкалы оценки сыров для пиццы и методов, представленных в главе 2.3.

Результаты комплексной оценки функциональных характеристик исследованных натуральных сыров в сравнении с максимально желаемой оценкой (эталон) отражены на рисунке 3.2, профилограммы по оценке функциональных характеристик натуральных сыров, представлены в приложении В. За эталон брали максимальные оценки за каждую функциональную характеристику.

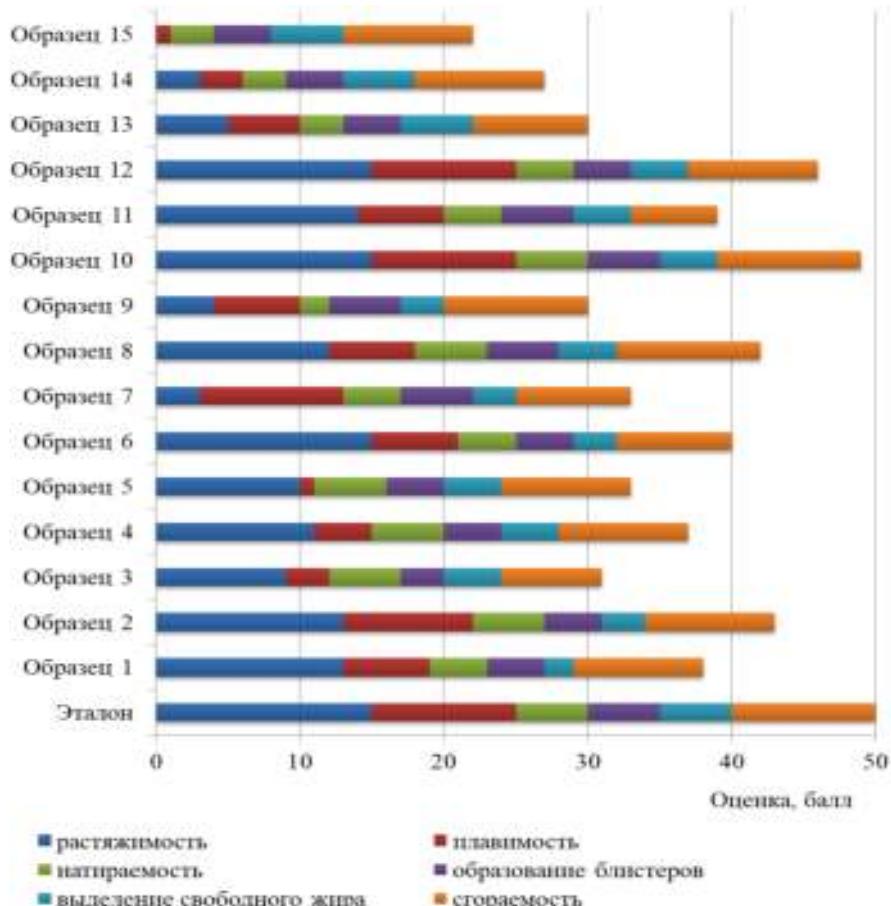


Рисунок 3.2 – Оценка функциональных характеристик исследованных натуральных сыров

Как видно из данных, представленных на рисунке 3.2, твердые сыры (образец 1) после выпечки имели низкие оценки за плавимость и выделение свободного жира, так как обладали чрезмерной плавимостью и сильным выделением жира. Натираемость, образование блистеров, сгораемость и растяжимость в твердых сырах близки к искомым. В большинстве образцов полутвердых сыров, подвергающихся созреванию, проявлялись ухудшение растяжимости и плавимости. Полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания (образец 8) обладали недостаточной плавимостью и растяжимостью.

Сыры, созревающие при участии плесени *Penicillium roqueforti* (образец 9), а также мягкие (образец 13) и рассольные сыры (образцы 14 и 15) получили низкие комплексные оценки функциональных характеристик, так как плохо натирались, практически не образовали сырных нитей после выпечки, при этом сыры с плесенью обладали чрезмерной плавимостью, а мягкие и рассольные сыры не плавились. Следовательно, натуральные сыры данных групп непригодны для приготовления пиццы.

Установлено, что полножирные сыры с чеддеризацией сырной массы (образец 10) максимально соответствуют комплексу функциональных характеристик. Однако уменьшение массовой доли жира в сухом веществе до 20 % в сырах с чеддеризацией (образец 11), таких как полутвердый сыр Кальятта, приводит к некоторому снижению плавимости и усилиению сгораемости.

Анализ результатов комплексной оценки исследованных натуральных сыров показал, что увеличение массовой доли жира в сырах приводит к улучшению их плавимости, растяжимости, сгораемости и к активному выделению свободного жира. Установлено, что прием чеддеризации, то есть сбраживание лактозы в процессе выработки сыра, привел к улучшению функциональных характеристик.

Таким образом, для производства пиццы наиболее предпочтительно использовать сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой

сырной массы, незрелые полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта, и полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания. Рекомендация по применению сыров с чеддеризацией, в частности сыра Моцарелла как основного ингредиента для пиццы согласуется с рекомендациями многих зарубежных исследователей [8, 23, 42, 44, 89].

Применение натуральных сыров приводит к высокой стоимости готовой пиццы. Поэтому разработка сыров целевого назначения – сырья для производства пиццы, одновременно обладающих комплексом функциональных характеристик и более низкой себестоимостью, чем натуральные сыры, является актуальной задачей.

3.3 Разработка технологии и критериев оценки качества и безопасности термизированных сыров для пиццы

Одним из путей снижения себестоимости натуральных сыров при одновременном сохранении комплекса функциональных характеристик, обеспечивающих возможность использовать сыры как сырье для производства пиццы, является термомеханическая обработка с применением эмульгирующих солей. При этом режимы термомеханической обработки и дозы эмульгирующих солей не должны ухудшать как органолептические показатели, так и комплекс функциональных характеристик, обеспечивая необходимый уровень микробиологической безопасности.

3.3.1 Исследование влияния температурных режимов производства на органолептические, физико-химические, реологические параметры и функциональные характеристики сыров для пиццы

Для проведения исследований влияния температурных режимов производства на органолептические, физико-химические, реологические

параметры и функциональные характеристики сыров для пиццы в качестве белково-жировой основы выбран полутвердый низкожирный (массовая доля жира в сухом веществе $20\pm1\%$) сыр с чеддеризованной сырной массой.

Экспериментальные сыры вырабатывали на основе сыров-сырья, нормализацию смеси проводили сливочным маслом (для обеспечения массовой доли жира в сухом веществе образцов $45,0\pm1,0\%$), концентратом молочных белков и водой (для обеспечения массовой доли сухих веществ $48,0\pm1,0\%$ и влажности $52,0\pm1,0\%$ в ТС), массовая доля эмульгирующей соли - $2,00\pm0,05\%$. Термомеханическую обработку проводили при следующих температурных режимах: (65 ± 2) °C, (70 ± 2) °C, (75 ± 2) °C, (80 ± 2) °C и (85 ± 2) °C. Время термомеханической обработки экспериментальных образов зависело от температурных режимов: при температуре (65 ± 2) °C - 15 минут, при (70 ± 2) °C - 13,5 минут, при (75 ± 2) °C - 12 минут, при (80 ± 2) °C - 10 минут, а при (85 ± 2) °C - 8 минут.

Результаты органолептической оценки образцов сыров для пиццы, выработанных на основе натуральных сыров, представлены на рисунке 3.3. Оценку полученных сыров проводили с помощью разработанной шкалы оценки сыров для пиццы.

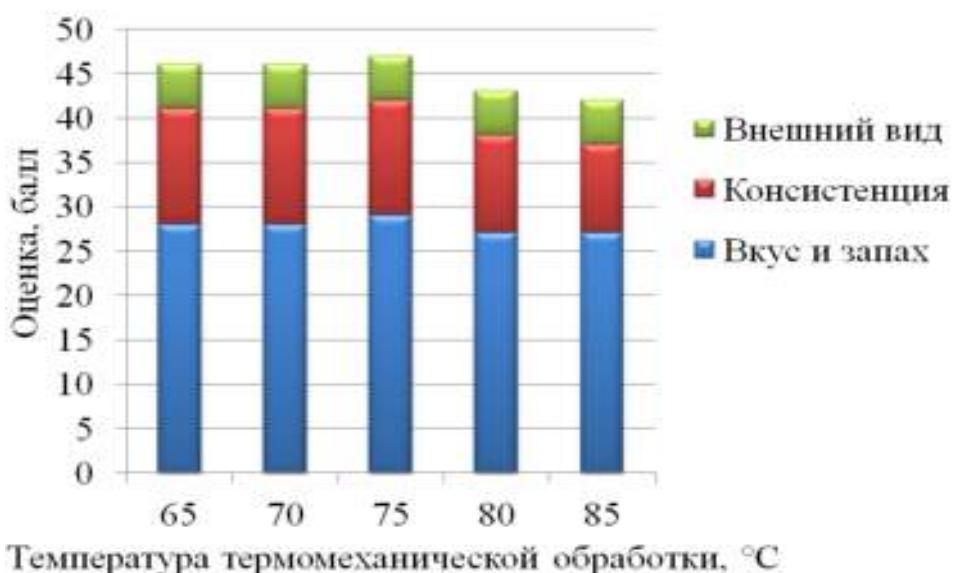


Рисунок 3.3 – Влияние температурных режимов обработки смеси на органолептическую оценку сыров для пиццы

Из данных, представленных на рисунке 3.3, видно, что увеличение температурных режимов обработки смеси более 75 °С привело к пропорциональному снижению органолептических показателей. При температуре (85±2) °С у сыров для пиццы отмечалась творожистая консистенция, что снижало их оценку до 10 баллов и оказывало отрицательное влияние на натираемость и растяжимость. Не выявлено влияния температурных режимов производства исследованных образцов на их внешний вид. После остывания сыры для пиццы сохраняли форму, отделения влаги и изменения цвета на поверхности не наблюдалось.

Результаты исследований влияния режимов термомеханической обработки сыров для пиццы на показатель pH и содержание влаги представлены на рисунках 3.4 и 3.5.

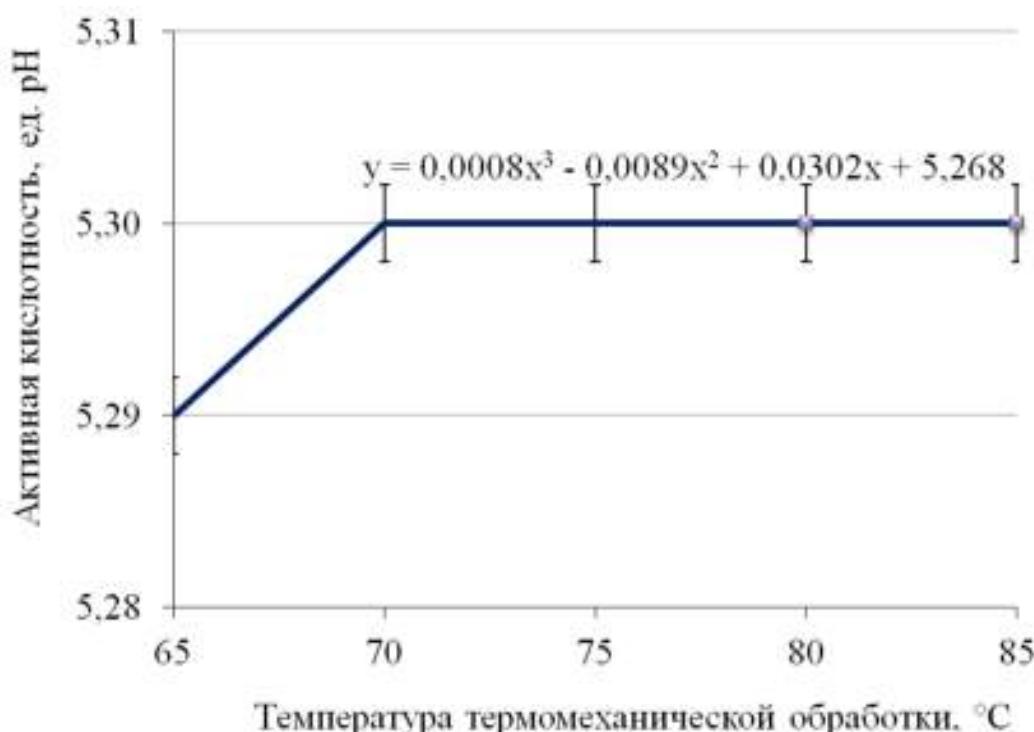


Рисунок 3.4 – Влияние температуры обработки на активную кислотность сыров для пиццы

Не выявлено влияния температуры термомеханической обработки смеси на активную кислотность экспериментальных сыров. Активная кислотность исследованных образцов больше, чем в исходном сыре (5,15 ед. pH), так как на

его pH оказывает влияние применение эмульгирующей соли и pH компонентов, используемых для нормализации смеси.

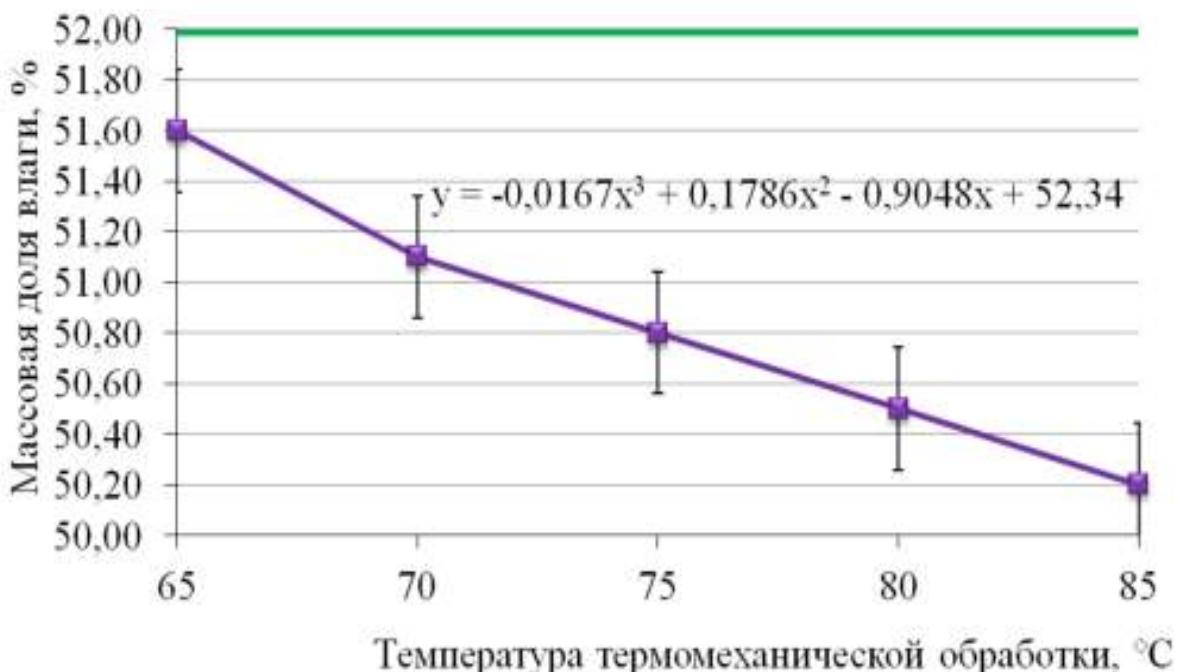


Рисунок 3.5 – Влияние температуры обработки на массовую долю влаги сыров для пиццы

В результате проведенных исследований установлено, что температурные режимы обработки смеси оказывали влияние на конечную влажность готового продукта. Исходный уровень влаги в смеси составлял 52,0 %. С увеличением температуры обработки массовая доля влаги сыров для пиццы пропорционально уменьшалась, и при режиме (85±2) °C ее снижение составляло 2,0 % от исходной.

Результаты исследований влияния температурных режимов обработки на реологические показатели (комплексный модуль сдвига, модуль упругости, динамическую вязкость и тангенс угла потерь) представлены на рисунке 3.6.

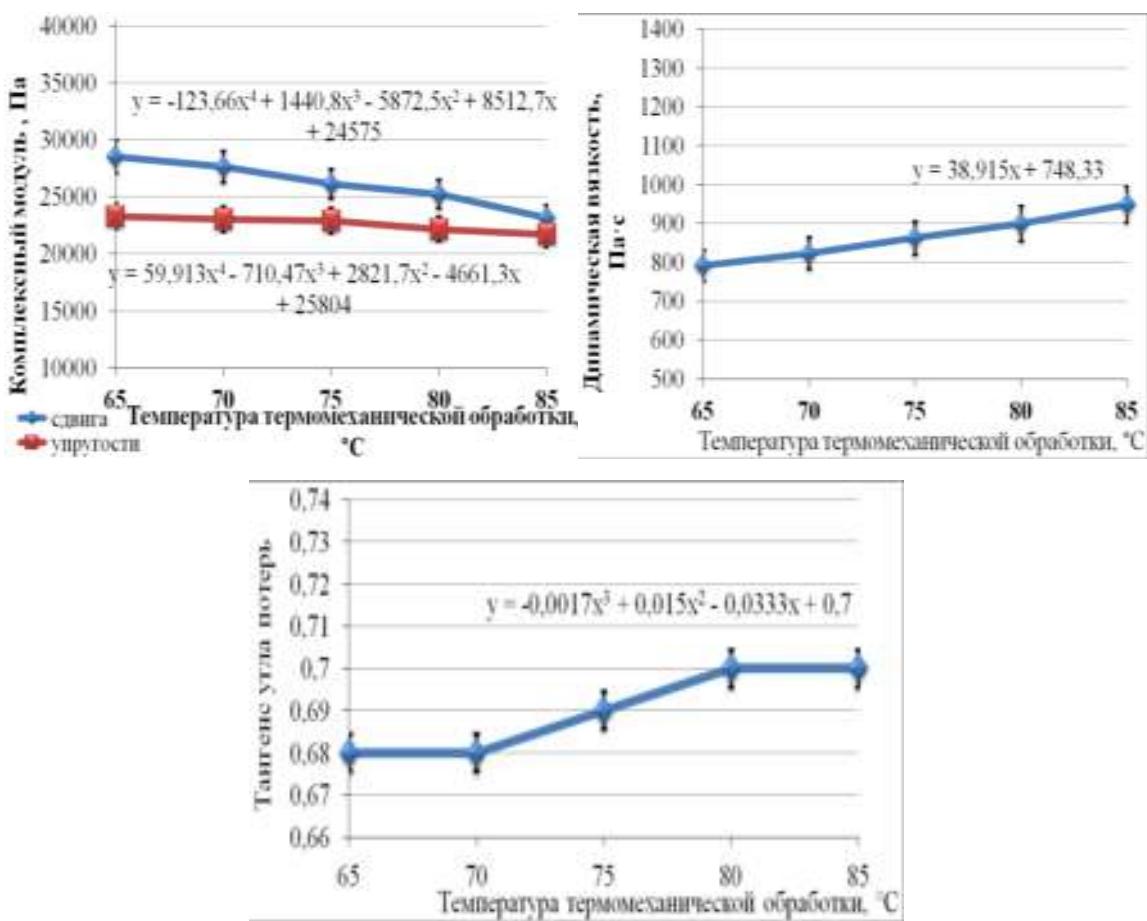


Рисунок 3.6 – Влияние температурных режимов на реологические характеристики специализированных сыров для пиццы

В результате анализа данных, представленных на рисунке 3.6, установлено, что комплексный модуль сдвига и модуль упругости снижались с увеличением температуры термомеханической обработки смеси, что свидетельствует о размягчении сырной массы и характеризует снижение способности продукта сопротивляться деформации разрушения. Комплексный модуль сдвига отражает суммарную реакцию продукта на приложенную деформацию, складывающуюся из упругости, вязкости и пластичности, которыми обладает любое реальное реологическое тело. Этот показатель наиболее близко коррелирует с органолептической оценкой консистенции.

Снижение комплексного модуля сдвига с увеличением температуры термомеханической обработки происходит за счет уменьшения упругих свойств (модуль упругости имел тенденцию к снижению). Очевидно, что

влияние этого фактора на комплексный модуль сдвига превалирует над вязкостью, так как вязкостные свойства сыров целевого назначения при увеличении температуры обработки смеси увеличивались.

Этот результат можно объяснить следующими предположениями: при увеличении температуры производства, по-видимому, происходит в большей степени разрушение белковой матрицы, целостность которой определяет упругие свойства. В результате происходит перестройка структуры за счет образования других связей, усиливающих внутреннее трение между элементами структуры. На это указывает увеличение вязкости, а также величина $\text{tg } \delta$ (тангенса угла потерь). Тангенс угла потерь характеризует отношение вязких свойств к упругим. Судя по полученным результатам, при увеличении температуры термомеханической обработки вклад в структуру продукта вязко-пластичности увеличивается. Это ухудшало натираемость при подготовке экспериментального сыра для нанесения на поверхность пиццы до выпечки. Приемлемым это свойство оставалось, когда температура обработки смеси не превышает 75 °C, а температура обработки (85±2) °C, которая обычно используется при производстве плавленых сыров, неприменима.

Для определения статистической значимости влияния температурных режимов обработки на физико-химические, в том числе и реологические, параметры сыров целевого назначения проведен однофакторный дисперсионный анализ, представленный в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Статистическая значимость влияния температурных режимов на физико-химические и реологические параметры сыров для пиццы

Показатель	p	MS	F _{эмп}	F _{кр}
Активная кислотность	> 0,05	0,0002	3,95	4,26
Массовая доля влаги	< 0,001	1,96	20,97	
Комплексный модуль сдвига	< 0,001	29575232,14	231,39	
Модуль упругости	< 0,001	2993599,90	49,74	
Динамическая вязкость	< 0,001	25676,17	175,09	
Тангенс угла потерь	< 0,05	0,0004	6,00	

Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали, что активная кислотность не зависит от температуры термомеханической

обработки ($p>0,05$), а остальные показатели зависят от исследованного фактора ($p<0,05$ и $p<0,001$).

Сыры для пиццы должны обладать комплексом функциональных характеристик, поэтому необходимо оценить влияние температурных режимов обработки на функциональные характеристики сыров для пиццы. На рисунке 3.7 представлена комплексная оценка функциональных характеристик, на рисунке 3.8 - внешний вид образов сыра для пиццы после выпечки.

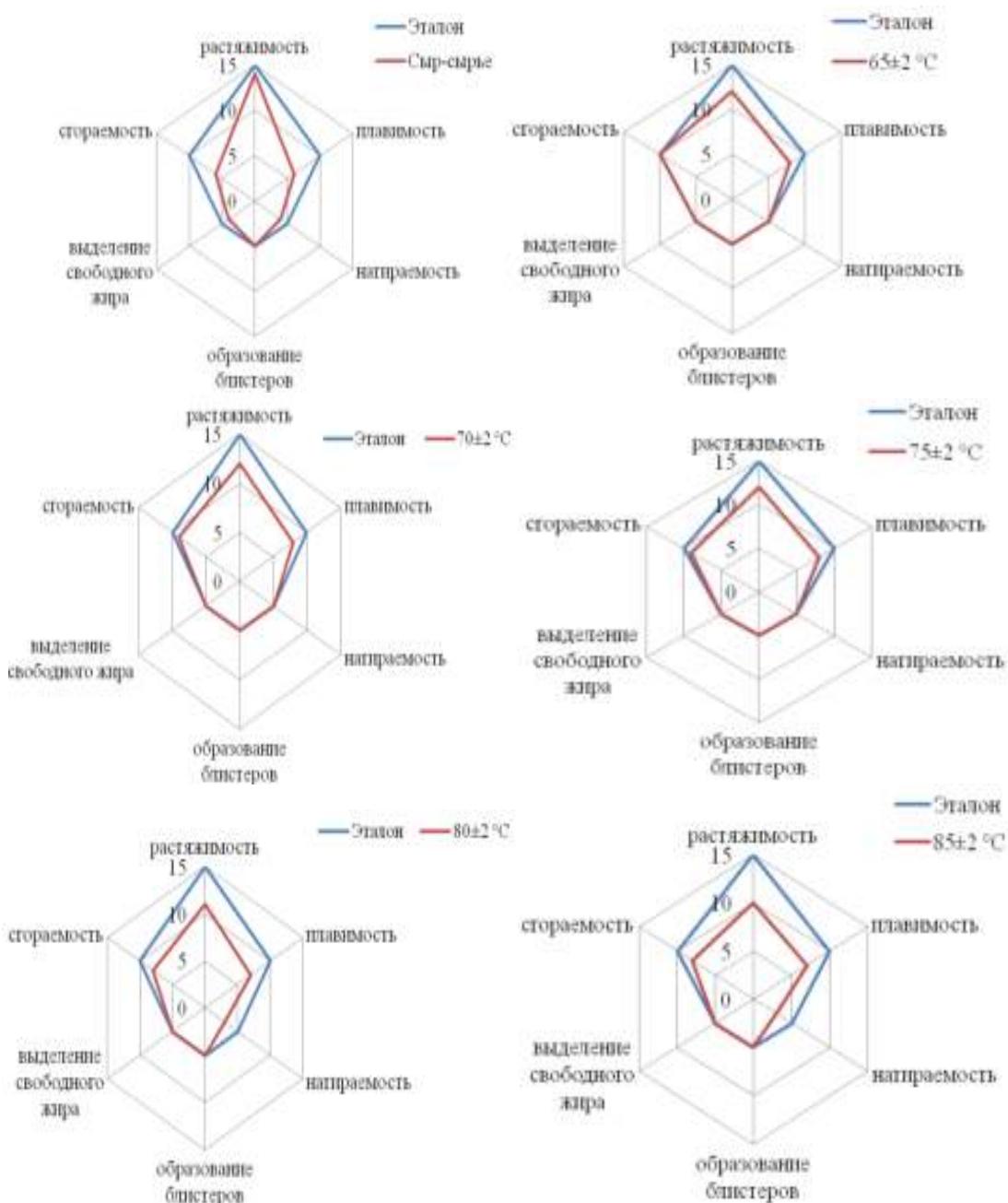


Рисунок 3.7 – Профилограммы оценки функциональных характеристик исследованных сыров

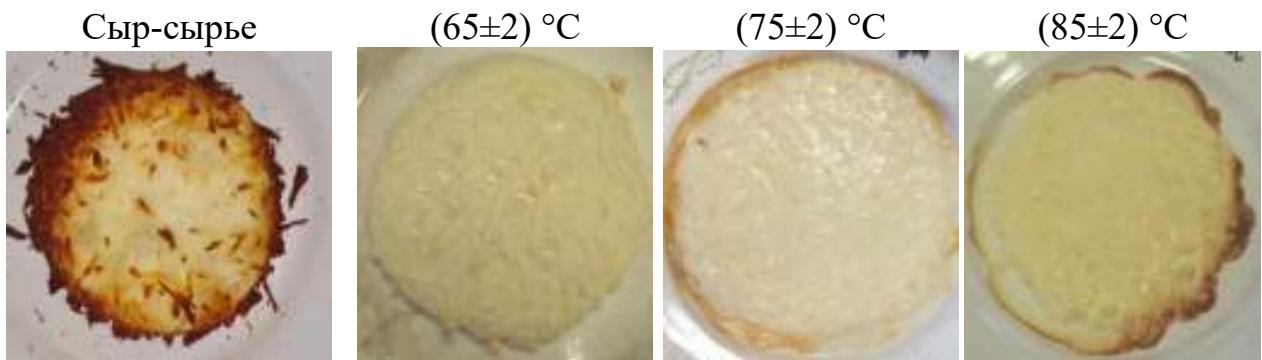


Рисунок 3.8 – Внешний вид исследованных образцов после выпечки

Установлено, что во всех образцах экспериментированных сыров ухудшалась растяжимость и улучшалась плавимость относительно исходного сыра-сырья. В процессе термомеханической обработки улучшается взаимосвязь жира с белковым каркасом за счет использования эмульгирующей соли и увеличивается влажность за счет добавления воды, что защищает сырную массу от воздействия высоких температур при выпечке. Однако при температурном режиме (85 ± 2) °C отмечалось усиление сгораемости сыра целевого назначения в сравнении с образцами, изготовленными при температуре ниже 75 °C, что связано с недостатком влаги. Исходный сыр-сырье горел намного сильнее, чем разрабатываемые сыры, так как имел более низкое содержание жира и влаги. Сыр-сырье обладал тугоплавкостью (плавимость 21±1 мм) и оценивался в 6 баллов, а сыры для пиццы, выработанные на его основе, имели повышенную плавимость после выпечки (55-60 мм) и оценивались в 7-8 баллов.

При увеличении температуры обработки смеси оценка за растяжимость снижалась на 2-4 балла. Уменьшение длины сырной нити может быть связано с концентрацией эмульгирующей соли $2,00\pm0,05$ %. Термомеханическая обработка ниже 75 °C сыра-сырья улучшала натираемость готового продукта. Производство сыров для пиццы при температуре (85 ± 2) °C привело к творожистой консистенции и преобладанию вязких свойств над упругими по реологическим характеристикам, что

ухудшало натираемость готового продукта, т.е. приводило к крошливости продукта, налипанию на измельчитель, и как следствие снижало оценку до 3 баллов. Температурные режимы обработки сырной массы не влияли на образование блистеров.

Для оптимизации температурных режимов производства экспериментальных сыров необходима суммарная оценка их влияния на органолептические и функциональные характеристики.

Для оценки влияния режимов обработки смеси на комплекс органолептических и функциональных характеристик сыров целевого назначения использована Гауссовская модель, описываемая уравнением:

$$y = 25 \cdot e^{-\frac{(x-72)^2}{200}} + 75 , \quad (3.1)$$

где x - температура термомеханической обработки, °C;

y - суммарная оценка за органолептические и функциональные характеристики, балл.

Гауссовская модель продемонстрировала высокую статистическую значимость ($F = 15,2$ ($F_{\text{крит}} = 10,88$), $p < 0,001$), объясняя 79,5 % вариации данных ($R^2 = 0,795$). Все параметры модели были статистически значимы ($p < 0,001$), что подтверждает адекватность выбранной функции.

В результате математической обработки установлено, что для производства сыров для пиццы оптимальной является температура обработки смеси (72 ± 1) °C, что соответствует термину «термизация». Поэтому разрабатываемая категория получила название – сыры термизированные (TC).

3.3.2 Влияние температурных режимов термомеханической обработки и заквасочной микрофлоры сыров-сырья на показатели микробиологической безопасности термизированных сыров для пиццы

В данной серии экспериментов в качестве основного сырья для производства термизированных сыров выбраны натуральные сыры, которые часто применяются при приготовлении пиццы: сыры с чеддеризованной сырной массой и полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания. Сыры-сырье вырабатывали в экспериментальном цехе ВНИИМС. Варианты сыров-сырья представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Экспериментальные образцы сыров-сырья

Видовой состав бактериальной закваски	Образец	Обозначение
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> ;	Сыры с чеддеризованной сырной массой	СЧМ
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ;		
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> ;		
<i>Leuconostoc lactis</i>	Полутвердые сыры, произведенные по технологии Российского сыра	РМ
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	Сыры с чеддеризованной сырной массой	СЧТ
	Полутвердые сыры, произведенные по технологии Российского сыра	РТ

Термизированные сыры (ТС) вырабатывали на основе указанных в таблице 3.11 сыров-сырья с добавлением $2,00 \pm 0,05\%$ эмульгирующей соли. Нормализацию смеси проводили сливочным маслом (для обеспечения массовой доли жира в сухом веществе ТС $45,0 \pm 1,0\%$), концентратом молочных белков и водой (для обеспечения массовой доли сухих веществ $48,0 \pm 1,0\%$ и влажности $52,0 \pm 1,0\%$ в ТС). Термомеханическую обработку проводили при следующих температурных режимах: $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$, $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$ и $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Продолжительность термомеханической обработки и время ее окончания определяли экспериментально при первых признаках появления глянцевой поверхности и характерной структуры горячей сырной массы,

дающей слоистость, то есть при растягивании сырной массы, образующей нити.

Установлено, что время термической обработки экспериментальных образов зависело от температурных режимов: при температуре (65 ± 2) °C составляло 15 минут, при (75 ± 2) °C - 12 минут, а при (85 ± 2) °C - 8 минут.

Температурные режимы обработки смеси (65 ± 2) °C и (75 ± 2) °C не соответствуют температурным режимам, используемым при производстве плавленых сыров, и могут привести к появлению дополнительных рисков, влияющих на показатели микробиологической безопасности и хранимоспособность сыров для пиццы. Контроль микробиологических показателей осуществляли в исходной смеси и после термомеханической обработки. Результаты микробиологических исследований представлены в таблице 3.12.

По результатам проведенных микробиологических исследований установлено, что основной остаточной микрофлорой образцов, выработанных на основе сыров-сырья после термомеханической обработки, являлись заквасочные микроорганизмы. Температура обработки (65 ± 2) °C снижает общее количество микроорганизмов в выработанных термизированных сырах на 1 порядок, а температурный режим обработки (75 ± 2) °C снижал общее количество микроорганизмов на 2-4 порядка в исследованных образцах, что не обеспечивало нормируемое ТР ТС 033/2013 значение показателя КМАФАнМ для плавленых сыров. Режим термомеханической обработки (85 ± 2) °C в течение 8 минут привело к снижению показателя КМАФАнМ в термизированных сырах на 4-5 порядков, но, как и при более низких температурах, не обеспечивало регламентируемый уровень безопасности для плавленых сыров. Это связано с быстрой тепловой обработки по сравнению со стандартной технологией производства плавленых сыров, которая составляет 20 минут и более. С увеличением температуры термической обработки отмечено небольшое снижение количества споровых бактерий.

Таблица 3.12 – Влияние температурных режимов на микробиологические показатели экспериментальных сыров

Образец		КМАФАнМ, КОЕ/г	Количество мезофильных заквасочных микроорганизмов, КОЕ/г	Количество термофильных заквасочных микроорганизмов, КОЕ/г	БГКП	Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/г	Количество спор аэробных бактерий, КОЕ/г	Общее кол-во спор анаэробных бактерий, НВЧ спор/г	
Термизированные сыры, выработанные на основе СЧМ									
Масса после обработки	Смесь до обработки	$(2,5\pm0,9)\cdot10^7$	$(2,3\pm0,8)\cdot10^7$	-	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г	$(4,6\pm0,5)\cdot10^1$	$(1,3\pm0,3)\cdot10^1$	
	(65±2)°C	$(1,7\pm0,3)\cdot10^6$	$(1,5\pm0,4)\cdot10^6$				$(4,0\pm0,2)\cdot10^1$	$(0,6\pm0,2)\cdot10^1$	
	(75±2)°C	$(4,6\pm0,5)\cdot10^5$	$(4,5\pm0,5)\cdot10^5$				$(2,0\pm0,4)\cdot10^1$	$(0,6\pm0,2)\cdot10^1$	
	(85±2)°C	$(3,0\pm0,9)\cdot10^4$	$(3,1\pm0,6)\cdot10^4$				не выявлено в 0,1 г	$(0,6\pm0,2)\cdot10^1$	
Термизированные сыры, выработанные на основе СЧТ									
Масса после обработки	Смесь до обработки	$(1,8\pm0,3)\cdot10^9$	-	$(1,2\pm0,6)\cdot10^9$	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г	
	(65±2)°C	$(4,5\pm0,6)\cdot10^8$		$(1,7\pm0,5)\cdot10^8$					
	(75±2)°C	$(4,3\pm0,4)\cdot10^5$		$(4,0\pm0,5)\cdot10^5$					
	(85±2)°C	$(4,6\pm0,4)\cdot10^4$		$(2,0\pm0,6)\cdot10^4$					
Термизированные сыры, выработанные на основе РМ									
Масса после обработки	Смесь до обработки	$(3,8\pm0,7)\cdot10^8$	-	отсут. в 0,001г	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г	$(7,0\pm0,8)\cdot10^2$	$(6,0\pm0,4)\cdot10^1$	
	(65±2)°C	$(1,5\pm0,5)\cdot10^7$					$(1,3\pm0,5)\cdot10^2$	$(2,5\pm0,3)\cdot10^1$	
	(75±2)°C	$(1,2\pm0,3)\cdot10^5$					$(1,3\pm0,5)\cdot10^2$	$(1,3\pm0,2)\cdot10^1$	
	(85±2)°C	$(1,7\pm0,5)\cdot10^4$					$(1,0\pm0,3)\cdot10^2$	$(1,3\pm0,2)\cdot10^1$	
Термизированные сыры, выработанные на основе РТ									
Масса после обработки	Смесь до обработки	$(3,9\pm0,8)\cdot10^8$	-	$(3,2\pm0,7)\cdot10^8$	отсут. в 0,001г	отсут. в 0,1 г	$(1,0\pm0,5)\cdot10^2$	$(2,5\pm0,6)\cdot10^1$	
	(65±2)°C	$(1,5\pm0,5)\cdot10^7$		$(5,0\pm0,7)\cdot10^7$			$(1,0\pm0,3)\cdot10^2$	$(2,5\pm0,4)\cdot10^1$	
	(75±2)°C	$(1,0\pm0,4)\cdot10^5$		$(1,0\pm0,3)\cdot10^5$	отсут. в 0,1 г		$(9,1\pm0,5)\cdot10^1$	$(1,3\pm0,3)\cdot10^1$	
	(85±2)°C	$(2,9\pm0,4)\cdot10^4$		$(3,3\pm0,5)\cdot10^4$			$(9,1\pm0,4)\cdot10^1$	$(0,6\pm0,7)\cdot10^1$	

Все температуры термомеханической обработки оказались эффективны относительно бактерий групп кишечных палочек. Не выявлено влияния температурного режима тепловой обработки на содержание плесневых грибов и дрожжей, так как они изначально отсутствовали в исходной смеси.

Таким образом, показатель КМАФАнМ, регламентируемый в плавленых сырах как основной показатель микробиологической безопасности, не может быть применен для оценки термизированных сыров. Температурные режимы обработки сырной массы не обеспечивают снижения заквасочных микроорганизмов, которые являются преобладающей микрофлорой показателя КМАФАнМ. Остаточное количество заквасочных микроорганизмов нельзя рассматривать как показатель безопасности, поэтому для оценки безопасности термизированных сыров необходимо нормировать другие показатели, в частности БГКП.

В таблице 3.13 представлены рекомендуемые значения показателей микробиологической безопасности для термизированных сыров в сравнении с нормируемыми ТР ТС 033/2013 показателями безопасности для натуральных и плавленых сыров.

Таблица 3.13 – Показатели микробиологической безопасности различных категорий сыров

Допустимая норма содержания	Нормируемый показатель	Натуральный сыр	Плавленый сыр	Термизированный сыр
Масса продукта, в которой не допускаются, г	Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы		25	
	Листерии <i>L. monocytogenes</i>	25	-	25
	БГКП	0,001	0,1	0,1
	Стафилококки <i>S. aureus</i>	0,001	-	0,01
КОЕ/г, не более	КМАФАнМ	-	$5 \cdot 10^3$	-
	Дрожжи и плесневые грибы	-	Д-50/100 П-50/100	Д-50 П-50

Норма содержания БГКП в термизированных сырах соответствует норме их содержания в плавленых сырах, так как температура термомеханической

обработки смеси должна обеспечивать отсутствие данных микроорганизмов в 0,1 г продукта. В отличие от плавленых сыров в термизированных сырах не допускаются *S. aureus* в 0,01 г продукта, так как применяемые режимы термомеханической обработки не гарантируют полного уничтожения стафилакокков. В отличие от натуральных сыров термизированные сыры подлежат контролю на содержание дрожжей и плесневых грибов.

3.3.3 Исследование влияния массовой доли эмульгирующей соли на показатели качества и функциональные характеристики термизированных сыров

На показатели качества и функциональные характеристики термизированных сыров для пиццы, возможно, оказывает влияние количество эмульгирующей соли. Поэтому целью дальнейших исследований являлось изучение влияния массовой доли эмульгирующей соли на показатели качества и функциональные характеристики термизированных сыров.

В данном эксперименте в качестве основного сырья использовали чеддеризованный низкожирный сыр. По результатам предыдущих исследований выбран режим термомеханической обработки (72 ± 3) °C в течение 15 минут. В качестве эмульгирующей соли применяли фосфатно-цитратную соль (Rovisal PZ 7) в количестве 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 % от объема смеси.

Результаты влияния массовой доли эмульгирующей соли на органолептическую оценку термизированного сыра для пиццы представлены на рисунке 3.9.

В результате органолептической оценки установлено, что массовая доля эмульгирующей соли не влияла на вкус, но оказывала существенное влияние на консистенцию термизированных сыров. При применении 0,5 % эмульгирующей соли в готовом продукте наблюдались нерасплавленные частицы, а 2,0 % соли приводило к мажущей консистенции. Кроме того, снижение оценки за внешний вид у образцов, изготовленных с 0,5 % эмульгирующей соли, связано с

неравномерным распределением цвета сырной массы из-за нерасплавленных частиц сыра-сырья. Результаты органолептической оценки показали, что наилучшими образцами являлись термизированные сыры с массовой долей эмульгирующей соли 1,0 % и 1,5 %.

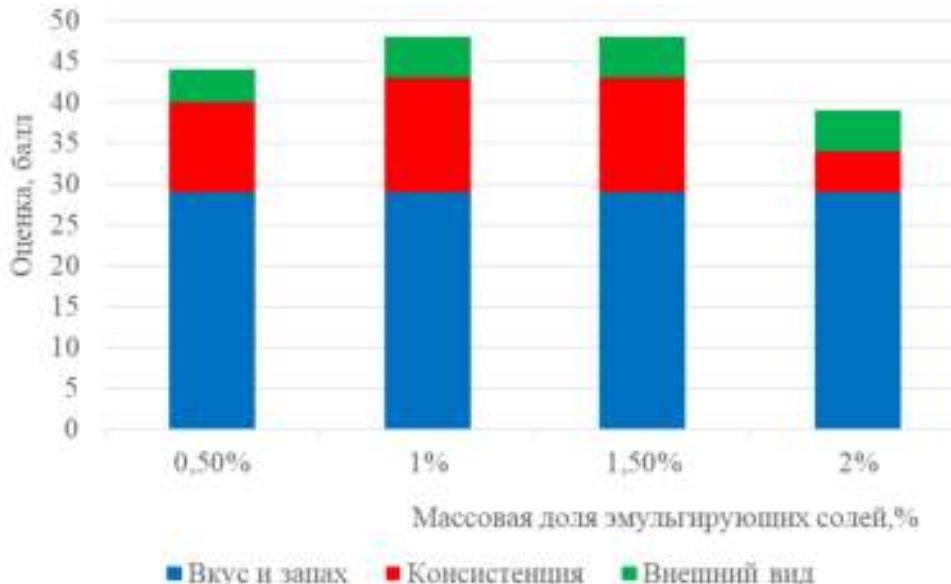


Рисунок 3.9 – Влияние массовой доли эмульгирующей соли на органолептическую оценку термизированных сыров

Результаты влияния массовой доли эмульгирующей соли на активную кислотность и пенетрационное напряжение представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Влияние массовой доли эмульгирующей соли на активную кислотность и пенетрационное напряжение термизированных сыров

Показатель	Массовая доля эмульгирующей соли, %			
	0,5	1,0	1,5	2,0
Активная кислотность, ед. pH	5,46±0,04	5,59±0,02 ^a	5,60±0,01 ^{a,b}	5,62±0,02 ^b
Пенетрационное напряжение, кПа	469,8± 208,0	323,5± 150,2 ^a	319,8± 100,4 ^a	286,5± 192,4

Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=20)
Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одной строки, не имеют статистически значимых отличий (p>0,05)

Не установлено значимого влияния массовой доли эмульгирующей соли более 1,0 % на активную кислотность термизированных сыров. Более низкие значения pH у образцов, изготовленных с 0,5 % эмульгирующей соли, можно

объяснить наличием нерасплавленных частиц сыра-сырья. С увеличением доли эмульгирующей соли снижалось пенетрационное напряжение, что связано с разрушением белкового каркаса и размягчением готового продукта.

Для определения статистической значимости влияния массовой доли эмульгирующей соли на активную кислотность и пенетрационное напряжение термизированных сыров проведен однофакторный дисперсионный анализ, представленный в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Статистическая значимость влияния дозы эмульгирующей соли на активную кислотность и пенетрационное напряжение термизированных сыров

Показатель	p	MS	F _{ЭМП}	F _{kp}
Активная кислотность	< 0,05	0,04	369,87	3,01
Пенетрационное напряжение	< 0,001	45097,02	3095,84	

В результате проведенного дисперсионного анализа установлено статистически значимое влияние массовой доли эмульгирующей соли на активную кислотность и пенетрационное напряжение термизированных сыров.

Результаты исследования функциональных характеристик термизированных сыров, выработанных с различной дозой эмульгирующей соли, представлены на рисунке 3.10.

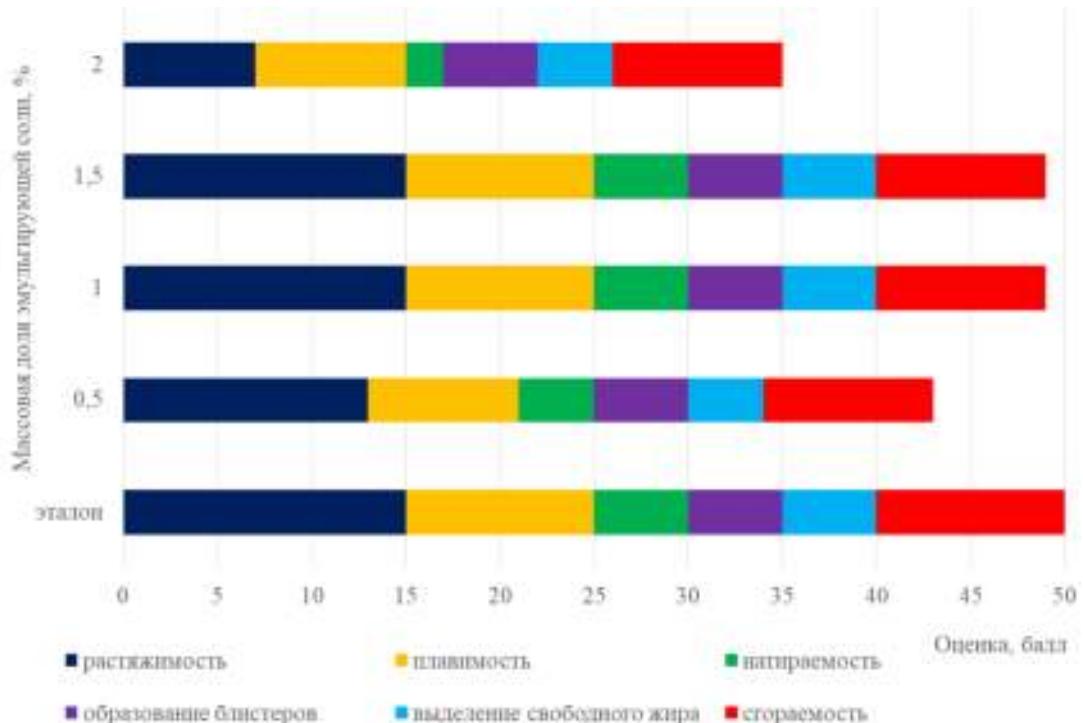


Рисунок 3.10 – Влияние массовой доли эмульгирующей соли на комплекс функциональных характеристик термизированных сыров

Близкими к эталону оказались образцы, выработанные с применением 1,0 % и 1,5 % эмульгирующей соли. Образцы, изготовленные с применением 0,5 % эмульгирующей соли, имели нерасплавленные частицы сыра-сырья, что привело к крошливости во время натирания сыра, небольшой тугоплавкости (плавимость - 27 мм и растяжимость - 26 см) и образованию небольших «лужиц» свободного жира. Применение 2,0 % эмульгирующей соли привело к переплаву сырной массы, которая при натирании размазывалась и налипала на измельчитель, сильной плавимости (59 мм), образованию небольших «лужиц» свободного жира и сокращению длины сырных нитей до 10 см.

Для анализа нелинейной зависимости между параметрами массовая доля эмульгирующей соли (x) и комплексом органолептических и функциональных характеристик (y) была применена полиномиальная регрессия третьей степени. Выбор данной модели обусловлен характером данных, демонстрирующих наличие экстремума в диапазоне x от 0,5 % до 2,0 %. Полученное уравнение регрессии, описывающее влияние массовой доли эмульгирующей соли на комплексный показатель органолептических и функциональных характеристик, представлено в виде:

$$y = -85,33x^3 + 275,76x^2 - 250,19x + 138,57, \quad (3.2)$$

где x – массовая доля эмульгирующей соли, %;

y – суммарная оценка органолептических и функциональных характеристик, балл.

Полученная модель демонстрирует хорошее объяснение дисперсии зависимой переменной ($R^2 = 0,912$), что подтверждается результатами дисперсионного анализа ($F = 55,3$; $p < 0,001$).

Кубическая модель наилучшим образом описывает данные и позволяет найти три точки, соответствующие $y = 100$ ($x = 0,68$; 1,28 и 1,8), из которых $x = 1,28$ является оптимальной, как точка максимума функции.

Таким образом, математическая обработка результатов исследования позволила уточнить экспериментальные данные и определить оптимальное значение массовой доли ($1,28 \pm 0,22$ %) эмульгирующей соли, обеспечивающей

наилучшее сочетание органолептических и функциональных характеристик. Для практического применения рекомендуется диапазон дозы эмульгирующей соли от 1,0 % до 1,5 %.

3.3.4 Исследование влияния термомеханической обработки и режимов охлаждения на показатели качества и функциональные характеристики термизированных сыров для пиццы

По результатам предыдущих исследований выбраны следующие условия термомеханической обработки:

- основное сырье низкожирный чеддеризованный сыр;
- температура термомеханической обработки $(72 \pm 3) ^\circ\text{C}$;
- массовая доля эмульгирующей соли $1,28 \pm 0,22 \%$.

Термомеханическую обработку проводили на котле-плавителе типа Stephan.

Спланирован двухфакторный эксперимент, где факторами варьирования являлись скорость перемешивания смеси (скорость мешалки) и температура охлаждения (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – План эксперимента

Скорость мешалки, об/мин	Факторы варьирования	
	Температура охлаждения, $^\circ\text{C}$	
300	4 ± 2	20 ± 2
	+	-
450	-	+
	+	-
700	-	+
	+	-

Результаты органолептической оценки термизированных сыров, выработанных по плану эксперимента, представлены на рисунке 3.11.

Из данных, представленных на рисунке 3.11, следует, что температурные режимы охлаждения готового продукта оказывали большее влияние на органолептическую оценку исследованных образцов, чем скорость перемешивания смеси. Балльная оценка за вкус термизированных сыров,

охлажденных при (20 ± 2) °C, ниже, что связано с более выраженным кислым привкусом, наличием постороннего вкуса и запаха, а также потерей слоистой структуры. Увеличение механической обработки сырной смеси до 700 об/мин привело к большему измельчению сырной массы, что может укоротить сырную нить, а также привести к более плотной консистенции.

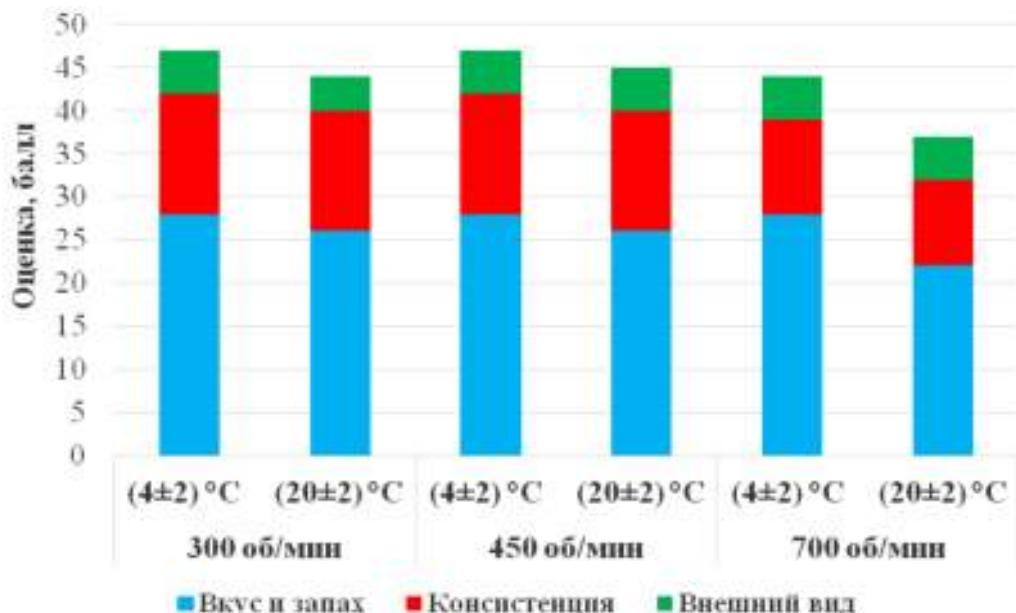


Рисунок 3.11 – Влияние термомеханической обработки смеси и температуры охлаждения на органолептическую оценку термизированных сыров

Влияние механической обработки смеси и температуры охлаждения на физико-химические показатели термизированных сыров для пиццы представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Влияние термомеханической обработки смеси и температуры охлаждения на физико-химические показатели термизированных сыров

Интенсивность перемешивания, об/мин	Температура охлаждения, °C	Активная кислотность, ед.рН	Массовая доля влаги, %
300	4±2	6,29±0,08 ^a	55,6±1,6 ^a
	20±2	6,19±0,15	54,2±1,8 ^b
450	4±2	6,27±0,11 ^a	55,8±1,1 ^a
	20±2	6,24±0,10 ^b	54,2±2,0 ^b
700	4±2	6,27±0,09 ^a	55,8±2,1 ^b
	20±2	6,23±0,08 ^b	54,2±2,3 ^b

Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=10)

Данные, отмеченные одинаковым индексом внутри одного столбца, не имеют статистически значимых отличий ($p>0,05$)

Не установлено влияния интенсивности перемешивания смеси и режимов охлаждения в выбранных диапазонах на активную кислотность и массовую долю влаги. Незначительное снижение массовой доли влаги при длительном охлаждении связано с теплопередачей и испарением воды с поверхности термизированного сыра под вакуумом.

Изменения реологических параметров термизированных сыров от факторов варирования (интенсивности перемешивания смеси и температуры охлаждения) представлены на рисунке 3.12.

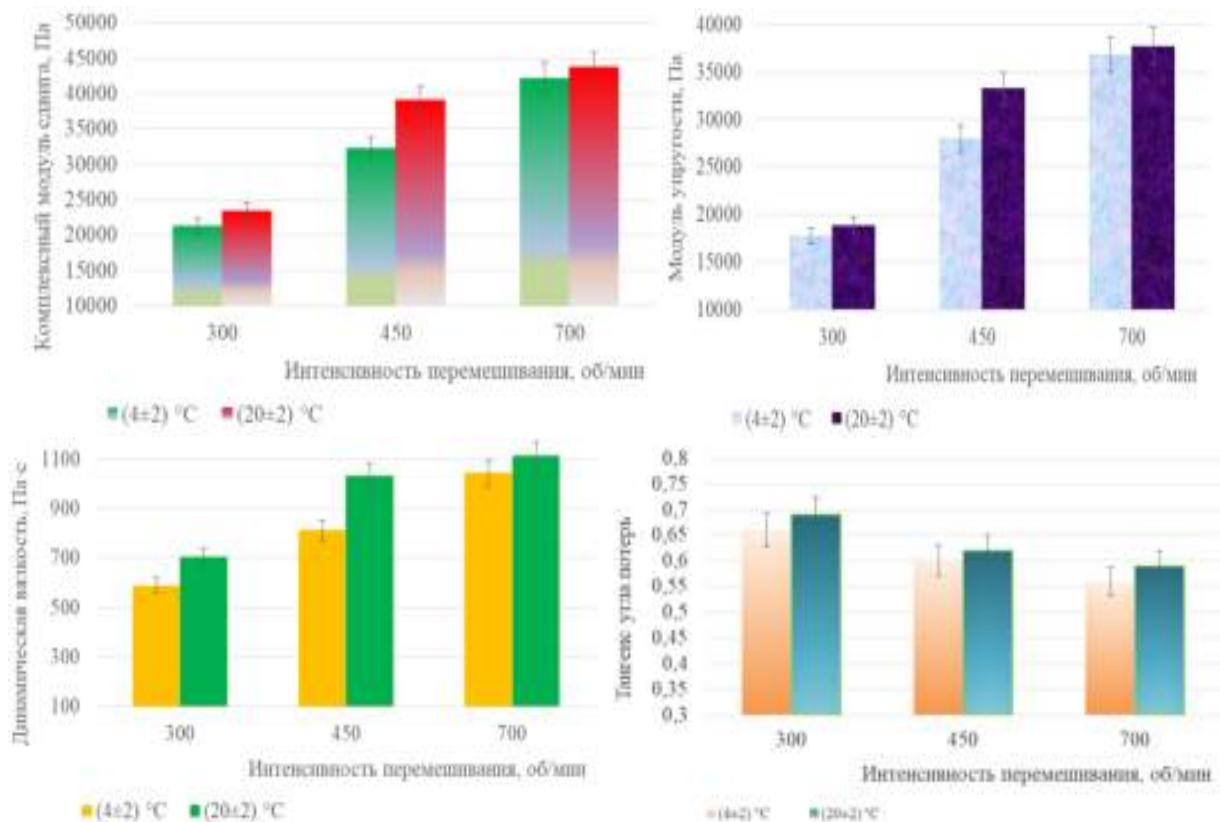


Рисунок 3.12 – Влияние факторов варирования на реологические свойства термизированных сыров

Анализ гистограмм рисунка 3.12 показал, что значимое влияние на формирование реологических характеристик оказала интенсивность перемешивания смеси во время термомеханической обработки при производстве термизированных сыров для пиццы. С увеличением скорости перемешивания возрастили как упругие, так и вязкостные свойства в 1,86 – 2,00 раза. Увеличение реологических показателей в 2 раза отражало переход от слоистой консистенции к более плотной, связной и однородной. Тангенс потерь менее 1,0 отражает

преобладание упругих свойств над вязкостными. При температуре охлаждения (20 ± 2) °С формировалась менее упругая и более пластичная консистенция исследованных образцов, чем при (4 ± 2) °С, что отражалось в более высоких значениях реологических параметров и оказывало влияние на оценку консистенции готового продукта.

Для установления влияния термомеханической обработки и температуры охлаждения на физико-химические параметры, в том числе реологические, термизированных сыров проведен дисперсионный анализ, представленный в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Статистическая значимость влияния термомеханической обработки смеси и температуры охлаждения на физико-химические, в том числе реологические, параметры термизированных сыров

Фактор	p	MS	F _{ЭМП}	F _{кр}
Активная кислотность				
Термомеханическая обработка	> 0,05	0,004	3,50	3,89
Температура охлаждения	< 0,001	0,01	144,5	4,75
Термомеханическая обработка×Температура охлаждения	< 0,05	0,002	21,5	3,89
Массовая доля влаги				
Термомеханическая обработка	> 0,05	0,02	1,99	3,89
Температура охлаждения	< 0,001	10,58	1058	4,75
Термомеханическая обработка×Температура охлаждения	> 0,05	0,02	2,00	3,89
Комплексный модуль сдвига				
Термомеханическая обработка	< 0,001	661718391,10	5951,35	3,89
Температура охлаждения	< 0,001	56332036,06	506,64	4,75
Термомеханическая обработка×Температура охлаждения	< 0,001	14219922,06	127,89	3,89
Модуль упругости				
Термомеханическая обработка	< 0,001	575438648,40	564,40	3,89
Температура охлаждения	< 0,001	34852900,50	34,18	4,75
Термомеханическая обработка×Температура охлаждения	< 0,05	10434811,17	10,24	3,89
Динамическая вязкость				
Термомеханическая обработка	< 0,001	288032,39	1204,04	3,89
Температура охлаждения	< 0,001	61366,72	256,53	4,75
Термомеханическая обработка×Температура охлаждения	< 0,05	1782,39	7,45	3,89
Тангенс угла потерь				
Термомеханическая обработка	< 0,001	0,0032	154,50	3,89
Температура охлаждения	< 0,001	0,00005	32,00	4,75
Термомеханическая обработка×Температура охлаждения	> 0,05	0,00005	0,50	3,89

В результате дисперсионного анализа установлено, что температура охлаждения статистически значимо влияет на физико-химические показатели термизированных сыров ($p<0,001$). На активную кислотность оказывает влияние сочетание факторов варыирования. Термомеханическая обработка смеси, температура охлаждения и их сочетание влияют на реологические характеристики термизированных сыров ($p<0,001$ и $p<0,05$). На тангенс угла потерь не оказывает влияние сочетание факторов варыирования ($p>0,05$).

Результаты исследований влияния механической обработки и температуры охлаждения на функциональные характеристики термизированных сыров для пиццы представлены на рисунке 3.13.

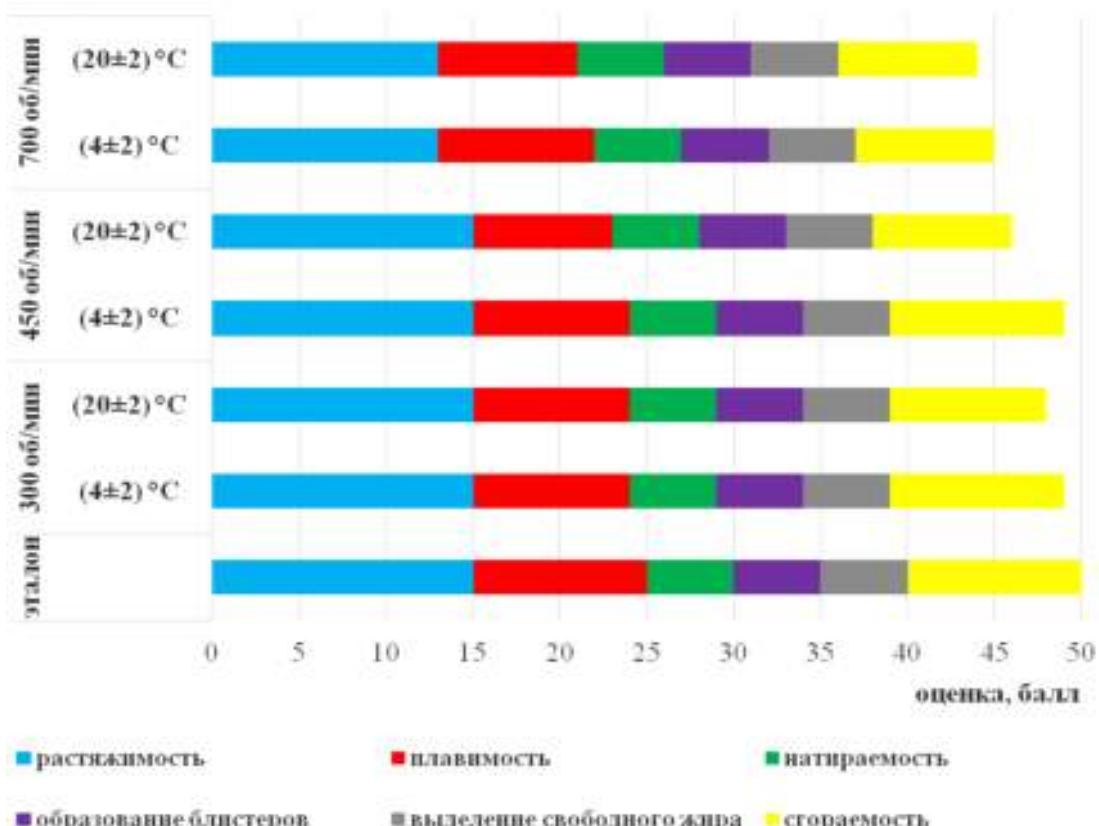


Рисунок 3.13 – Влияние термомеханической обработки смеси и температуры охлаждения на комплекс функциональных характеристик термизированных сыров

Установлено, что термизированные сыры, выработанные на низких оборотах мешалки котла-плавителя (300 об/мин - 450 об/мин) и охлажденные при $(4\pm2)^{\circ}\text{C}$, максимально соответствовали требуемой комплексной оценке функциональных характеристик. С увеличением интенсивности

термомеханической обработки (от 450 об/мин до 700 об/мин) наблюдалось ухудшение оценки сгораемости продукта.

После высокотемпературной обработки все образцы термизированных сыров, охлажденные до (20 ± 2) °С, обладали чрезмерной плавимостью по сравнению с образцами, охлажденными до (4 ± 2) °С, что снижало их балльную оценку за плавимость на 2 балла.

На растяжимость термизированного сыра оказывало влияние скорость термомеханической обработки смеси. При скоростях до 450 об/мин длина сырной нити практически не меняется, но при увеличении скорости до 700 об/мин растяжимость ухудшалась примерно в 1,75 раза.

Для выявления оптимальных параметров термомеханической обработки и температуры охлаждения получено уравнение регрессии, описывающее влияние данных факторов на суммарную оценку органолептических и функциональных характеристик термизированных сыров:

$$y=107,15 - 0,02x_1 - 0,36x_2, \quad (3.3)$$

где x_1 – скорость термомеханической обработки, об/мин;

x_2 – температура охлаждения, °С;

y – суммарная оценка органолептических и функциональных характеристик, балл.

Уравнение регрессии статистически значимо ($F = 50,00 > F_{\text{крит}} = 3,35$) и описывает 90,4 % ($R^2 = 0,904$) изменений комплекса органолептических и функциональных характеристик от изменений факторов варирования. Все коэффициенты значимы ($p < 0,001$).

В рамках заданных уравнений факторов x_1 и x_2 значение $y=100$ недостижимо. Максимальное предсказанное значение « y » составляет 95,3 при $x_1 = 300$ и $x_2 = 4$.

Таким образом, для производства термизированных сыров на оборудовании типа Stephan необходимо применять низкую интенсивность перемешивания до 450 об/мин и охлаждать готовый продукт при (4 ± 2) °С.

3.3.5 Исследование влияния содержания лактозы и молочной кислоты на сгораемость термизированных сыров при выпечке пиццы

Натуральные сыры, являясь белково-жировым концентратом, содержат определенное количество лактозы и/или продуктов ее метаболизма, в частности, молочной кислоты. Количество лактозы в сырах зависит от уровня и интенсивности молочнокислого процесса и сроков созревания. По литературным данным [140, 141, 143] на функциональные характеристики «сгораемость» и «цвет блистеров» влияет содержание в сыре лактозы и продуктов ее гидролиза. Поэтому необходимо изучить, какое содержание лактозы и молочной кислоты в термизированном сыре для пиццы должно быть, чтобы готовая пицца имела привлекательный вид.

Для сравнительной оценки влияния массовой доли лактозы использовали термизированные сыры (ТС), выработанные на основе сырчужного казеина, так как в нем отсутствует лактоза. Лактозу добавляли в смесь в следующих концентрациях: 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 %. Внешний вид термизированных сыров после выпечки представлен на рисунке 3.14.

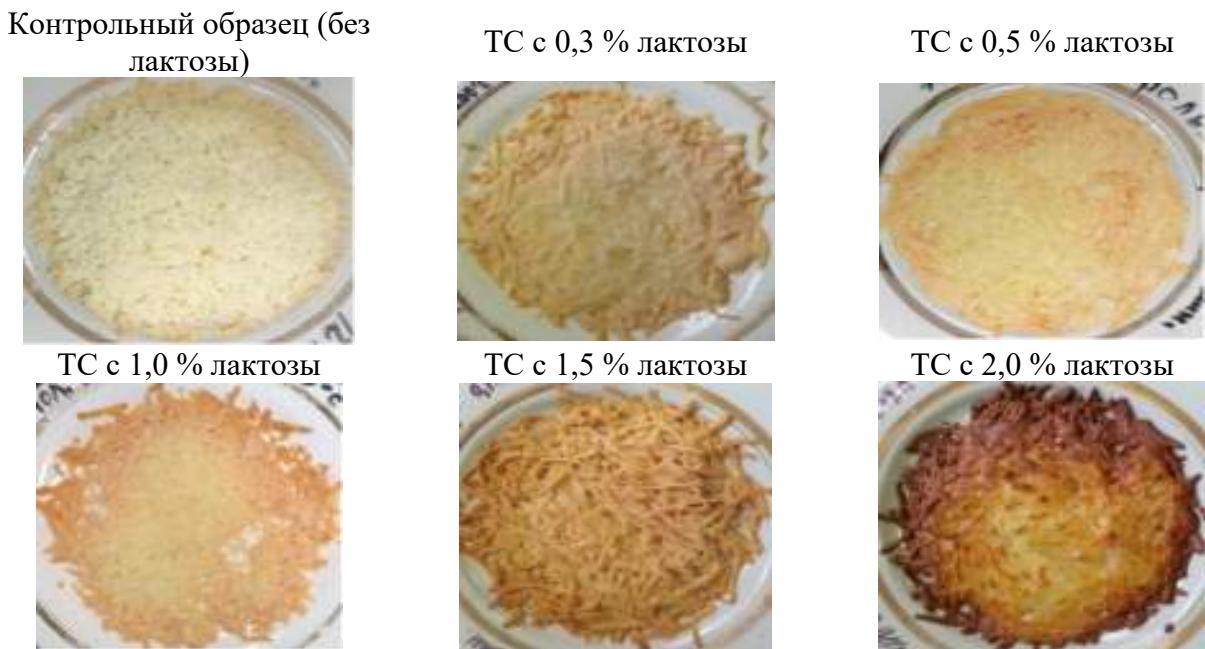


Рисунок 3.14 – Внешний вид термизированных сыров после выпечки

Установлено, что с увеличением массовой доли лактозы происходило потемнение сыра (реакции Майяра). При содержании лактозы более 1,5 % термизированный сыр начинал гореть и принимать непривлекательный вид на готовой пицце.

Для оценки влияния массовой доли молочной кислоты термизированные сыры (ТС) вырабатывали так же, как и в предыдущем исследовании на основе сычужного казеина. Молочную кислоту (МК) добавляли в смесь в концентрациях 1,5; 2,0 и 3,0 %. Внешний вид термизированных сыров после выпечки представлен на рисунке 3.15.

Контрольный образец (без МК)



ТС с 2,0 % МК



ТС с 1,5 % МК



ТС с 3,0 % МК



Рисунок 3.15 – Влияние молочной кислоты на внешний вид термизированного сыра после выпечки

Установлено, что наличие молочной кислоты не оказало значимого влияния на цвет термизированных сыров после выпечки. Отмечено незначительное изменение цвета по краям расплавленных образцов с увеличением концентрации молочной кислоты.

Сравнительный анализ результатов, представленных на рисунках 3.14 и 3.15, показывает, что на сгораемость термизированных сыров наибольшее влияние оказалось содержание лактозы.

3.3.6 Влияние содержания белка на функциональные характеристики термизированных сыров

Одним из возможных факторов, влияющих на функциональные характеристики, является содержание белка в сырной массе, поэтому проведение исследований влияния массовой доли белка на комплекс функциональных характеристик термизированных сыров является целесообразным.

В качестве белковой основы применяли сычужный казеин, нормализацию смеси по сухим веществам проводили модифицированным крахмалом. Режимы термомеханической обработки, количество эмульгирующей соли и температуру охлаждения использовали в соответствии со значениями, оптимизированными в предыдущих исследованиях (3.3.1 – 3.3.5).

Содержание белка в термизированном сыре составляло в % от массы смеси: 43,05; 38,75; 34,44; 30,14; 25,83; 21,31; 16,78; 12,26; 7,73; 3,21 и 0 %

Результаты оценки комплекса функциональных характеристик термизированных сыров с различным содержанием белка представлены на рисунке 3.16. В данном эксперименте не использовали жировые компоненты, поэтому оценку функциональной характеристики «выделение свободного жира» не проводили.

Установлено, что при увеличении массовой доли белка увеличивалась длина сырной нити, снижалась плавимость термизированных сыров после выпечки пиццы. Во всех исследованных образцах отмечена низкая оценка за натираемость. Содержание белка не оказало влияние на оценку сгораемости, количество и цвет блистеров. Наибольшая оценка за функциональные характеристики (40 баллов) достигались при содержании белка 21,31 %. Массовая доля белка в термизированных сырах менее 16 % привела к их забраковке по общей оценке функциональных характеристик из-за потери длины сырной нити и ухудшения натираемости.

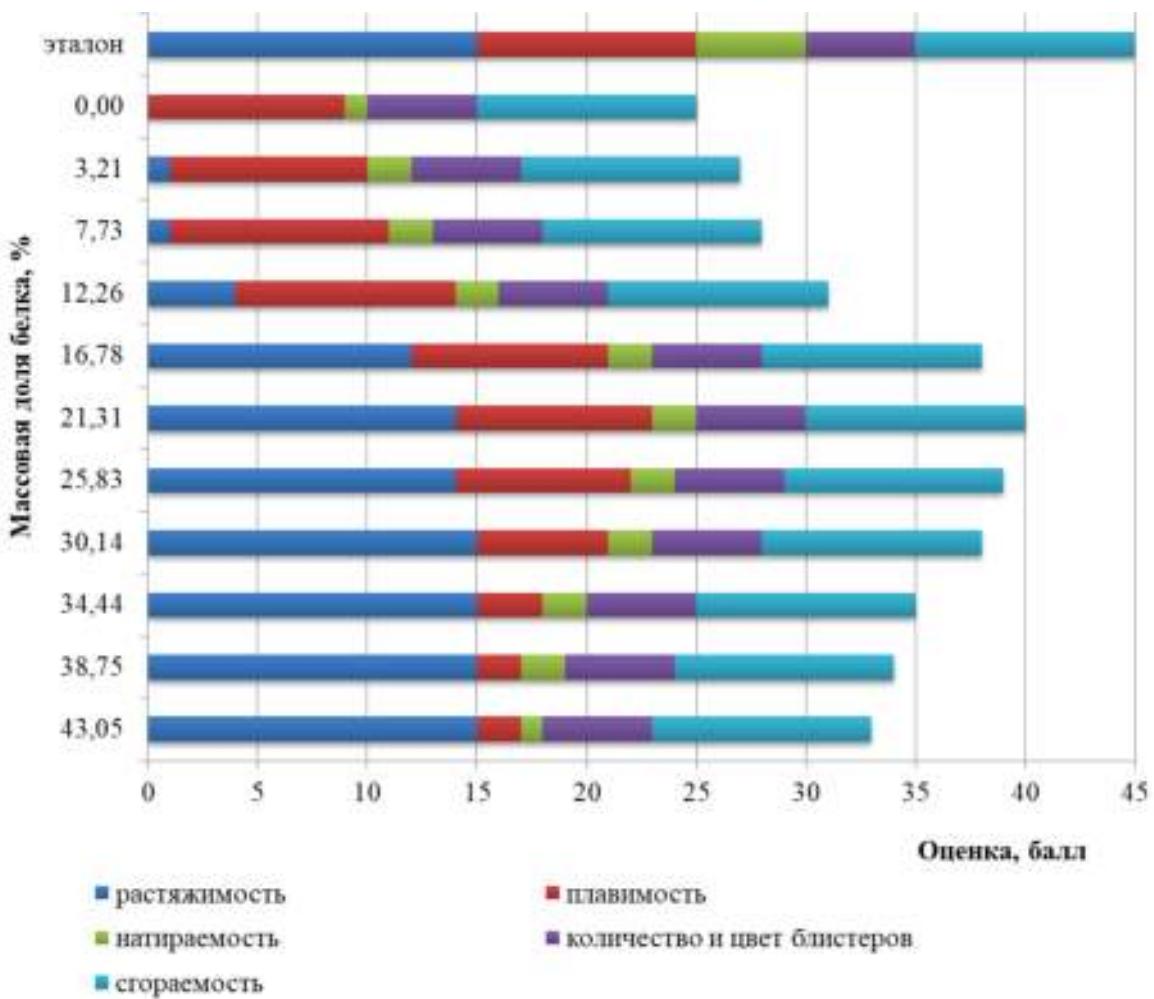


Рисунок 3.16 – Влияние массовой доли белка на комплекс функциональных характеристик термизированных сыров для пиццы

В результате регрессионного анализа получено следующее уравнение:

$$y = 15.3 \cdot e^{-\frac{(x-21.1)^2}{180}} + 25.2 \quad (3.4)$$

где x – массовая доля белка, %;

y – суммарная оценка функциональных характеристик, балл.

Данная модель являлась статистически значимой ($p < 0,001$) и наилучшим образом описывала экспериментальные данные ($R^2 = 0,96$). Максимальное значение комплекса функциональных характеристик ($y = 40,5$) достигалось при содержании белка (x) в термизированном сыре равном 21,1 %.

Далее проверены исследования влияния частичной или полной замены сычужного казеина на обезжиренный сыр из расчета общего

содержания белка во всех образцах термизированного сыра 21,1 %, с последующей оценкой функциональных характеристик термизированных сыров. Исследовали следующие соотношения белка казеина к белку обезжиренного сыра: 100:0; 70:30; 50:50; 30:70 и 0:100. Результаты оценки функциональных характеристик термизированных сыров представлены на рисунке 3.17.

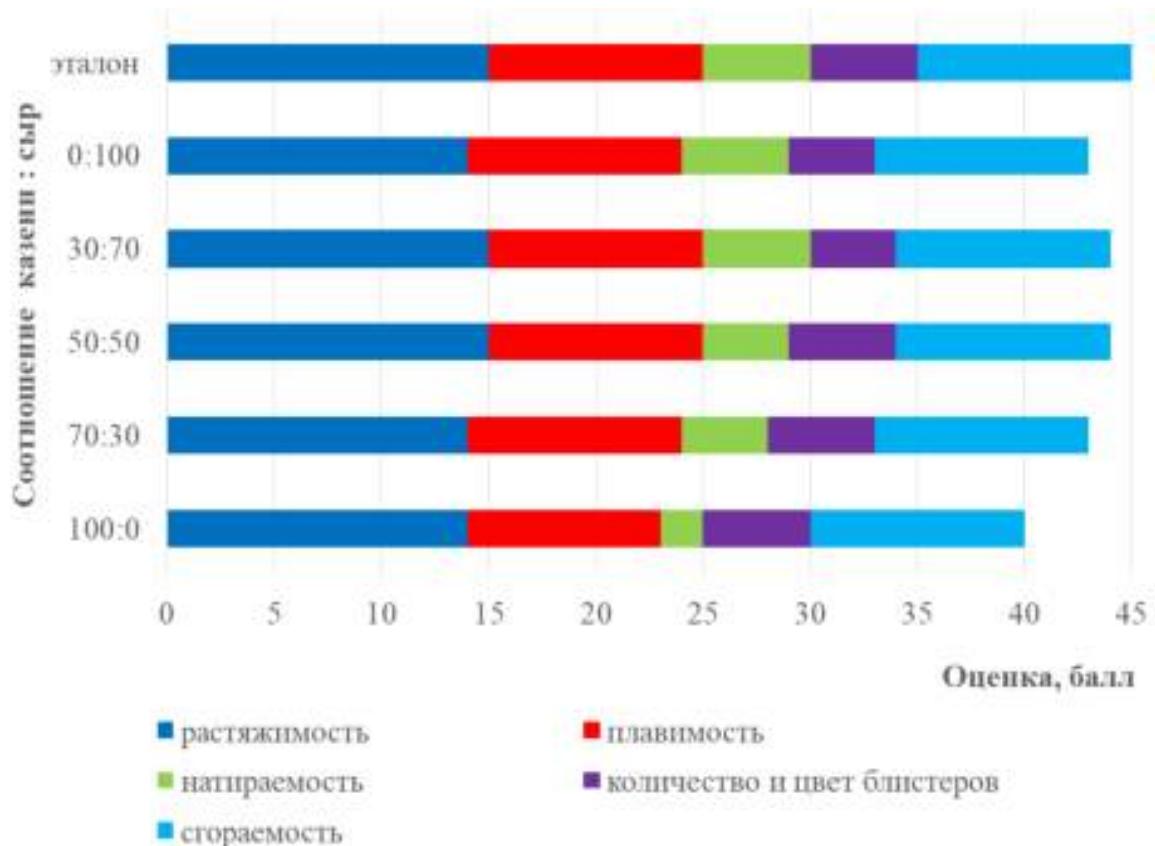


Рисунок 3.17 – Влияние соотношения сычужного казеина к обезжиренному сыру на комплекс функциональных характеристик термизированных сыров, выработанных на их основе

Данные рисунка 3.17 демонстрируют, что увеличение доли сыра улучшало натираемость. При нахождении 70 - 100 % белков сыра в 21,1 % общего белка в термизированном сыре наблюдалось образование блистеров, которые располагались неравномерно на поверхности расплавленного сыра на пицце, что снижало оценку на 1 балл. Наибольшую суммарную оценку получили образцы с соотношением сычужный казеин/обезжиренный сыр равной 50:50 и 30:70.

Для описания влияния соотношения казеин/сыр на комплекс функциональных характеристик проведен регрессионный анализ экспериментальных данных. Установлено, что зависимость носит нелинейный характер с выраженным экстремумом и описывается регрессионным уравнением следующего вида:

$$y = -0,0024x^2 + 0,194x + 39,2, \quad (3.5)$$

где x – %-ое содержание сычужного казеина в белковой смеси;

y - суммарная оценка функциональных характеристик, балл.

Полученное уравнение достоверно описывает экспериментальные данные ($p < 0,0001$ и $R^2 = 0,92$) и может быть использовано для прогнозирования суммарной оценки функциональных характеристик при различных соотношениях компонентов белковой смеси. Расчетное максимальное значение комплексной оценки (44,5 баллов) достигается при соотношении казеин/сыр равное 40,4/59,6.

3.3.7 Влияние массовой доли жира в сухом веществе на функциональные характеристики термизированных сыров

Жир играет важную роль в формировании структуры и функциональных характеристик. Низкое или высокое содержание жира в сырах для пиццы может послужить снижением оценки комплекса функциональных характеристик. Поэтому необходимо определить диапазоны или оптимальное содержание жира в термизированных сырах для пиццы.

Термизированные сыры вырабатывали на основе сычужного казеина (21,1 % белка в готовом продукте), в качестве жировой части применяли сливочное масло «Крестьянское» с массовой долей жира 72,5 %. Массовая доля жира в сухом веществе в готовом продукте составляла: 0, 25, 35, 45, 55 и 65 %.

Влияние массовой доли жира в сухом веществе на оценку комплекса функциональных характеристик термизированных сыров представлено на рисунке 3.18.

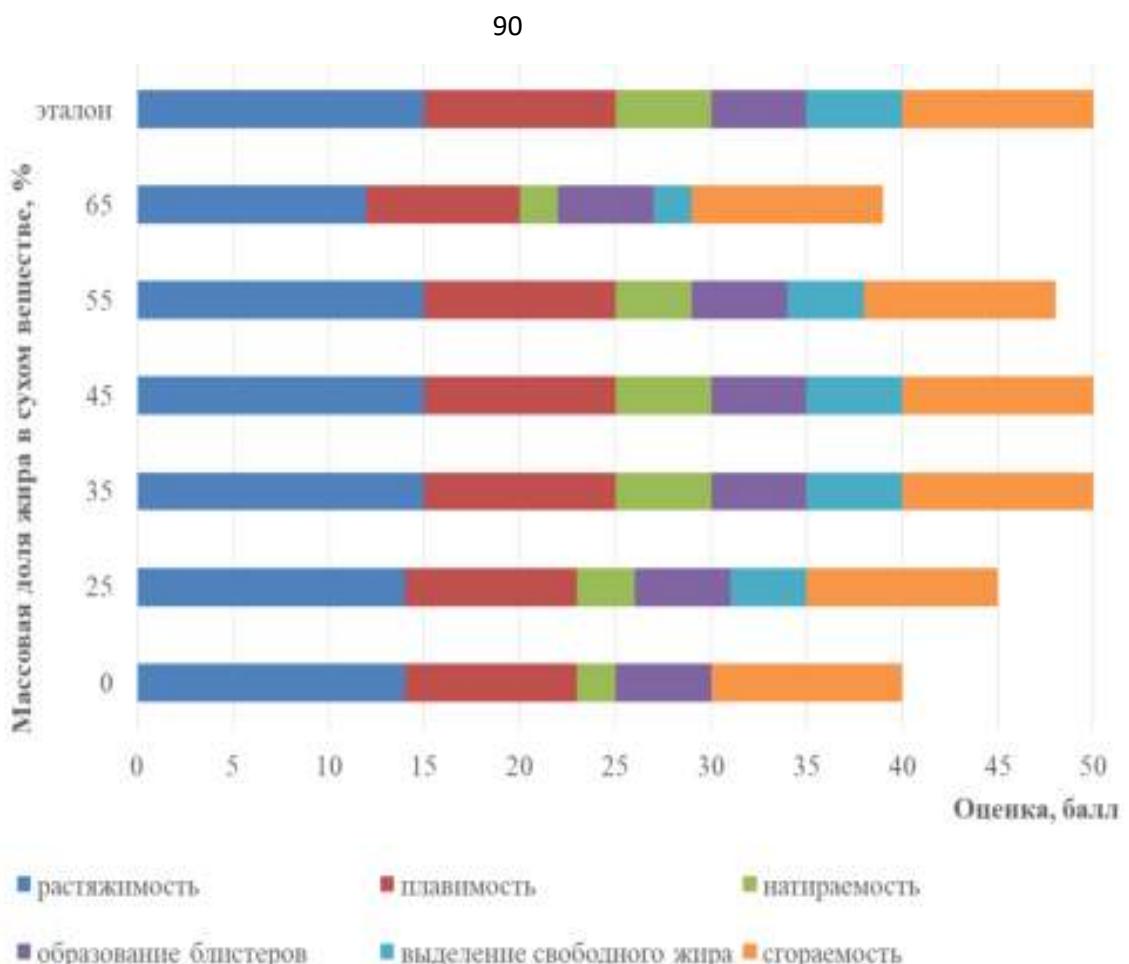


Рисунок 3.18 – Влияние массовой доли жира в сухом веществе на комплекс функциональных характеристик термизированных сыров для пиццы

Установлено, что увеличение массовой доли жира в сухом веществе продукта до 45 % улучшало натираемость, плавимость, выделение свободного жира и растяжимость термизированных сыров, а дальнейшее увеличение до 55 % незначительно ухудшало данные функциональные характеристики. Значительное снижение оценки комплекса функциональных характеристик отмечено у образцов с массовой долей жира в сухом веществе 65 %, что связано с мажущейся консистенцией, которая плохо натиралась, чрезмерной плавимостью, излишним выделением свободного жира и сокращением длины сырной нити.

Не выявлено влияния жирности готового продукта на оценку сгораемости и образование блистеров. Термизированные сыры с массовой долей жира в сухом веществе 35-45 % полностью соответствовали комплексу функциональных характеристик, предъявляемых к сырам для пиццы.

По экспериментальным данным проведен регрессионный анализ с целью оптимизации содержания жира в термизированном сыре. Получено квадратичное уравнение:

$$y = -0,0089x^2 + 0,704x + 39,1, \quad (3.6)$$

где x – массовая доля жира в сухом веществе, %;

y – суммарная оценка функциональных характеристик, балл.

Полученная модель обладает высокой прогностической способностью и может быть использована для точного управления параметрами системы ($p < 0,0001$ и $R^2 = 0,98$).

Для достижения максимальной оценки комплекса функциональных характеристик термизированных сыров необходимо производить термизированные сыры массовой долей жира в сухом веществе 39,6 %. Определен рабочий диапазон жирности термизированных сыров 35,0 - 45,0 %, который обеспечивает оценку за комплекс функциональных характеристик 49,5 балла и более.

3.4 Исследование изменений показателей качества и функциональных характеристик различных групп натуральных сыров после термомеханической обработки

Термомеханическую обработку смеси, основу которой составляли различные видовые группы натуральных сыров, проводили, используя результаты оптимальных технологических параметров, полученных в пункте 3.3:

- температура термомеханической обработки $(72 \pm 3)^\circ\text{C}$;
- массовая доля эмульгирующей соли $1,28 \pm 0,22 \%$;
- скорость перемешивания смеси 300 об/мин-450 об/мин;
- температура охлаждения $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$.

В данной серии экспериментов использовали только сыр-сырье, эмульгирующую соль и воду.

В качестве сыра-сырья использовали твердые сыры с высокой температурой второго нагревания (образец № 1); полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта (незрелые - образец № 2, зрелые - образец № 3); полутвердые сыры пониженной жирности (незрелые - образец № 4, зрелые - образец № 5); полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания и повышенным уровнем молочнокислого процесса, формуемые насыпью (незрелые - образец № 6, зрелые - образец № 7); полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания (образец № 8); полутвердые сыры с плесенью (образец № 9); полутвердые и мягкие сыры с чеддеризацией сырной массы (образцы № 10 и № 11 соответственно); мягкие сыры (образец № 12); рассольные сыры с низкой температурой второго нагревания и без второго нагревания (образцы № 13 и № 14).

Сравнительные результаты органолептической оценки вкуса и консистенции сыров до и после термомеханической обработки приведены в таблицах 3.19 и 3.20.

Анализ полученных результатов показал, что термомеханическая обработка положительно влияла на вкус незрелых полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых из пласта (образец 2), полутвердых сыров с высокой температурой второго нагревания (образец 8) и на сыры полутвердые с плесенью (образец 9). Термомеханическая обработка не оказала значимого влияния на вкус и запах зрелых полутвердых сыров с низкой температурой второго нагревания, формуемых из пласта (образец 3), мягких сыров (образец 12) и рассольных сыров без созревания (образец 14).

Таблица 3.19 – Сравнительная оценка вкуса и запаха натуральных сыров и, выработанных на их основе, термизированных сыров

№ образца сырья	Образец сыра	Количество исследованных образцов (n)	Характеристика вкуса и запаха	Оценка, балл
1***	Натуральный	16	Выраженный сырный, с карамельно-фруктовыми нотами	29 ± 1
	Термизированный		Выраженный сырный, с карамельно-фруктовыми нотами, слабый осаленный, карамельный аромат	25 ± 2
2*	Натуральный	18	Слабовыраженный сырный, слабый посторонний	25 ± 2
	Термизированный		Умерено выраженный сырный, выраженный соленый, излишне кислый	26 ± 2
3**	Натуральный	18	Выраженный сырный, кисловатый	28 ± 1
	Термизированный		Выраженный сырный, умерено соленый, кисловатый	28 ± 1
4***	Натуральный	17	Слабовыраженный сырный, слабый кислый, слабый посторонний	28 ± 2
	Термизированный		Излишне кислый, остро-соленый, легкий посторонний, легкая горчинка	24 ± 3
5***	Натуральный	17	Выраженный сырный с легкой горчинкой и остротой, умеренно соленый	29 ± 1
	Термизированный		Выраженный сырный, соленый, кислый, легкий посторонний	27 ± 1
6***	Натуральный	16	Слабовыраженный сырный, кислый, слабый посторонний	28 ± 1
	Термизированный		Выраженный сырный, кислый, посторонний, соленый	27 ± 1
7***	Натуральный	16	Выраженный сырный, умеренно кислый	28 ± 1
	Термизированный		Выраженный сырный, кислый, соленый, посторонний	26 ± 2
8*	Натуральный	15	Слабовыраженный сырный, слабо пряный, кисловатый, слабый посторонний	27 ± 3
	Термизированный		Выраженный сырный, пряный, слабокислый, полный букет	29 ± 1
9*	Натуральный	14	Слабовыраженный сырный, соленый, кисловатый, горький, слабовыраженный липополизный, легкий посторонний	26 ± 2
	Термизированный		Менее горький, чем натуральный сыр; щиплющий, излишне соленый, слабовыраженный липополизный	27 ± 2
10***	Натуральный	22	Слабовыраженный сырный, слегка кислый, слабый сливочный	29 ± 1
	Термизированный		Слабовыраженный сырный, кислый, слабосоленый	27 ± 2
11***	Натуральный	22	Кисломолочный, слабосоленый	29 ± 1
	Термизированный		Слабовыраженный сырный, кислый	27 ± 1

Продолжение таблицы 3.19

№ образца сырья	Образец сыра	Количество исследованных образцов (n)	Характеристика вкуса и запаха	Оценка, балл
12**	Натуральный	16	Кисломолочный, солоноватый	28 ± 1
	Термизированный		Слабокислый, солоноватый	28 ± 1
13***	Натуральный	18	Чистый, кисломолочный, соленый	29 ± 1
	Термизированный		Слабовыраженный сырный, кислый, соленый	27 ± 2
14**	Натуральный	19	Слабовыраженный сырный, соленый	29 ± 1
	Термизированный		Слабовыраженный сырный, соленый	29 ± 1

* - положительное влияние термомеханической обработки
 ** - отсутствие влияния
 *** - отрицательное влияние термомеханической обработки

Таблица 3.20 – Сравнительная оценка консистенции натуральных сыров и, выработанных на их основе, термизированных сыров

№ образца сырья	Образец сыра	Количество исследованных образцов (n)	Характеристика консистенции	Оценка, балл
1***	Натуральный	16	Плотная, слегка пластичная, молочный камень, ломкая	14 ± 1
	Термизированный		Мягкая, пластичная, липкая, несвязная молочный камень	8 ± 2
2***	Натуральный	18	Плотная, резинистая	12 ± 1
	Термизированный		Плотная, несвязная, крошащаяся	11 ± 1
3***	Натуральный	18	Эластичная, однородная	14 ± 1
	Термизированный		Нерасплавленные частицы, неоднородная, грубая	10 ± 2
4***	Натуральный	17	Эластичная, плотная, резинистая, однородная	13 ± 1
	Термизированный		Плотная, слегка резинистая, упругая, нерасплавленные частицы, несвязная, слабослоистая	12 ± 1
5***	Натуральный	17	Хорошая, слегка плотная	14 ± 1
	Термизированный		Плотная, резинистая, неоднородная, слабослоистая	13 ± 1

Продолжение таблицы 3.20

№ образца сырья	Образец сыра	Количество исследованных образцов (n)	Характеристика вкуса и запаха	Оценка, балл
6***	Натуральный	16	Эластично-пластичная, слегка мучнистая	13 ± 1
	Термизированный		Плотная, сухая, неоднородная, несвязная	11 ± 2
7***	Натуральный	16	Умеренно эластичная, однородная	14 ± 1
	Термизированный		Плотная, неоднородная, несвязная	12 ± 1
8***	Натуральный	15	Плотная, эластичная	13 ± 1
	Термизированный		Недостаточно плотная, слегка несвязная, пластичная, есть глазки	12 ± 1
9***	Натуральный	14	Крошливая, творожистая, пластичность только у корки	10 ± 2
	Термизированный		Нежная, пластичная, мажущаяся	5 ± 3
10***	Натуральный	22	Слегка несвязная, слабослоистая, пластичная, мучнистая	11 ± 2
	Термизированный		Недостаточно плотная, слегка слоистая, пластичная, несвязная, есть мелкие глазки	9 ± 1
11***	Натуральный	22	Нежная, пластичная, слегка упругая, слегка слоистая	14 ± 1
	Термизированный		Пластичная, недостаточно плотная, слегка упругая, есть глазки	13 ± 1
12***	Натуральный	16	Нежная, однородная	13 ± 1
	Термизированный		Плотная, неоднородная, слегка упругая, крошливая, слабослоистая	11 ± 1
13***	Натуральный	18	Однородная, умеренно плотная	14 ± 1
	Термизированный		Плотная, крошливая, слабослоистая	11 ± 2
14***	Натуральный	19	Однородная, умеренно плотная	14 ± 1
	Термизированный		Плотная, едва заметная упругость, крошливая, слабослоистая	11 ± 2

* - положительное влияние термомеханической обработки;

** - отсутствие влияния;

*** - отрицательное влияние термомеханической обработки

Консистенция сыров после термомеханической обработки характеризовалась, как пластиичная (образцы № 1, 8, 9, 10, 11), эластичная (образец №3), упругая (образцы № 4, 8, 11, 12) несвязная (образцы № 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10) и слабослоистая (образцы № 4, 5, 10, 13, 14). У некоторых образцов термизированных сыров отмечено наличие глазков. Внешний вид натуральных сыров и выработанных на их основе термизированных сыров, имел требуемые характеристики и оценивался 5 баллами.

Изменение величины pH в процессе термомеханической обработки натуральных сыров представлено на рисунке 3.19.

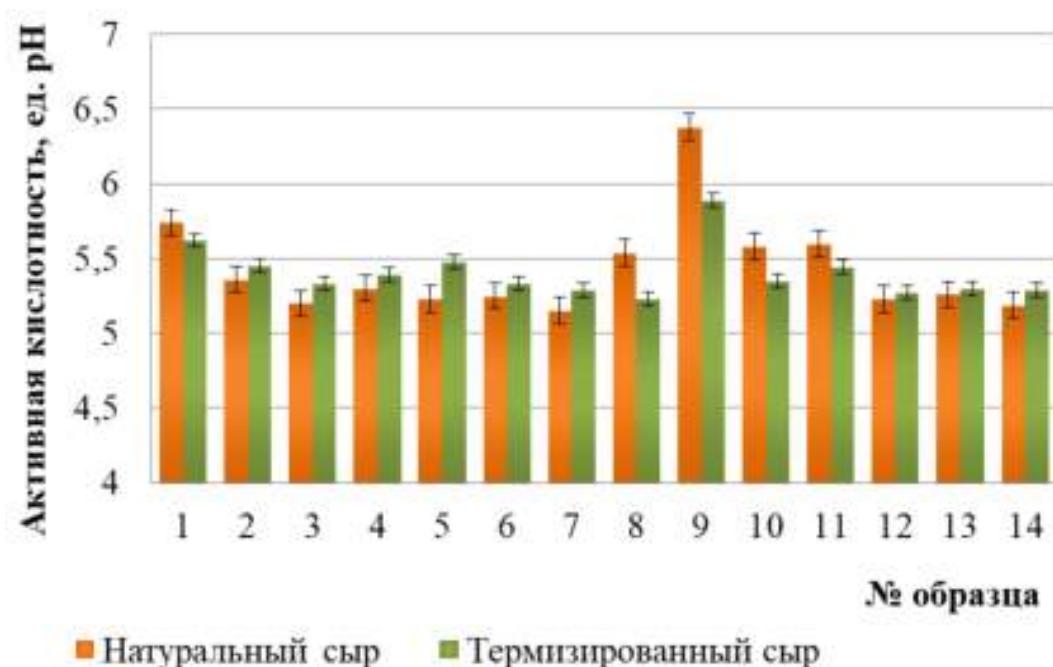


Рисунок 3.19 – Изменение активной кислотности натуральных сыров после термомеханической обработки

Активная кислотность сыров для пиццы может оказывать влияние на их функциональную характеристику «сгораемость». Применение эмульгирующих солей при термомеханической обработке натуральных сыров привело к стабилизации и возможности корректировки pH готового сыра, так как они обладают значительной буферной емкостью. Использование фосфатно-цитратных эмульгирующих солей при термомеханической обработке сыров-сырья с pH больше 5,5 снижало pH термизированного сыра, а обработка сыров-сырья с pH

ниже 5,3 увеличивало pH. Таким образом, применяемые при производстве термизированных сыров эмульгирующие соли корректируют значения активной кислотности.

Сравнение массовой доли влаги и жира в сухом веществе натуральных сыров и выработанных на их основе термизированных сыров представлены на рисунке 3.20.

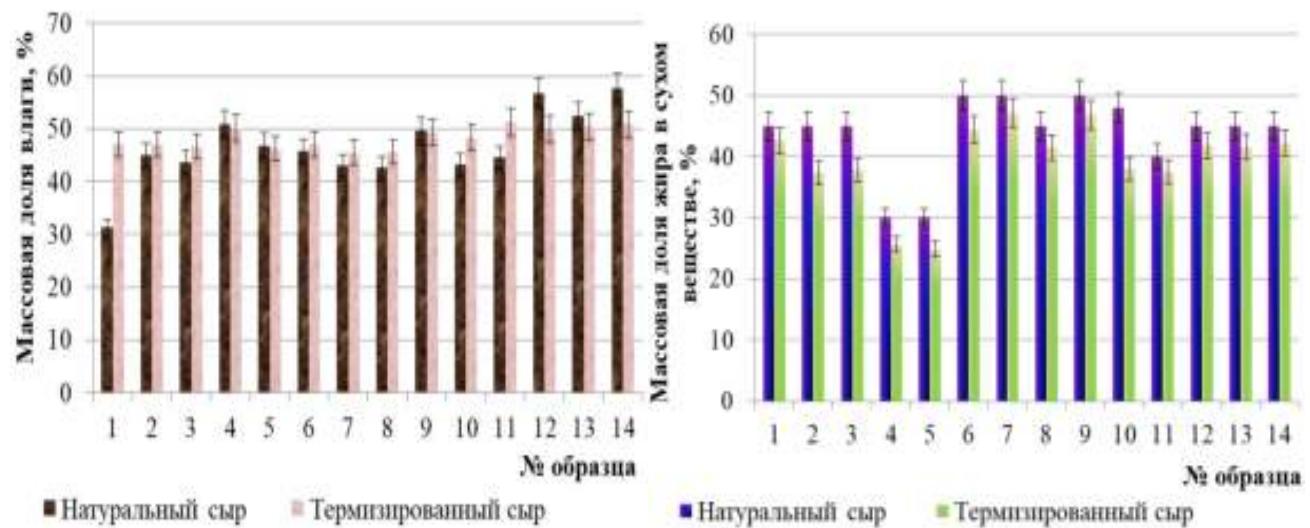


Рисунок 3.20 – Изменение массовой доли влаги и жира в сухом веществе натуральных сыров после термомеханической обработки

При получении термизированных сыров использовали водные растворы эмульгирующих солей, что привело к стабилизации содержания влаги в термизированных сырах. Добавление к сырому сырью при термомеханической обработке воды и эмульгирующих солей без жировых компонентов закономерно снижало массовую долю жира в сухом веществе термизированных сыров.

Результаты реологических исследований натуральных сыров до и после термомеханической обработки представлены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Структурно-механические (реологические) свойства различных видовых групп натуральных сыров и, выработанных на их основе, термизированных сыров (ТС)

№ образца	Количество исследованных образцов (n)	G', кПа		η' , кПа·с		tg δ	
		Натуральный сыр	ТС	Натуральный сыр	ТС	Натуральный сыр	ТС
1	16	198,11±0,50	19,50±0,44	95,30±0,69	0,47±0,27	4,80±0,06	0,97±0,05
2	18	32,90±1,34	19,29±1,51	21,40±1,32	0,78±0,35	1,10±0,18	0,80±0,08
3	18	41,10±2,23	13,15±1,13	24,20±1,54	0,47±0,14	1,21±0,20	0,71±0,09
4	17	46,00±0,93	40,85±2,10	24,90±1,73	1,54±0,80	1,30±0,16	0,65±0,01
5	17	37,50±2,07	20,73±2,41	20,50±1,23	2,37±1,01	1,00±0,07	0,67±0,02
6	16	44,50±1,38	42,38±1,85	31,20±1,00	1,88±0,92	1,60±0,06	0,88±0,05
7	16	63,80±1,95	9,65±1,17	42,30±1,48	0,79±0,25	2,10±0,07	1,63±0,13
8	15	62,70±1,44	19,86±1,54	37,80±1,93	0,90±0,43	1,90±0,08	0,90±0,11
9	14	71,20±1,42	2,04±0,34	46,60±1,40	0,21±0,11	2,40±0,15	2,00±0,18
10	22	39,50±2,96	9,02±0,57	19,70±0,53	0,53±0,23	1,00±0,12	1,16±0,10
11	22	24,40±1,86	13,10±1,33	14,40±1,30	0,53±0,21	0,70±0,06	0,80±0,03
12	16	42,60±1,56	41,50±2,47	23,80±1,59	1,48±0,78	1,20±0,08	0,65±0,02
13	18	109,40±5,43	94,83±2,73	53,80±1,41	2,96±1,17	2,70±0,21	0,62±0,02
14	19	75,00±2,14	71,40±2,51	43,10±1,42	2,47±1,16	2,20±0,06	0,67±0,03

Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение»

Установлено влияние термомеханической обработки натуральных сыров на реологические показатели термизированного сыра. В процессе обработки натуральных сыров происходило снижение модуля упругости (G'), динамической вязкости (η') и соотношения модуля потерь к модулю упругости ($\tan \delta$). Такие изменения можно объяснить тем, что под действием температуры (72 ± 3) °С и эмульгирующей соли происходит диспергирование казеинов сыра, вследствие образования хелатных комплексов с Ca^{2+} , и уменьшения размеров жировых глобул в процессе обработки. Реологические изменения исследованных сыров отражали их консистенцию после термомеханической обработки и влияли на натираемость сыров для пиццы перед выпечкой.

Оценку функциональных характеристик различных видовых групп сыров и выработанных из них термизированных сыров начинали с определения натираемости. Измельчение исследованных образцов проводили до выпечки. Оценивали следующие параметры: способность к натиранию сыра (плотность сыра), прилипание сыра к измельчителю, крошивость стружки или исходного образца, однородность и слипаемость стружки. Результаты натираемости исследованных сыров представлены в таблице 3.22.

Таблица 3.22 – Натираемость натуральных сыров до и после термомеханической обработки

№ образ-ца	Натуральный сыр		Термизированный сыр	
	Описание	Оценка, балл	Описание	Оценка, балл
1*	Натирается хорошо, слегка крошится, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	4	Натирается плохо, налипает на терку. Стружка неоднородная, слипается	2
2*	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5	Натирается хорошо, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	4
3*	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5	Натирается хорошо, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	4
4**	Натирается отлично, к терке не налипает. Стружка однородная, не слипается	5	Натирается отлично, к терке не налипает. Стружка однородная, не слипается	5
5**	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5

Продолжение таблицы 3.22

№ образца	Натуральный сыр		Термизированный сыр	
	Описание	Оценка, балл	Описание	Оценка, балл
6**	Натирается удовлетворительно, немного крошится, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	3	Натирается удовлетворительно, слегка налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	3
7**	Натирается удовлетворительно, слегка налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	3	Натирается удовлетворительно, слегка налипает на терку. Стружка однородная, слипается	3
8*	Натирается хорошо, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	4	Натирается удовлетворительно, слегка налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	3
9**	Не натирается, разваливается, размазывается, сильно налипает на терку. Стружка неоднородная (практически нет), слипается	0	Не натирается, разваливается, размазывается, сильно налипает на терку. Стружка неоднородная (практически нет), слипается	0
10**	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5
11**	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5	Натирается отлично, не налипает на терку. Стружка однородная, не слипается	5
12***	Натирается плохо, налипает на терку. Стружка неоднородная, слипается	2	Натирается хорошо, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	4
13***	Натирается плохо, немного крошится, налипает на терку. Стружка неоднородная, немного слипается	1	Натирается хорошо, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	4
14***	Натирается плохо, немного крошится, налипает на терку. Стружка неоднородная, не слипается	1	Натирается хорошо, не налипает на терку. Стружка однородная, слегка слипается	4

* - отрицательное влияние термомеханической обработки;
 ** - отсутствие влияния термомеханической обработки;
 *** - положительное влияние термомеханической обработки.

Установлено, что термомеханическая обработка мягких (образец 12) и рассольных сыров (образцы 13 и 14) оказывало положительное влияние на натираемость, а обработка полутвердых сыров, формуемых из пласта (образцы 2 и 3), полутвердых сыров с высокой температурой второго нагревания (образец 8) и твердых сыров (образец 1) приводила к ухудшению данного показателя.

Плавимость натуральных и соответствующих им термизированных сыров исследовали после выпечки. Результаты исследования представлены на рисунке 3.21.

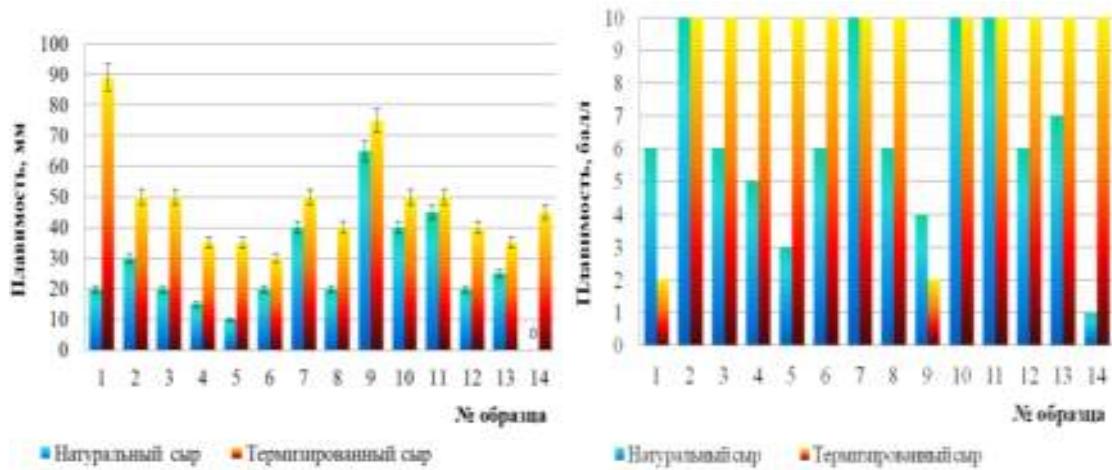


Рисунок 3.21 – Сравнительная оценка плавимости различных видовых групп натуральных сыров до и после термомеханической обработки

Из данных, представленных на рисунке 3.21, видно, что термомеханическая обработка натуральных сыров привела к увеличению плавимости. Термизированные сыры, выработанные из большинства образцов натурального сыра, соответствовали искомому показателю плавимости (30-50 мм). Однако термизированные сыры, выработанные из сыров с плесенью (образец 9) и твердых сыров (образец 1), приобретали плавимость значительно превышающую установленные границы, что отражалось в низкой оценке данного показателя.

Результаты исследований показателя «выделение свободного жира» (как из натуральных, так и из термизированных сыров) во время выпечки представлены в таблице 3.23.

Не выявлено влияния термомеханической обработки на функциональную характеристику «выделение свободного жира» в полутвердых сырах пониженной жирности (образцы 3 и 4), в мягких сырах с чеддеризацией сырной массы (образец 11) и в сырах с плесенью (образец 9). В остальных натуральных сырах-сырец термомеханическая обработка улучшила данную функциональную характеристику. Наибольший положительный эффект термомеханической обработки наблюдался у твердых (образец 1), мягких (образец 12) и рассольных

сыров (образцы 13 и 14), а также у полутвердых сыров с чеддеризацией сырной массы (образец 10).

Таблица 3.23 – Выделение свободного жира при выпечке из натуральных сыров и выработанных из них термизированных сыров

№ образ-ца	Натуральный сыр		Термизированный сыр	
	Описание	Оцен-ка, балл	Описание	Оценка, балл
1*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось очень много жира, который вытек за края сыра, сыр полностью покрыт жиром	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось немного жира и много влаги	4
2*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось очень много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось много жира, который образовал «жировую лужу»	3
3*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось очень много жира, который вытек за края сыра	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось много жира, который образовал «жировые лужи»	3
4**	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует	5	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует	5
5**	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует	5	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует	5
6*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось очень много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	3
7*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось очень много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	3
8*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось очень много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось много жира, который вытек за края сыра, образовались «жировые лужи»	3
9**	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось немного жира и много влаги	4	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось немного жира и много влаги	4
10*	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось много жира, который вытек за края сыра	2	Поверхность глянцевая (блестит). Выделилось немного жира, который образовал мелкие «жировые лужи»	4

Продолжение таблицы 3.23

№ образца	Натуральный сыр		Термизированный сыр	
	Описание	Оценка, балл	Описание	Оценка, балл
11**	Поверхность расплавленного сыра глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует	5	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует	5
12*	Поверхность расплавленного сыра матовая. Выделилось много сыворотки	1	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует. Выделилось немного сыворотки	5
13*	Поверхность расплавленного сыра матовая. Выделилось много сыворотки	1	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует. Выделилось немного сыворотки	5
14*	Поверхность расплавленного сыра матовая. Выделилось много сыворотки	1	Поверхность глянцевая (блестит). Явное выделение жира отсутствует. Выделилось немного сыворотки	5

* - положительное влияние термомеханической обработки;
** - отсутствие влияния термомеханической обработки.

После выпечки пиццы проводили оценку внешнего вида расплавленного сыра, в которую входили оценка сгораемости и наличие блистеров. Результаты исследований представлены на рисунке 3.22.

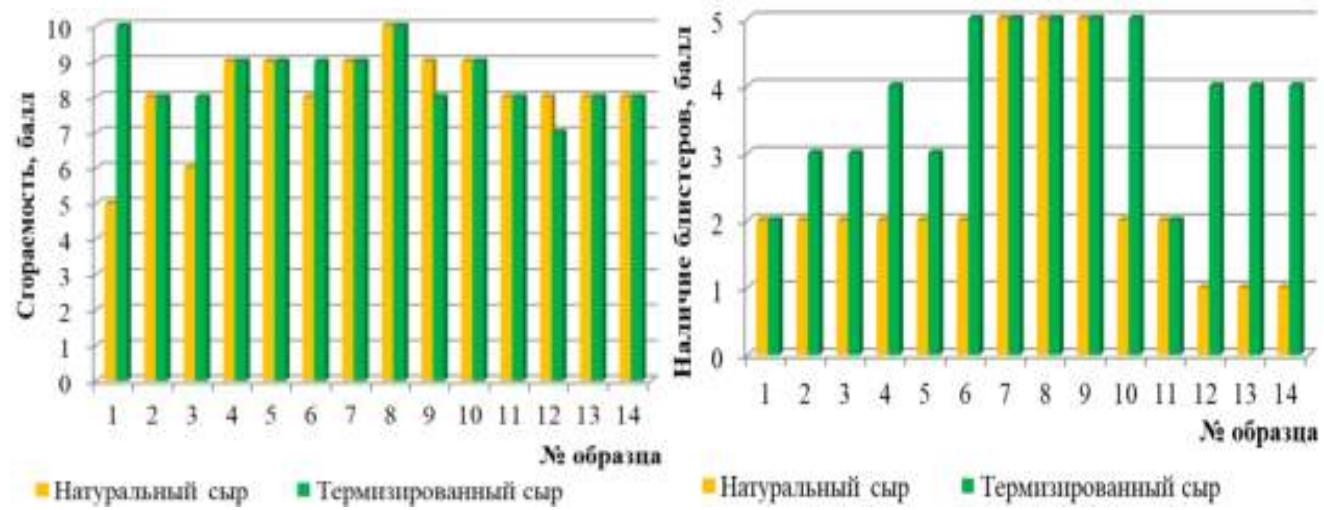


Рисунок 3.22 – Сравнительная оценка функциональных характеристик «сгораемость» и «наличие блистеров» натуральных и термизированных сыров после выпечки

Установлено, что термомеханическая обработка практически не оказала

влияние на функциональную характеристику «сгораемость». Значительное положительное воздействие термомеханической обработки на сгораемость во время выпечки выявлено на твердые сыры (образец 1) и полутвердые зрелые сыры, формуемые из пластика (образец 3).

В исследованных натуральных и термизированных сырах наблюдалось либо полное отсутствие блистеров, либо их неравномерное расположение на поверхности расплавленного образца. Термомеханическая обработка способствовала образованию блистеров и снижению оттенка блистерного цвета. В целом термомеханическая обработка оказала положительное влияние на наличие блистеров.

Одной из основных функциональных характеристик сыров для пиццы является растяжимость (длина сырной нити). Результаты исследования растяжимости различных видовых групп сыров и выработанных из них термизированных сыров представлены на рисунке 3.23.

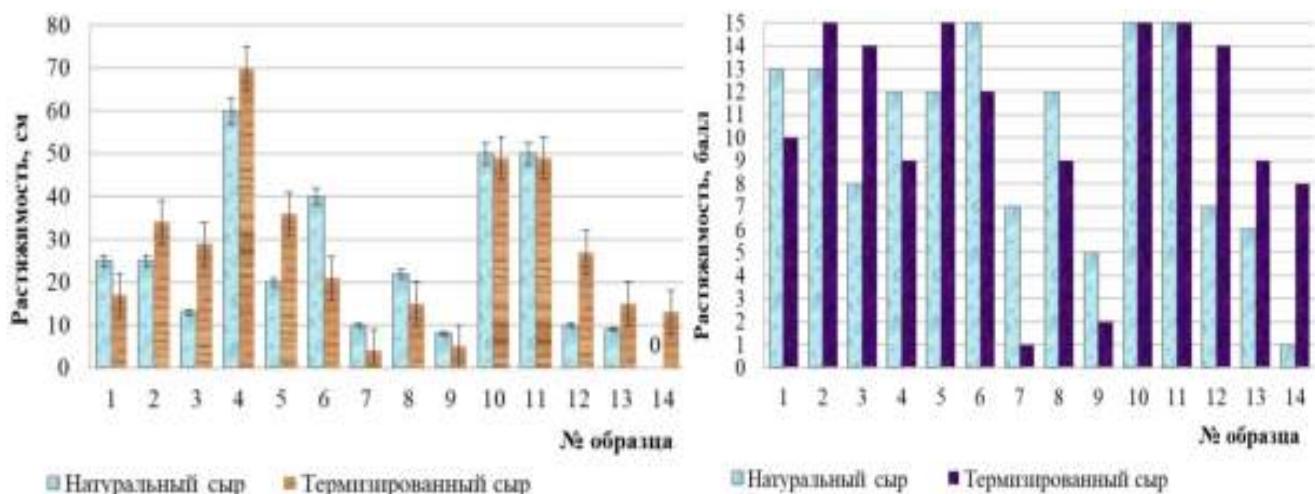


Рисунок 3.23 – Сравнительная оценка показателя растяжимости натуральных и термизированных сыров после выпечки

Установлено, что термомеханическая обработка не оказала влияние на сыры с чеддеризацией (образцы 10 и 11). В полутвердых сырах, формуемых насыпью (образцы 6 и 7), полутвердых сырах с высокой температурой второго нагревания (образец 8), полутвердых сырах с плесенью (образец 9) и в твердых сырах (образец 1) после термомеханической обработки сокращалась длина сырной нити, а в остальных исследованных сырах растяжимость увеличивалась.

Обобщая данные сравнительной оценки функциональных характеристик натуральных и термизированных сыров для наглядности была применена цветовая шкала соответствия. Зеленым отмечено полное соответствие исследуемой характеристики, желтым – хорошо, голубым - удовлетворительно, красным – полное несоответствие (таблица 3.24).

Таблица 3.24 – Тенденции изменения функциональных характеристик натуральных сыров для пиццы после термомеханической обработки

№ образца	Натираемость		Плавимость		Выделение свободного жира		Блиsterы		Сгораемость		Растяжимость	
	Сыр	ТС	Сыр	ТС	Сыр	ТС	Сыр	ТС	Сыр	ТС	Сыр	ТС
1	Желтый	Красный	Желтый	Красный	Красный	Желтый	Красный	Красный	Красный	Зеленый	Желтый	Голубой
2	Зеленый	Желтый	Зеленый	Зеленый	Красный	Голубой	Красный	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Зеленый
3	Зеленый	Желтый	Желтый	Зеленый	Красный	Голубой	Красный	Желтый	Красный	Желтый	Желтый	Зеленый
4	Зеленый	Зеленый	Голубой	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Красный	Желтый	Желтый	Желтый	Голубой	Голубой
5	Зеленый	Зеленый	Голубой	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Красный	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Зеленый
6	Голубой	Голубой	Желтый	Зеленый	Красный	Голубой	Красный	Зеленый	Желтый	Желтый	Зеленый	Желтый
7	Голубой	Голубой	Голубой	Зеленый	Красный	Голубой	Зеленый	Желтый	Желтый	Голубой	Голубой	Красный
8	Желтый	Голубой	Желтый	Зеленый	Красный	Голубой	Красный	Зеленый	Желтый	Желтый	Желтый	Голубой
9	Красный	Красный	Желтый	Красный	Желтый	Желтый	Красный	Зеленый	Желтый	Желтый	Красный	Красный
10	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Красный	Желтый	Красный	Зеленый	Желтый	Желтый	Зеленый	Зеленый
11	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Зеленый	Красный	Красный	Желтый	Желтый	Зеленый	Зеленый
12	Красный	Желтый	Желтый	Зеленый	Красный	Зеленый	Красный	Желтый	Желтый	Голубой	Голубой	Желтый
13	Красный	Желтый	Желтый	Зеленый	Красный	Зеленый	Красный	Желтый	Желтый	Красный	Красный	Голубой
14	Красный	Желтый	Красный	Зеленый	Красный	Зеленый	Красный	Желтый	Желтый	Красный	Красный	Голубой

Анализ полученных данных показывает, что при термомеханической обработке различных видов натуральных сыров в среднем функциональные характеристики улучшались, что делает использование термизированных сыров, выработанных на основе натуральных, более предпочтительными для производства пиццы. При этом после обработки наилучший комплексный показатель соответствия искомым функциональным характеристикам имели сыры с чеддеризацией сырной массы (образцы 10 и 11), полутвердые сыры пониженной жирности (образцы 4 и 5). Не рекомендуется для производства термизированных сыров для пиццы применять твердые сыры (образец 1) и сыры с плесенью (образец 9). Перспективным сырьем для производства термизированных сыров являются мягкие (образец 12) и рассольные (образцы 13 и 14) сыры.

3.5 Исследование возможности применения замороженного сыра-сырья при производстве термизированных сыров для пиццы

С целью сглаживания сезонности производства и увеличения сроков годности сыров проведены исследования по установлению возможности использования в качестве сырья для производства термизированных сыров замороженные сыры. В настоящее время отсутствуют данные о влиянии длительного низкотемпературного хранения сыров-сырья на функциональные характеристики изготовленных из них сыров для пиццы. Поэтому в задачи данного исследования входила оценка влияния низкотемпературного хранения сыра-сырья на функциональные характеристики термизированных сыров.

При выполнении исследований в качестве объектов служили образцы сыра-сырья с чеддеризацией сырной массы и термизированных сыров, выработанных на их основе по ранее разработанной технологии. Образцы сыра-сырья подвергали замораживанию при температуре минус (55 ± 5) °C и минус (14 ± 2) °C и дальнейшему низкотемпературному хранению при температуре минус (14 ± 2) °C в течение 360 суток с последующей дефростацией при температуре (20 ± 2) °C.

Оценка функциональных характеристик начиналась с оценки способности термизированного сыра к натиранию. Сравнительная оценка натираемости термизированных сыров показывает, что сыр для пиццы, выработанный из замороженного при температуре минус (55 ± 3) °C и минус (14 ± 3) °C сыра-сырья, незначительно налипал на металлическую терку.

Внешний вид термизированных сыров, выработанных на основе замороженного сыра-сырья, представлен на рисунке 3.24.

Из данных, представленных на рисунке 3.24, видно, что длительное низкотемпературное хранение сыра-сырья не оказало значимого влияния на сгораемость (9 баллов), выделение свободного жира (5 баллов), образование блистеров (4 балла).

Влияние низкотемпературного хранения сыра-сырья на плавимость термизированных сыров представлена в таблице 3.25.

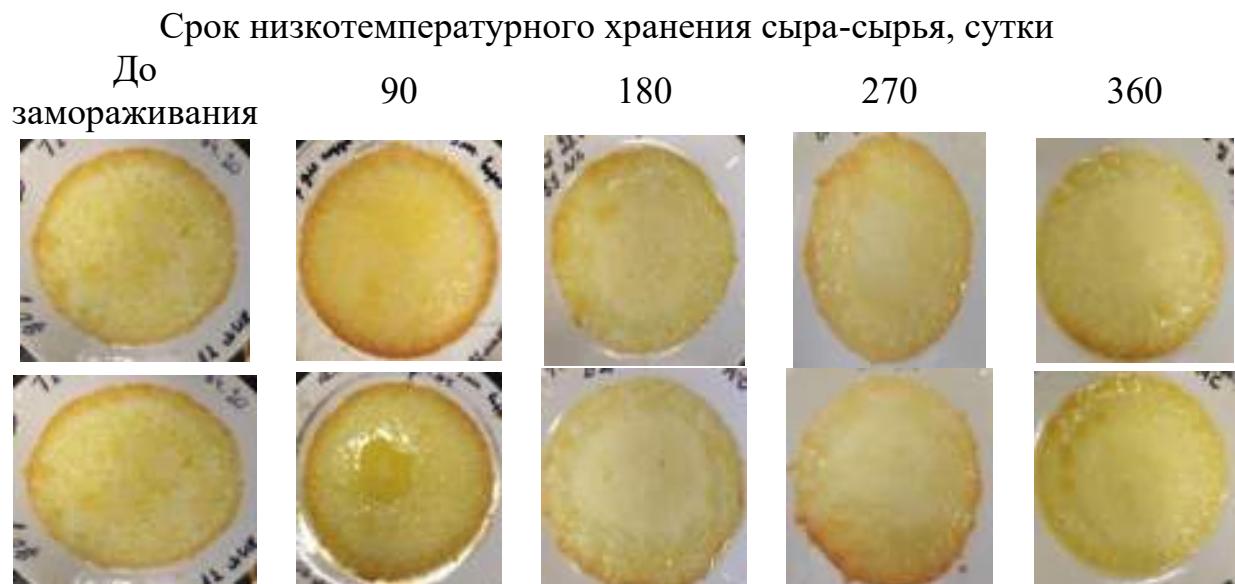


Рисунок 3.24 – Внешний вид термизированных сыров, произведенных на основе сыров-сырья, подвергнутых длительному низкотемпературному воздействию:

- а) замороженное при температуре минус (55 ± 5) °C;
- б) замороженное при температуре минус (14 ± 2) °C.

Таблица 3.25 – Оценка плавимости замороженного сыра-сырья и, выработанного из него, термизированного сыра

Продолжительность хранения сыра-сырья, сутки	Режим замораживания сыра-сырья, °C	Режим хранения сыра-сырья, °C	Оценка плавимости сыра-сырья	Оценка плавимости ТС					
До замораживания			10±1	10±2					
90	минус (55 ± 5)	минус (14 ± 2)							
180									
270									
360									
90	минус (14 ± 2)								
180									
270									
360									

Не установлено влияния длительного низкотемпературного хранения сыра-сырья на плавимость, выработанных на их основе, термизированных сыров.

Результаты исследования влияния низкотемпературного хранения сыра-сырья на растяжимость термизированных сыров представлены в таблице 3.26.

Установлено, что при получении термизированного сыра из замороженного

сыра-сырья наблюдалось значимое ухудшение растяжимости. При использовании термизированного сыра, выработанного из замороженного сыра-сырья при температуре минус (55 ± 5) °С, лучше сохранялась длина сырной нити. Независимо от режимов замораживания при увеличении срока низкотемпературного хранения сыра-сырья сокращалась длина сырной нити на 7-10 см.

Таблица 3.26 – Влияние длительного низкотемпературного хранения сыров-сырья на растяжимость, выработанных на их основе, термизированных сыров

Точка хранения сыра-сырья, сутки	Режим замораживания сыра-сырья, °С	Режим хранения сыра-сырья, °С	Длина сырной нити исходного сыра-сырья, см/балл	Длина сырной нити термизированного сыра, выработанного из сыра-сырья, см/балл	
До замораживания			30/15	32/15	
90	минус (55 ± 5)	минус 14 ± 2	40/15	30/15	
180			60/11	28/14	
270			50/15	26/13	
360			70/10	23/12	
90	минус (14 ± 2)		40/15	31/15	
180			45/15	27/14	
270			50/15	24/12	
360			60/11	21/12	

Таким образом, для производства термизированных сыров можно использовать замороженные натуральные сыры, хранившиеся 1 год.

3.6 Хранимоспособность термизированных сыров для пиццы

При производстве и реализации продуктов питания, в том числе и термизированных сыров, необходимо устанавливать режимы и сроки годности. Поэтому дальнейшие исследования посвящены хранимоспособности термизированных сыров.

Термизированные сыры вырабатывались на основе сыра с чеддеризованной сырной массой, так как такой сыр является одним из лучших вариантов в предыдущем исследовании и чаще всего применяется для производства пиццы.

Хранимоспособность термизированного сыра, как и других продуктов питания, в цепи от производителя до покупателя связана со многими рисками и в

первую очередь с микробиологическими. Показатели микробиологической безопасности термизированных сыров, при определении сроков хранения, требуют особого внимания.

В таблице 3.27 представлены данные изменения количества значимых микроорганизмов, в процессе хранения образцов термизированного сыра при разных температурах.

Установлено, что в процессе длительного низкотемпературного хранения термизированных сыров уровень бактериальной обсемененности имел тенденцию к медленному снижению. На 30 сутки хранения при температуре (10 ± 2) °C отмечено незначительное количество плесневых грибов за счет поверхностного обсеменения и тенденция их последующего роста.

На рисунке 3.25 представлены данные изменения активной кислотности и массовой доли влаги термизированных сыров в процессе длительного хранения при разных температурах.

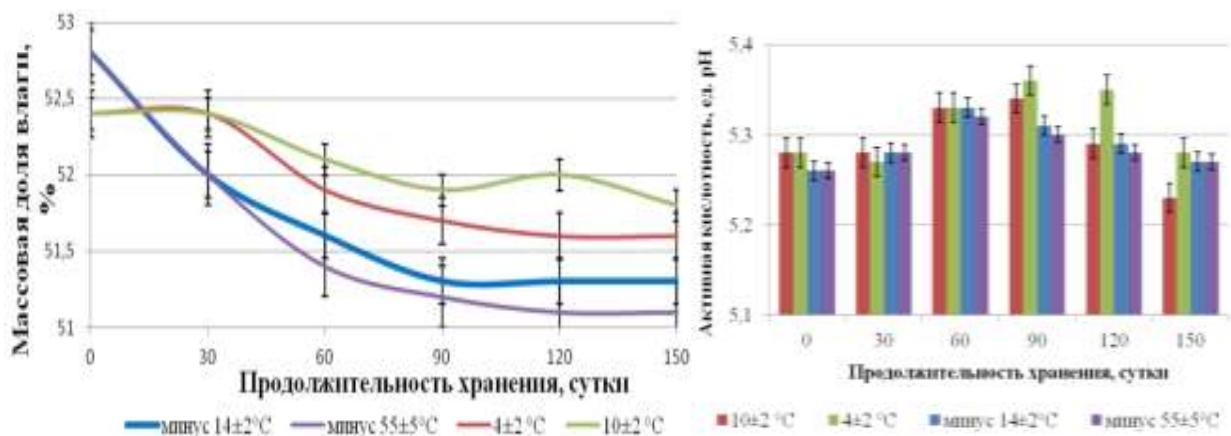


Рисунок 3.25 – Изменение массовой доли влаги и активной кислотности

термизированных сыров, подвергнутых длительному хранению

Установлено, что при хранении термизированного сыра массовая доля влаги уменьшалась. При режиме хранения минус (55 ± 5) °C отмечено максимальное снижение массовой доли влаги, а при температуре (10 ± 2) °C - минимальное. Не выявлено влияния разных температур хранения на показатели рН. Активная кислотность изменялась в пределах ошибки метода.

Таблица 3.27 – Влияние температуры длительного хранения на микробиологические показатели термизированных сыров

Прод-ность хранения, сутки	Режим хранения, °C	КМАФАнМ КОЕ/г	КТАФАнМ КОЕ/г	БГКП, отсутствие в г	Дрожжи КОЕ/г	Плесневые грибы КОЕ/г	Кол-во спор анаэробных МО, НВЧ спор/г
0	10±2	(5,9±0,8)·10 ⁸	(4,6±0,4)·10 ⁸	0,1	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г	отсут. в 0,1 г
	4±2						
	минус 14±2	(5,0±0,6)·10 ⁸	(8,4±0,3)·10 ⁷				
	минус 55±5	(4,6±0,9)·10 ⁸	(8,6±0,2)·10 ⁷				
30	10±2	(5,4±0,5)·10 ⁸	(4,4±0,3)·10 ⁸	0,1	отсут. в 0,1 г	(1,0±0,3)·10 ¹	отсут. в 0,1 г
	4±2	(4,5±0,7)·10 ⁸	(4,3±0,3)·10 ⁸				
	минус 14±2	(3,1±0,5)·10 ⁸	(6,2±0,5)·10 ⁷				
	минус 55±5	(2,9±0,8)·10 ⁸	(6,5±0,4)·10 ⁷				
60	10±2	(3,7±0,6)·10 ⁸	(1,0±0,3)·10 ⁸	0,1	отсут. в 0,1 г	(1,0±0,5)·10 ¹	отсут. в 0,1 г
	4±2	(2,4±0,8)·10 ⁸	(2,2±0,4)·10 ⁸				
	минус 14±2	(1,4±0,3)·10 ⁸	(2,1±0,5)·10 ⁷				
	минус 55±5	(1,5±0,5)·10 ⁸	(2,6±0,6)·10 ⁷				
90	10±2	(2,8±0,7)·10 ⁸	(9,6±0,8)·10 ⁷	0,1	отсут. в 0,1 г	(1,3±0,4)·10 ²	отсут. в 0,1 г
	4±2	(2,3±0,9)·10 ⁸	(1,8±0,3)·10 ⁸				
	минус 14±2	(1,1±0,5)·10 ⁸	(1,9±0,7)·10 ⁷				
	минус 55±5	(1,2±0,3)·10 ⁸	(1,9±0,4)·10 ⁷				
150	10±2	(2,6±0,4)·10 ⁸	(2,6±0,2)·10 ⁷	0,1	отсут. в 0,1 г	(7,0±0,2)·10 ²	0,6±0,2
	4±2	(2,0±0,3)·10 ⁸	(9,5±0,4)·10 ⁷				
	минус 14±2	(9,9±0,8)·10 ⁷	(1,1±0,4)·10 ⁷				
	минус 55±5	(9,7±0,9)·10 ⁷	(1,0±0,6)·10 ⁷				

Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=10)

Для оценки влияния режимов и сроков хранения на структурно-механические показатели продукта были проведены исследования реологических показателей термизированных сыров. Результаты представлены на рисунке 3.26.

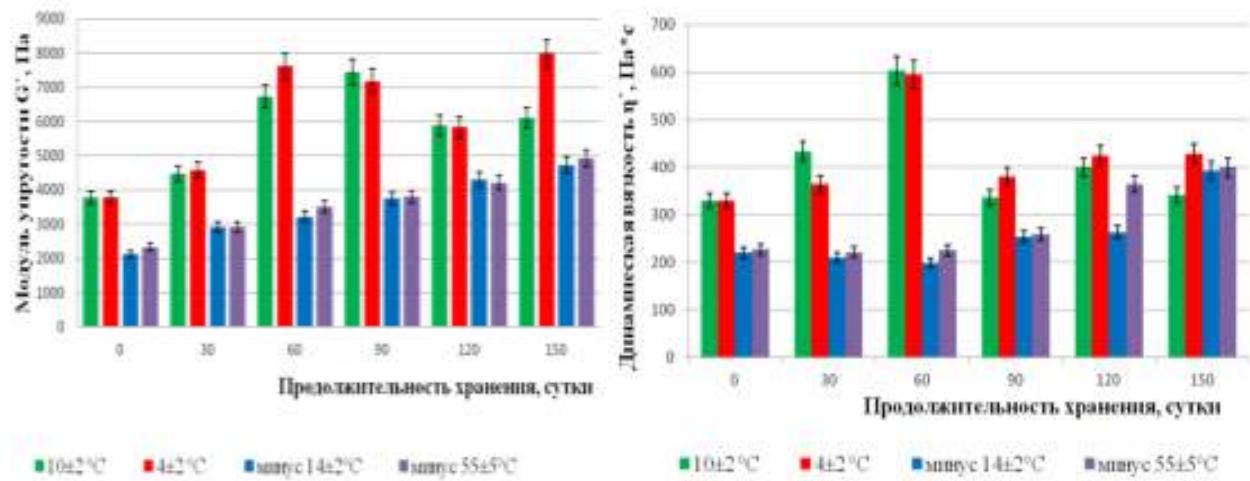


Рисунок 3.26 – Изменение модуля упругости и динамической вязкости термизированных сыров в процессе длительного хранения

В процессе хранения модуль упругости имел тенденцию к росту. В процессе хранения при температурах (4 ± 2) °C и (10 ± 2) °C до 60 суток динамическая вязкость в сырах возрастала, а затем уменьшалась. Изменение структурно-механических свойств при положительных температурах хранения свидетельствовало о продолжении формирования структуры под действием эмульгирующей соли. В процессе хранения сыров при отрицательных температурах динамическая вязкость имела тенденцию к медленному росту в течение всего периода хранения.

При оценке органолептических показателей установлено, что изначально термизированные сыры имели слабо выраженный сырный, слабокислый вкус и недостаточно плотную, слегка упругую, пластичную консистенцию средней слоистости. В образцах термизированных сыров, хранящихся при температурах минус (14 ± 2) °C и минус (55 ± 5) °C, появлялась мучнистость, значительно уменьшалась слоистость и исчезала упругость. В процессе хранения при отрицательной температуре усиливался кислый вкус и появлялся легкий посторонний привкус. В образцах, хранившихся при температуре (4 ± 2) °C более

90 суток, появлялся резкий посторонний привкус и сформировалась мягкая консистенция. В образцах, хранившихся при температуре (10 ± 2) °С более 60 суток, появлялся резкий посторонний привкус, усиливался кислый вкус, значительно уменьшалась слоистость, а консистенция становилась мажущейся.

При оценке возможности использования термизированных сыров для производства пиццы, кроме показателей безопасности и качества, первостепенное значение имеют функциональные характеристики, определяющие качество готового продукта после выпечки.

Результаты исследований влияния температуры хранения термизированного сыра на основные функциональные характеристики – длину сырной нити и плавимость после выпечки представлены в таблице 3.28.

Таблица 3.28 – Изменение длины сырной нити и плавимости в процессе длительного хранения

Продолжительность хранения, сутки	Режим хранения, °С	Длина сырной нити, см/балл	Плавимость, мм/балл
0	10±2	31,0±0,5/15	40±10/10
	4±2		
	минус 14±2	30,0±1,2/15	50±4/10
	минус 55±5		49±9/10
30	10±2	29,0±0,9/14	45±5/10
	4±2		43±10/10
	минус 14±2	30,0±1,0/15	44±7/10
	минус 55±5		43±7/10
60	10±2	23,0±1,3/13	42±11/10
	4±2	27,0±0,9/14	45±3/10
	минус 14±2	29,0±1,2/14	41±8/10
	минус 55±5	30,0±0,9/15	40±10/10
90	10±2	19,0±0,4/11	44±7/10
	4±2	21,0±0,5/12	46±4/10
	минус 14±2	26,0±1,4/13	44±9/10
	минус 55±5	28,0±0,8/14	45±5/10
120	10±2	15,0±0,9/9	45±9/10
	4±2	19,0±1,0/11	41±4/10
	минус 14±2	20,0±0,5/12	45±3/10
	минус 55±5	26,0±1,2/13	44±5/10
150	10±2	10,0±1,2/7	46±4/10
	4±2	15,0±0,9/9	42±6/10
	минус 14±2	19,0±1,5/11	48±1/10
	минус 55±5	21,0±1,3/12	48±2/10

Данные представлены в форме «среднее значение ± стандартное отклонение» (n=10)

Из данных, представленных в таблице 3.28, следует, что в процессе длительного хранения термизированного сыра шло постепенное уменьшение длины сырной нити, что снижало качество термизованных сыров. Не установлено значимого влияния режимов и продолжительности хранения на плавимость термизированных сыров после выпечки.

Влияние режимов длительного хранения термизированных сыров при разных температурах на внешний вид продукта, т.е. сгораемость, выделение свободного жира и образование блистеров после высокотемпературной обработки представлено на рисунке 3.27.

В образцах, хранившихся при положительных температурах (4 ± 2) °C и (10 ± 2) °C, после выпечки отмечалось умеренное выделение свободного жира и подгорание краев, при этом продолжительность хранения оказывало негативное влияние. Хранение термизированных сыров при отрицательных температурах позволяло уменьшить выделения свободного жира, однако наблюдалось образование пузыря при выпечке, что снижало оценку сыра.

Для обобщения полученных результатов при исследовании хранимоспособности термизированных сыров была разработана цветовая шкала соответствия. Зеленым цветом обозначено полное соответствие исследуемого свойства, желтым – частичное, красным – полное несоответствие (таблица 3.29).

Температура длительного хранения термизированных сыров (10 ± 2) °C не обеспечивала полностью сохранение показателей микробиологической безопасности, что привело к ограничению хранимоспособности 90 сутками. По органолептическим показателям сыры отбраковывали на 90 сутки при режиме хранения (10 ± 2) °C, так как отмечали резкий посторонний привкус и мажущуюся консистенцию, на 120 сутки при температуре (4 ± 2) °C - из-за резкого постороннего привкуса. При отрицательных температурах хранения органолептические характеристики термизированных сыров изменялись незначительно до 150 суток.

Функциональная характеристика	Продолжительность хранения термизированных сыров, сутки							
	0 (10±2) °C	30 (10±2) °C	90 (10±2) °C	150 (10±2) °C	0 минус (14±2) °C	30 минус (14±2) °C	90 минус (14±2) °C	150 минус (14±2) °C
Натираемость	(4,97±0,32) балла	(3,25±0,29) балла	(1,65±0,15) балла	(1,62±0,12) балла	(4,95±0,35) балла	(4,01±0,21) балла	(3,84±0,65) балла	(2,21±0,12) балла
Сгораемость	(9,04±0,65) балла	(8,21±0,54) балла	(8,38±0,94) балла	(8,00±0,25) балла	(9,94±0,61) балла	(9,86±0,35) балла	(9,25±0,38) балла	(9,35±0,29) балла
Блистеры	(4,98±0,21) балла	(3,99±0,35) балла	(3,86±0,22) балла	(3,57±0,11) балла	(4,93±0,11) балла	(4,56±0,29) балла	(4,22±0,17) балла	(4,15±0,21) балла
Выделение свободного жира	(4,03±0,15) балла	(4,12±0,26) балла	(2,65±0,23) балла	(2,32±0,32) балла	(4,00±0,25) балла	(4,06±0,15) балла	(3,99±0,27) балла	(4,09±0,14) балла
(4±2) °C								
Натираемость	(4,97±0,32) балла	(4,86±0,28) балла	(2,03±0,12) балла	(1,67±0,65) балла	(4,95±0,35) балла	(4,01±0,21) балла	(3,84±0,65) балла	(2,21±0,12) балла
Сгораемость	(9,04±0,65) балла	(9,00±0,25) балла	(8,68±0,38) балла	(8,54±0,29) балла	(9,94±0,61) балла	(9,86±0,35) балла	(9,25±0,38) балла	(9,35±0,29) балла
Блистеры	(4,98±0,21) балла	(3,65±0,41) балла	(3,25±0,25) балла	(3,26±0,23) балла	(4,93±0,11) балла	(4,56±0,29) балла	(4,22±0,17) балла	(4,15±0,21) балла
Выделение свободного жира	(4,03±0,15) балла	(4,12±0,23) балла	(4,00±0,19) балла	(3,98±0,16) балла	(4,00±0,25) балла	(4,06±0,15) балла	(3,99±0,27) балла	(4,09±0,14) балла

Рисунок 3.27 – Внешний вид термизированных сыров после выпечки, подвергнутых длительному хранению при разных температурах.

Таблица 3.29 – Соответствие термизированных сыров показателям безопасности, качества и функциональным характеристикам в процессе длительного хранения при разных температурах

Продолжительность хранения, сутки	Показатели			Функциональные характеристики				
	Микробиологические	Органолептические	Физико-химические	Сгораемость	Количество блистеров	Выделение свободного жира	Плавимость	Длина сырной нити
$(10\pm2)^\circ\text{C}$								
0								
30								
60								
90								
120								
150								
$(4\pm2)^\circ\text{C}$								
0								
30								
60								
90								
120								
150								
минус $(14\pm2)^\circ\text{C}$								
0								
30								
60								
90								
120								
150								
минус $(55\pm5)^\circ\text{C}$								
0								
30								
60								
90								
120								
150								

За период наблюдения физико-химические показатели не влияли на хранимоспособность. Отбраковка термизированного сыра проводилась по функциональной характеристике - выделению свободного жира при температурных режимах $(10\pm2)^\circ\text{C}$ и $(4\pm2)^\circ\text{C}$ на 90 и 120 сутки соответственно, а по длине сырной нити - на 150 сутки.

Таким образом, хранимоспособность термизированных сыров при температуре $(10\pm2)^\circ\text{C}$ составила не более 60 суток, при температуре $(4\pm2)^\circ\text{C}$ -

90 суток, а при температуре минус (14 ± 2) °С и минус (55 ± 5) °С - 150 суток.

3.7 Разработка документации по стандартизации на термизированные сыры для пиццы

На основе полученных экспериментальных данных с учетом анализа научной литературы, многолетнего опыта работы специалистов ВНИИМС, разработанных критериев качества и безопасности разработана базовая технология производства новой категории сыров: сыры для пиццы термизированные. Особенности технологических режимов производства термизированных сыров связаны с пониженными температурами термомеханической обработки сырной смеси, что оказывает прямое влияние на микробиологические показатели безопасности. Важные функциональные характеристики данной группы, такие как растяжимость (образование «сырной» нити), слоистая структура и эластичность (упругость), способность к натиранию и нарезанию продукта, а также органолептические и физико-химические свойства относятся к показателям качества.

Категория термизированных сыров сейчас находится между двумя группами продуктов сыророделия: «сыр» и «плавленый сыр», а ее показатели безопасности и качества, включая функциональные характеристики, будут зависеть как от сырья, так и от технологических режимов тепловой обработки. Следовательно, ключевые технологические особенности и свойства используемого сырья могут сказаться на идентификационных показателях и показателях безопасности продукта.

В результате работы сформулировано определение «термизированный сыр для пиццы» – продукт молочный или молочный составной, изготовленный из коровьего молока и/или сыров, с использованием продуктов переработки молока и пищевых добавок, путем термомеханической обработки сырья при температуре (72 ± 3) °С с целью формирования специфических функциональных характеристик, с добавлением или без добавления немолочных компонентов, вводимых не в

целях замены составных частей молока.

Разработаны требования к показателям микробиологической безопасности термизированных сыров, указанные в таблице 3.30.

Таблица 3.30 – Допустимые нормы содержания микроорганизмов термизированных сыров для пиццы

	Наименование показателя	Значение показателя
Масса продукта, г, в которой не допускаются:	БГКП (coliформы)	0,1
	Стафилококки <i>S. aureus</i>	0,01
	Листерии <i>L. monocytogenes</i>	25
	Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	25
Дрожжи, КОЕ/г, не более		50
Плесневые грибы, КОЕ/г, не более		50

Требования к показателям микробиологической безопасности термизированных сыров отличаются от требований, заложенных в ТР ТС 033/2013 для натуральных и плавленых сыров. Как указывалось ранее и подтверждено научными исследованиями, а также опытом практического изготовления, показатель КМАФАнМ, регламентируемый в плавленых сырах как основной показатель микробиологической безопасности, не может быть применим для группы термизированных сыров в таком качестве, так как температурные режимы обработки сырной массы не обеспечивают значимого снижения заквасочных микроорганизмов, источником которых является сыр-сырец. Поэтому данный показатель нельзя рассматривать как показатель безопасности.

На основании результатов проведенных исследований, представленных в разделах 3.3-3.5, разработана технологическая схема производства термизированных сыров для пиццы (приложение Г).

Все вышесказанное послужило основанием для разработки ГОСТ Р 59212-2020 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия» (Приложение Д) и ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные» (Приложение Е).

Физико-химический состав термизированных сыров допускает достаточно

широкий диапазон массовой доли жира в продукте, однако принципиальным является нормирование белка и углеводов (таблица 3.31).

Таблица 3.31 – Химический состав термизированных сыров

Наименование	Массовая доля, %				
	жира в сухом веществе	влаги, не более	белка, не менее	углеводов, не более	эмulsификаторов, не более
Сыры для пиццы термизированные	От 35,0 до 50,0	60,0	16,0	4,0 (в том числе лактозы не более 1,5)	1,5

Сыры выпускают в реализацию в форме блоков, батонов; нарезанными кубиками или в тертом виде без созревания после достижения температуры хранения. Допускается для продления сроков хранения реализация данной категории сыров в замороженном виде.

В ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные» указаны порядок технологических операций и аппаратурная схема производства термизированных сыров, установлены критические контрольные точки производства, а также определены требования к перевозке, хранению термизированных сыров. В инструкцию включена разработанная шкала оценки органолептических показателей и функциональных характеристик сыров для пиццы.

3.8 Производственная проверка результатов исследования

Результаты работы были апробированы в условиях ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» (приложение Ж).

Проведена выработка термизированных сыров с массовой долей жира в сухом веществе 50 % и с массовой долей влаги 47 %. Для производства термизированных сыров для пиццы использовали: 31,5 кг сыра «Российский» с массовой долей жира в сухом веществе 50 %; 6,2 кг масла сливочного «Традиционное» с массовой долей жира 82,5 %; 3,3 кг молока сухого обезжиренного; 0,8 кг цитрата натрия и 8,2 кг воды. Выработка проводилась в

соответствии с ГОСТ Р 59212-2023 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия» и ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные».

Готовые сыры для пиццы фасовали в форме блоков по 2 кг и охлаждали в камере охлаждения готовой продукции при температуре (4 ± 2) °C. В выработанных термизированных сырах исследовали показатели микробиологической безопасности (таблица 3.32), органолептические и физико-химические показатели (таблицы 3.33 и 3.34) и функциональные характеристики (рисунок 3.28).

Таблица 3.32 – Результаты микробиологических исследований термизированных сыров для пиццы, проводимых в производственной лаборатории

Показатель	Результат	Норма по ГОСТ Р 59212-2020	Соответствие норме
БГКП, масса продукта (г), в которой не обнаружены	0,1	0,1	соответствует
Дрожжи, КОЕ/г	0	не более 50	
Плесневые грибы, КОЕ/г	0	не более 50	

Таблица 3.33 – Результаты дегустационной оценки термизированных сыров для пиццы

Показатель	Характеристика	Оценка, балл
Вкус и запах	Чистый, слабовыраженный сырный, в меру соленый	27
Консистенция	Слегка слоистая, слегка пластичная, плотная, эластичная	15
Внешний вид	Характерный	5
ИТОГО		47

Таблица 3.34 – Результаты физико-химических испытаний термизированного сыра для пиццы

Показатель	Результат	Норма по ГОСТ Р 59212-2020	Соответствие норме
Массовая доля жира в сухом веществе, %	49,5	От 35,0 до 50,0	соответствует
Массовая доля влаги, %	47,8	не более 60	
Массовая доля белка, %	21,3	не менее 16	
Массовая доля хлористого натрия, %	0,9	не более 2,5	

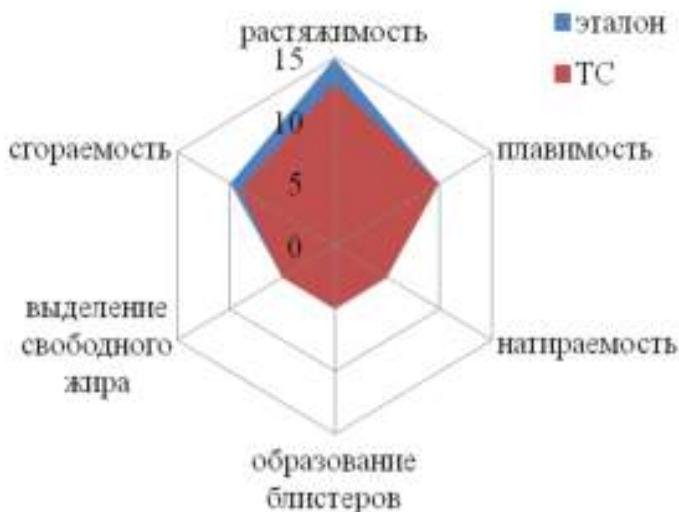


Рисунок 3.28 – Профилограмма комплекса функциональных характеристик термизированных сыров, выработанных в производственных условиях

По результатам проведенных исследований установлено, что выработанные в условиях ООО «Угличский сыродельно-молочный завод» термизированные сыры соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ Р 59212-2020.

По результатам производственной проверки получено положительное заключение.

3.9 Оценка экономической эффективности производства термизированных сыров для пиццы

Расчет экономической эффективности производства термизированных сыров для пиццы проведен по результатам аprobации на сыродельно-молочном предприятии города Углич. Расчет затрат на основное сырье проводили на основании норм расходов и массовой доли в термизированном сыре. Расчеты представлены на примере рецептуры, представленной в ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные», оптовых цен (на середину 2024 г.) и планируемых статей расхода на производства, предоставленных предприятием, на котором осуществлялась аprobация технологии.

При расчете оптовой цены использовали реальные статьи расходов предприятия. Расчет стоимости сырья и основных материалов определяли на

основании следующей формулы:

$$C_{c.o.} = H_{pi} \cdot B_i \cdot \bar{P}, \quad (3.7)$$

где: H_{pi} – норма расхода i -го сырья на 1 т. продукта, т;

B_i – выпуск продукции в единицу времени, т;

\bar{P} – цена сырья и основных материалов на выпуск 1 т. продукции, руб.

Расчет стоимости сырья и основных материалов представлен в таблице 3.35.

Таблица 3.35 – Расчет стоимости сырья и основных материалов для термизированных сыров для пиццы

Наименование сырья и материалов	Цена за 1 кг, руб	Термизированный сыр для пиццы	
		Расход сырья на 1т, кг	Стоимость, руб
Сыр Российский полуфабрикат массовой долей жира в сухом веществе 50 %	510,48	639,0	326196,72
Фосфатно-цитратная эмульгирующая соль	197,37	15,0	2960,55
Масло сливочное Крестьянское массовой долей жира 72,5 %	459	1,9	872,1
Концентрат молочного белка	250	93,3	23325
Вода питьевая	-	270,8	-
ИТОГО	-	1020	353354,37

Расчет себестоимости 1 т термизированного сыра приведен в таблице 3.36.

Итоговая себестоимость готового продукта состоит из расчета цеховой и производственной себестоимости, а также постоянных административных и коммерческих расходов. Расчет проводили для термизированных сыров в форме блока по 2 кг, упакованного в термоусадочные высокобарьерные пакеты.

Таблица 3.36 – Расчет себестоимости 1 т термизированного сыра

Статья расхода	Стоимость, руб
Сырье и основные материалы	353354,37
Вспомогательные материалы и упаковка	34060,00
Энергозатраты	5564,30
Основная зарплата	3800,00
Отчисления на социальное страхование и в пенсионный фонд	1455,40
Цеховая себестоимость	398234,07
Постоянные общепроизводственные расходы	4300,00
Амортизация основных фондов	2207,00
Производственная себестоимость	404741,07
Постоянные административные (управленческие) расходы	4848,52
Постоянные сбытовые (коммерческие) расходы	5174,10
Полная себестоимость	414763,69
Себестоимость 1 кг термизированного сыра	414,76
В расчетах использовались оптовые цены по г. Углич за 2024г. (без НДС)	

Сравнили себестоимость разработанного термизированного сыра с себестоимостью натуральных сыров, часто применяемых при производстве пиццы (таблица 3.37)

Таблица 3.37 – Себестоимость натуральных сыров и термизированных сыров для пиццы

	Термизированный сыр	Сыр Моцарелла	Российский сыр
Себестоимость за 1 кг	414,76	485,89	510,48

Из таблицы 3.37 следует, что разработанная категория сыров дешевле натуральных сыров, обладают функциональными характеристиками.

Снизить себестоимость термизированных сыров можно за счет применения в качестве основного сырья незрелых сыров, мягких и рассольных сыров, а также сборных головок сыра.

Цена за 1 кг термизированного сыра для пиццы в реализации составит 497,70 руб. без учета НДС (с учетом расходов, которые должна покрывать торговая наценка).

Прибыль составит $497,70 - 414,76 = 82,94$ руб. за 1 кг и 82940 руб. за 1 т.

Рентабельность производства термизированного сыра по рассчитанной рецептуре составляет: $82940 \cdot 100 / 414763,69 = 20\%$. Рентабельность производства

сыра для пиццы на уровне 20 % — это устойчивый средний показатель для пищевой отрасли и является хорошим технико-экономическим показателем производства нового продукта. Данную рентабельность можно увеличить до 30-35 % за счет применения более дешевого сырья, варьирования жира в сухом веществе и влажности готового термизированного сыра.

Таким образом, разработанная технология производства термизированных сыров позволяет получить более дешевый продукт для пиццы, обладающий необходимым комплексом органолептических и функциональных характеристик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ научно-технической и патентной литературы выявил перспективность исследований по разработке особой категории термизированных сыров с функциональными характеристиками для пиццы. Теоретически и экспериментально определен комплекс критериев оценки функциональных и органолептических характеристик, учитывающих особенности производства сыров для пиццы. Проведен социологический опрос и разработана 100-балльная шкала комплексной оценки сыров для пиццы.

2. Исследованы функциональные характеристики 12 видовых групп натуральных сыров и проведена их оценка с помощью разработанной шкалы на степень пригодности для производства пиццы. Установлено, что сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы, незрелые полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формуемые из пласта, и полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания соответствуют комплексу функциональных характеристик сыров для пиццы. Сыры, созревающие при участии плесени *Penicillium roqueforti*, а также мягкие и рассольные сыры непригодны для приготовления пиццы.

3. Установлены технологические режимы производства термизированных сыров, позволяющие обеспечить необходимый уровень функциональных характеристик сыров для пиццы: температура термомеханической обработки - (72 ± 3) °С, скорость перемешивания - 300-450 об/мин, температура охлаждения после термомеханической обработки - (4 ± 2) °С. Установлены допустимые нормы содержания значимых групп микроорганизмов для термизированных сыров, с учетом микробиологической обсемененности сырья и технологических режимов производства. Так патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и листерии должны отсутствовать в 25 г; стафилококки, должны отсутствовать в 0,01 г; а БГКП - в 0,1 г готового продукта. Содержание дрожжей и плесневых грибов - не более 50 КОЕ/г.

4. Определен сырьевой и химический состав термизированных сыров. В состав основного сырья должны входить натуральные сыры, отобранные в результате проведенных исследований, и фосфатно-цитратные эмульгирующие

соли в количестве не более 1,5 %. Необходимые функциональные характеристики достигаются при следующем химическом составе: массовая доля лактозы $0,3\pm0,2$ %, массовая доля молочной кислоты $2,0\pm1,5$ %, массовая доля белка $21,1\pm5,0$ %, массовая доля жира в сухом веществе 35-45 %.

5. Установлено влияние различных температурных режимов хранения на сроки годности ТС. Хранимоспособность при температуре (10 ± 2) °C составляет не более 60 суток; при температуре (4 ± 2) °C - 90 суток. Для температуры (10 ± 2) °C и (4 ± 2) °C ограничивающими факторами являются снижение органолептических показателей и излишнее выделение жира при выпечке. Доказана возможность увеличения хранимоспособности термизированных сыров за счет их замораживания при температурах минус (14 ± 2) °C и минус (55 ± 5) °C. Установлено, что режимы замораживания обеспечивают увеличение хранимоспособности до 150 суток без значимого изменения показателей микробиологической безопасности, качества и функциональных характеристик.

6. Разработан комплект документов по стандартизации, включающий ГОСТ Р 59212-2020 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия» и ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные». Доказано, что предлагаемая базовая технология производства ТС обеспечивает в промышленных условиях выпуск продукции гарантированного качества, безопасности, соответствующей функциональным характеристикам сыров для пиццы. Рассчитана экономическая эффективность производства ТС для пиццы. Рентабельность производства ТС составляет около 20 %.

Таким образом, результаты диссертационного исследования формируют научный фундамент для перспективных разработок, включающих расширение сырьевой базы за счёт нетрадиционных компонентов, рецептурного разнообразия термизированных сыров и их модификаций, внедрение ресурсосберегающих технологий и цифровых систем управления качеством, совершенствование методов контроля и стандартизации, что в совокупности направлено на импортозамещение и укрепление конкурентоспособности отечественной продукции в сегменте ингредиентов для пищевой индустрии и HoReCa.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БГКП – бактерии группы кишечных палочек;

КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

КТАФАнМ - количество термофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

КОЕ – колониеобразующие единицы;

НВЧ – наиболее вероятное число;

МО – микроорганизмы;

ТС – термизированные сыры для пиццы;

МК – молочная кислота;

TP ТС – Технический регламент Таможенного Союза;

УСМЗ - Угличский сыродельно-молочный завод;

М.д.б – массовая доля белка;

М.д.Ж_{св} – массовая доля жира в сухом веществе;

М.д.эм.с – массовая доля эмульгирующей соли;

ТС – термизированные сыры для пиццы;

MS – средний квадрат отклонений (дисперсия);

Фэмп – эмпирическое значение критерия Фишера;

Fкр – критическое значение критерия Фишера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как пицца в России стала популярной?: [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZfLTP44iVmrG594m>. (Дата обращения 20.05.2024).
2. Рынок пицц и запеканок в России. Текущая ситуация и прогноз 2024-2028 гг. – Пермь: Alto Consulting Group, 2023. – 102 с.
3. Law, B.A. Technology of cheesemaking / Edited by B.A. Law, A.Y. Tamime. – 2nd ed. – Chichester: Blackwell, 2010. – 515 p.
4. Рыбалова, Т.И. Правильный сыр – главный секрет успеха пиццы / Т.И. Рыбалова // Сыроделие и маслоделие. – 2020. - №2. - С.8-12.
5. Розничная торговля и общественное питание[Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/roznichnayatorgovlya>. (Дата обращения 18.04.2024).
6. Популярные сыры для пиццы: [Электронный ресурс]. URL: <https://creativportal.ru/syry-dlja-piccy>. (Дата обращения 15.04.2024)
7. Khanal, B.K.S. Cheese: Importance and introduction to basic technologies / B.K.S. Khanal, M. Pradhan, N. Bansal // Journal of Food Science and Technology Nepal. - 2019. – Vol. 11. - P. 14-24. <https://doi.org/10.3126/jfstn.v11i0.29666>.
8. Naqvi, S.N.U.A. Effect of lysozyme and bromelain on physicochemical, textural and sensorial properties of mozzarella cheese / S.N.U.A. Naqvi, M. Khadim, S.F. Muzammal, S. Gul, B. Ahmad, A. Urooj, M. Asif // Journal of Tianjin University Science and Technology. - 2024. - Vol.. 57. - № 3. – P. 1–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10792168>.
9. Francolino, S. Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian citric mozzarella cheese making / S. Francolino, F. Locci, R. Ghiglietti, R. Iezzi, G. Mucchetti // LWT - Food Science and Technology. – 2010. - Vol. 43. – P. 310-314. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.08.007>.
10. Akhtar, A. Effects of different fat replacers on functional and rheological properties of low-fat mozzarella cheeses: A review / A. Akhtar, I. Nasim, M.S. ud Din,

T. Araki, N. Khalid. // Trends in Food Science & Technology. - 2023. - Vol. 139. - № 2. - 104136. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104136>.

11. Piscopo, A. Influence of the Mozzarella Type on Chemical and Sensory Properties of “Pizza Margherita” / A. Piscopo, A. Mincione, C. Summo, R. Silletti, C. Giaccondino, I. Rocco, A. Pasqualone // Foods. – 2024. – Т. 13. - Vol. 2. – p. 209. <https://doi.org/10.3390/foods13020209>.

12. Kindstedt, P.S. Technology, biochemistry and functionality of pasta filata/pizza cheese. Chapter 14. / P.S. Kindstedt, A.J. Hillier, J.J. Mayes. // In book: Technology of Cheesemaking. - Chichester: Blackwell, 2010. – Р. 330-359.

13. Какой сыр больше подходит для приготовления пиццы: [Электронный ресурс]. URL: <https://kakhack.ru/eda/produkty/syr-dlya-prigotovleniya-piccy.html>. (Дата обращения 16.12.2021).

14. Pizza's Global Footprint: [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.com/2007/02/20/pizza-shipping-logistics-biz-logistics-cx_rm_0221pizza.html?sh=3a0496c61bf8. (Дата обращения 16.12.2021).

15. Выбираем правильный сыр для пиццы. Кулинарные лайфхаки: [Электронный ресурс]. URL: <https://gusto-ufa.ru/blog/vybiraem-pravilnyy-syr-dlya-pitstsy-kulinarnye-layfkhaki>. (Дата обращения 22.03.2023).

16. Boatto, V. Cheese perception in the North American market: Empirical evidence for domestic vs imported Parmesan / V. Boatto, L. Rossetto, P. Bordignon, R. Arboretti, L. Salmaso // British Food Journal. – 2016. - Vol. 118. - № 7. - Р. 1747-1768. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2015-0315>.

17. Вьюнова, С.Р. Разработка рецептуры и технологии новых видов пиццы с сыром / С.Р. Вьюнова, А.В. Борисова // Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности». – Бийск: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2019. – С. 561-563.

18. Gobbetti, M. The Cheeses of Italy: Science and Technology / M. Gobbetti, E. Neviani, P.F. Fox. - 1st ed. – Cham: Springer, 2018. - 274 p.
19. Stazio, M. Verace Glocal Pizza. Localized globalism and globalized localism in the Neapolitan artisan pizza / M. Stazio // Food, Culture & Society. – 2021. – Vol. 24/ - № 3. – P. 406-430. <https://doi.org/10.1080/15528014.2021.1884400>.
20. McCarthy, C.M. Effect of salt and fat reduction on proteolysis, rheology and cooking properties of Cheddar cheese / C.M. McCarthy, M.G. Wilkinson, P.M. Kelly, T.P. Guinee // International Dairy Journal. - 2016. - № 56. P. 74-86. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.01.001>.
21. Какой сыр лучше использовать для пиццы: [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5f8988e93c141d17dbdfaab9/kakoi-syr-luchshe-ispolzovat-dlia-piccy-606f63c8224a6e79ce1f04c1>. (Дата обращения 25.11.2021).
22. Gulzar, N. Influence of mozzarella and cheddar cheese mixing on biochemical characteristics of pizza cheese blends / N. Gulzar, A. Sahar, A. Sameen, M.A. Shabbir, S. Rafiq, R. Arshad // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. - 2021. - Vol. 58. - №4. - P.1359-1365. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/21.50>.
23. Ma, X. Quantification of pizza baking properties of different cheeses, and their correlation with cheese functionality / X. Ma, M.O. Balaban, Zh. Lu, E.A.C. Emanuelsson-Patterson, B. James // Journal of Food Science. – 2014. – Vol. 79. – №. 8. – P. 1528-1534. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12540>.
24. Андрющенко, А.А. Разработка технологии сыра качотта, обогащенного функциональными ингредиентами растительного происхождения / А.А. Андрющенко, А.В. Козликин // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные направления инновационного развития животноводства, современные технологии производства продуктов питания и их безопасность». – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», 2021. – С. 118-120.

25. Бабкина, Н.Г. Курс на импортозамещение - особенности производства итальянских сыров / Н.Г. Бабкина // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 3. – С. 21-23.
26. Lee, M.R. The Investigation and Comparison of Sensory Attributes of Smear-Ripened and Mold-Ripened Cheeses; a Review / M.R. Lee //The Journal of the Korea Contents Association. – 2019. – Т. 19. – №. 4. – Р. 675-681. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2019.19.04.675>.
27. Рогов, В.С. Влияние вида сыра на показатели качества классической пиццы / В.С. Рогов, Е.С. Сахарова, Е.А. Власова // Пищевая промышленность. – 2023. - № 8. – С. 22-26. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.8.8.004>.
28. Мусина, О.Н. Новая разработка института сыроделия - сыр для пиццы «Мажор» / О.Н. Мусина, Д.А. Усатюк, Н.И. Бондаренко // Переработка молока. – 2024. - №5. - С. 26-27. <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2024-5-26-27>.
29. Свистун, Н. Компаунды для имитационных сыров / Н. Свистун // Молочная промышленность. – 2012. – №8. – С.78.
30. Капранчиков, В.С. Возможности расширения ассортимента молокосодержащей продукции и спредов / В.С. Капрачиков // Молочная промышленность. – 2017. – №1. – С. 54-55.
31. Рогожкина, Е. Вопросы качества молокосодержащих продуктов с заменителем молочного жира / Е. Рогожкина // Переработка молока. – 2021. – №8. – С. 46-47.
32. Badem, A. Cheese analogues. Res. and Rev. / A. Badem, G.Ucar // Journal of Food and Dairy Technology. – 2016. - Vol. 4. - №3. – Р. 44-48.
33. Структура российского рынка моцареллы для пиццы: [Электронный ресурс]. URL: https://www.megaresearch.ru/knowledge_library/struktura-rossiyskogo-rynka-mocarellly-dlya-piccy-1691. (Дата обращения 14.06.2024).
34. Горощенко, Л.Г. Динамика показателей российского рынка сыров в 2023 и 2024 годах / Л.Г. Горощенко // Сыроделие и маслоделие. - 2024. - №3. - С. 11-19.

35. Минченко, К.А. Основные тенденции и перспективы развития рынка молочной продукции России / К.А. Минченко // Сборник научных трудов по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы социально-экономического развития регионов Юга России». – Майкоп: ООО «Электронные издательские технологии», 2018. - С. 44-49.
36. На одну пиццу с натуральной моцареллой приходится три пиццы с аналогом". Что говорят участники отрасли о фальсификатах сыра в пицце: [Электронный ресурс]. URL: <https://dairynews.today/news/eto-uzhe-davno-rynok-ne-syra-a-syrnykh-analogov-ch.html>. (Дата обращения 25.09.2023)
37. Bachmann, H.-P. Cheese analogues: a review / H.-P. Bachmann // International Dairy Journal. – 2001. – № 11. – P. 505–515.
38. Hosseini-Parvar, S.H. Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructural properties of model processed cheese / S.H. Hosseini-Parvar, L. Matia-Merino, M. Golding // Food Hydrocolloids. - 2015. - № 43. - P. 557-567. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.015>.
39. Sołowiej, B. Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins / B. Sołowiej, I.W. Cheung, E.C. Li-Chan // International Dairy Journal. - 2014. - Vol. 37. - № 2. – P. 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.03.003>.
40. Sołowiej, B. The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers / B. Sołowiej, P. Glibowski, S. Muszyński, J. Wydrych, A. Gawron, T. Jeliński // Food Hydrocolloids. – 2015. - № 44. – P. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.08.022>.
41. Sołowiej, B. Relevance and production of dairy analogues and restructured dairy products / B. Sołowiej, M. Nastaj // In book: Reference Module in Food Science. – Nederland: Elsevier Inc., 2016. - P. 1-6. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03098-5>.
42. Shah, R. Process standardization for rennet casein based Mozzarella cheese analogue / R. Shah, A.H. Jana, K.D. Aparnathi, P.S. Prajapati // Journal of Food Science

and Technology. – 2010. – Vol. 47. – № 5. – P. 574–578.
<https://doi.org/10.1007/s13197-010-0104-3>.

43. Guinee, T.P. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products / T.P. Guinee, M. Carić, M. Kaláb // In book: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition – Vol. 2: Major Cheese Groups. – NY: Springer New York, 2004. – P. 349–394. [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80052-6](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80052-6).

44. Dharaiya, C. Comparison of natural Mozzarella cheese with acid casein based Mozzarella cheese analogue / C. Dharaiya, A. Jana, A. Patel, D. Patel // Indian Journal Dairy Science. – 2021. – Vol. 74. – № 4. – P. 301-308.
<https://doi.org/10.33785/IJDS.2021.v74i04.003>.

45. Abbasi, S. The Feasibility of Manufacturing Low Fat Pizza Cheese by Use of Pre-Gelatinized Corn Starch / S. Abbasi, L. Nateghi // Journal of Food Biosciences and Technology. - 2022. - Vol. 12. - № 3. - P. 51-66.
<https://doi.org/10.30495/jfbt.2022.19731>.

46. Dhanraj, P. Influence of using a blend of rennet casein and whey protein concentrate as protein source on the quality of Mozzarella cheese analogue / P. Dhanraj, A. Jana, H. Modha, K.D. Aparnathi // Journal of food science and technology. - 2017. - Vol. 54. - № 3. – P. 822–831. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2528-5>.

47. Chavan, R.S. Cheese substitutes: An alternative to natural cheese-A review / R.S. Chavan, A. Jana // International Journal of Food Science, Technology & Nutrition. - 2007. - № 2. - P. 25-39.

48. El-Bakry, M. Reducing salt in imitation cheese: Effects on manufacture and functional properties / M. El-Bakry, F. Beninati, E. Duggan, E.D. O'Riordan, M. O'Sullivan // Food Research International. – 2011. - Vol. 44. - №2. – P. 589-596.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.013>.

49. Hanáková, Z. The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase / Z. Hanáková, F. Buňka, V. Pavlínek, L. Hudečková, R. Janiš // International Journal of Dairy Technology. - 2013. - Vol. 66. - № 4. – P. 484-489.
<https://doi.org/10.1111/1471-0307.12066>.

50. Hassan, Z.M. Functional and thermal characteristics of Buffalo's milk protein products / Z.M. Hassan, Y.A. Heikal // Polish journal of food and nutrition sciences. - 2010. - Vol. 60. - № 4. – P. 353-362.
51. Sumarmono, J. The effect of addition of whey protein concentrate and emulsifier on characteristics of cheddar cheese analogue from corn milk / J. Sumarmono, B. Sustriawan, N. Aini, V. Prihananto, A. Widiastuti // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.- IOP Publishing, 2021. - Vol. 653. - № 1. - 012127. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012127>.
52. Молибога, Е.А. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования технологии плавленых сырных продуктов: дис. док. техн. наук: 05.18.04. - ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, 2016. – 554 с.
53. Остроумов, Л.А. Функциональные продукты на основе молока и его производных / Л.А. Остроумов, А.М. Попов, А.М. Постолова, И.К. Куприна // Молочная промышленность. – 2003. – № 9. – С. 21-22.
54. Идеальная Моцарелла для пиццы - хорошо тянется и не горит: [Электронный ресурс]. URL: <https://ssnab.ru/news/mocarella-dlja-piccy-raskryvaem-sekrety-nastrojaschego-italjanskogo-bljuda>. (Дата обращения: 22.10.2021).
55. Патент РФ № 2380914. Композиция для получения плавленого сырного продукта / Н.Б. Гавrilова, М.В. Опанасенко, О.В. Пасько, Н.В. Кочеткова. – заяв. 18.02.2008, - опубл. 10.02.2010, - бюлл. № 4.
56. Бураковская, Н.В. Исследование термостабильных свойств сырной массы и разработка технологии сырного продукта для пищевых производств: дис. канд. техн. наук: 05.18.04. - ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, 2011. – 170 с.
57. Гавrilova, Н.Б. Технология сырного продукта для пищевых производств / Н.Б. Гавrilova, Н.В. Бураковская // Сыроделие и маслоделие. – 2011. – № 3. – С. 24-25.
58. Патент РФ № 2564117. Способ производства аналога сыра / А.В. Дунаев, Е.В. Алексеева. – заяв. 26.11.2013, - опубл. 27.09.2015, - бюлл. №27.

59. Дунаев, А.В. Имитационные плавленые сырные продукты и вопросы импортозамещения / А.В. Дунаев // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – № 4. – С. 36-37.
60. Mohamed, A.G. Texture, Chemical Properties and Sensory Evaluation of a Spreadable Processed Cheese Analogue Made with Apricot Pulp (*Prunus armeniaca L.*) / A.G. Mohamed, S.M. Shalaby // International Journal of Dairy Science. - 2016. - Vol.11. - № 2. – P. 61-68. <https://doi.org/10.3923/ijds.2016.61.68>.
61. Oyeyinka, A.T. Nutritional composition and consumer acceptability of cheese analog from soy and cashew nut milk / A.T. Oyeyinka, J.O. Odukoya, Y.S. Adebayo // Journal of Food Processing and Preservation. - 2019. - Vol. 43. - № 12. - e14285. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14285>.
62. Kamath, R. Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues-a review / R. Kamath, S. Basak, J. Gokhale // LWT-Food science and Technology. - 2022. - № 155. - 112991. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112991>.
63. Братчиков, С.М. Разработка технологии плавленых сырных продуктов с использованием растительного белоксодержащего сырья: дис. кан. техн. наук: 05.18.04. – ГНУ ВНИИМС, Углич, 2005. – 127 с.
64. Антропс, М.Ю. Разработка ресурсосберегающей технологии плавленого сырного продукта смешанного сырьевого состава: дис. канд. техн. наук: 05.18.04. – ГНУ ВНИИМС РАСХН, Углич, 2006. – 134 с.
65. Masotti, F. Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities / F. Masotti, S. Cattaneo, M. Stuknytė, I. De Noni // Trends in Food Science & Technology. - 2018. - № 74. - P. 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.016>.
66. Kim (Lee), S.Y. Textural properties of cheese analogs containing proteolytic enzyme-modified soy protein isolates / S.Y. Kim (Lee), P.S.W. Park, K.C. Rhee // Journal of the American Oil Chemists Society. - 1992. - № 69. - P. 755–759.
67. Rinaldoni, A.N. Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates / A.N. Rinaldoni, D.R. Palatnik, N. Zaritzky, M.E. Campderros //

LWT-Food science and Technology. - 2014. - Vol. 55. - № 1. – P. 139-147.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.003>.

68. Aini, N. Characteristics of cheese analogue from corn extract added by papain and pineapple extract // N. Aini, B. Sustriawan, V. Prihananto, T. Heryanti // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - IOP Publishing, 2019. - 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/255/1/012016>.

69. Aini, N. Formulation of low-fat cheese analogue from sweet corn extract using papain and lime extract as coagulant / N. Aini, B. Sustriawan, V. Prihananto, J. Sumarmono, R.N. Ramadan, D. Romadhon // Food Research. - 2020. - Vol. 4. - № 4. - P. 1071-1081. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).395](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).395).

70. Mattice, K.D. Physical properties of plant-based cheese products produced with zein / K.D. Mattice, A.G. Marangoni // Food Hydrocolloids. - 2020. - № 105. - 105746. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105746>.

71. Рудакова, А.Ю. Разработка и производство сырных продуктов с растительными компонентами // А.Ю. Рудакова, Л.А. Забодалова, О.П. Серова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2014. - № 4. - С. 204-209.

72. Павлова, И.В. Обеспечение качества и безопасности заменителей молочного жира и молокосодержащих продуктов / И.В. Павлова // Молочная промышленность. - 2020. - № 1. - С. 52-53.

73. Терещук, Л.В. Моделирование жировой композиции для молокосодержащих продуктов / Л.В. Терещук, К.В. Старовойтова, М.А. Тарлюн // Молочная промышленность. - 2021. - № 9. - С. 43-44.

74. Carić, M. Processed cheese products / M. Carić, M. Kaláb //Cheese: Chemistry, physics and microbiology: Vol. 2: Major cheese groups. – Boston, MA: Springer US, 1999. - P. 467-505.

75. Villamil, R.A. Cheese fortification through the incorporation of UFA-rich sources: A review of recent (2010–2020) evidence / R.A. Villamil, M.P. Guzmán, M. Ojeda-Arredondo, L.Y. Cortés, E. Gil Archila, A. Giraldo, A.-I. Mondragón // *Heliyon*. - 2021. - Vol. 7. - № 1. - e05785. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05785>.

76. Achachlouei, B.F. Production and characterization of a functional Iranian white brined cheese by replacement of dairy fat with vegetable oils / B.F. Achachlouei, J. Hesari, S.A. Damirchi, S.H. Peighambardoust, M. Esmaiili, S. Alijani // Food Science and Technology International. - 2013. - Vol. 19. - № 5. - P. 389–398. <https://doi.org/10.1177/1082013212455341>
77. Botella-Martínez, C. Healthier Oils: A New Scope in the Development of Functional Meat and Dairy Products: A Review / C. Botella-Martínez, J.Á. Pérez-Álvarez, E. Sayas-Barberá, C. Navarro Rodríguez de Vera, J. Fernández-López, M. Viuda-Martos // Biomolecules. - 2023. - Vol.13. - № 5. - P. 778. <https://doi.org/10.3390/biom13050778>.
78. Лепилкина, О.В. Пищевая промышленность. Сырные продукты с растительными жирами. - М.: Российская Академия сельскохозяйственных наук, 2009. – 182с.
79. Leong, T.S.H. Formation of Cheddar cheese analogues using canola oil and ultrasonication – a comparison between single and double emulsion systems / T.S.H. Leong, L. Ong, C.J. Gamlath, S.L. Gras, M. Ashokkumar, G.J.O. Martin // International Dairy Journal. - 2020. - Vol.105. - 104683. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104683>.
80. Myhan, R. The effect of milk fat substitution on the rheological properties of Edam-type cheese / R. Myhan, T. Jeliński, I. Białobrzewski, J. Sadowska, E. Jachimczyk // European Food Research and Technology. - 2020. - Vol. 246. - P. 2443–2450. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03587-9>.
81. Shabani, J. Influence of the sunflower oil content, cooking temperature and cooking time on the physical and sensory properties of spreadable cheese analogues based on UF white-brined cheese / J. Shabani, M. Sarfarazi, H. Mirzaei, S.M. Jafari // International Journal of Dairy Technology. - 2016. - Vol. 69. № 4. - P. 576-584. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12305>
82. Abdel-Ghany, I.H.I. The effect of milk fat replacement by some edible oils on chemical composition, antioxidant activity and oxidative stability of spreadable processed cheese analogues / I.H.I. Abdel-Ghany, S.S. Sakr, M.M. Sleem,

H.A. Shaaban // International Research Journal of Food and Nutrition. - 2020. - Vol. 2. - № 1. - P. 6-14.

83. Снегова, В. Применение растительных жиров, в том числе ЗМЖ, при производстве сырных продуктов / В. Снегова // Сыроделие и маслоделие. - 2008. - № 4. - С. 31-32.

84. Канина, К.А. Использование пальмового масла в технологии сырных продуктов / К.А. Канина, Н.А. Жижин, О.Н. Красуля, О.Н. Пастух // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. - 2020. - Т. 8. - № 3. - С. 30-39.

85. Мордвинова, В.А. Сырные продукты-объективная реальность / В.А. Мордвинова, И.Л. Остроухова // Сыроделие и маслоделие. - 2015. - № 2. - С. 22-24.

86. Cunha, C.R. Effect of the type of fat on rheology, functional properties and sensory acceptance of spreadable cheese analogue / C.R. Cunha, R. Grimaldi, M.R. Alcântara, W.H. Viotto // International journal of dairy technology. - 2013. - Vol. 66. - № 1. - P. 54-62. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00876.x>.

87. Xixiu, Ma Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part I: Cheese made with different starter cultures / Ma Xixiu, J. Bryony, M.O. Balaban, Zh. Lu, E.A.C. Emanuelsson-Patterson // Journal of Food Research International. - 2013. - Vol. 54. - P. 912-916. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.007>.

88. Banville, V. Shreddability of pizza Mozzarella cheese predicted using physicochemical properties / V. Banville, P. Morin, Y. Pouliot, M. Britten // Journal of Dairy Science. - 2014. - Vol. 97. - № 7. - P. 4097–4110. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8040>.

89. Olson, D.W. Mexican Queso Chihuahua: Functional properties of aging cheese / D.W. Olson, D.L. Van Hekken, M.H. Tunick, P.M. Tomasula, F.J. Molina-Corral, A.A. Gardea // Journal of Dairy Science. - 2011. - № 94. -P. 4292–4299 <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3884>.

90. Lucey, J.A. Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient / J.A. Lucey // *Dairy Science and Technology*. – 2008. - Vol. 88. - № 4. – P. 573–594. <https://doi.org/10.1051/dst:2008010>
91. Jana, A.H. Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application / A.H. Jana, P.T. Govind // *Journal of Food Science and Technology*. - 2017. - Vol. 54. - № 12. - P. 3766–3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2886-z>.
92. Gunasekaran, S. *Cheese rheology and texture* / S. Gunasekaran, M.M. Ak. - Boca Raton: CRC Press, 2002. - 456 p.
93. Childs, J.L. Factors regulating cheese shreddability / J.L. Childs, C.R. Daubert, L. Stefanski, E.A. Foegeding // *Journal of Dairy Science*. - 2007. - Vol. 90. - P. 2163–2174
94. Dubuy, M.M. The French art of shredding cheese / M.M. Dubuy // *Food Processing Industry*. - 1980. - Vol. 49. - P. 52–53.
95. Lim, K. The effect of cheese temperature on the texture and shredding of mozzarella / K. Lim, A. Bostley, C. Chen // *Journal of Dairy Science*. - 2005. - Vol. 88. - p 234. <http://www.jtmtg.org/JAM/2005/abstracts/05abs232.pdf>.
96. Ah, J. Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application / J. Ah, G.P. Tagalpallewar // *Journal of food science and technology*. - 2017. - Vol. 54. - P. 3766-3778.
97. Seighalani, F.Z.B. Identification of factors affecting wear behavior of semi-hard cheeses / F.Z.B. Seighalani, H. Joyner, L. Schreyer // *Journal of Food Engineering*. - 2021. - Vol. 292. - 110348. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110348>.
98. Kindstedt, P. Pasta Filata Cheeses / P. Kindstedt, M. Caric, S. Milanovic // In book: *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, 3rd Edition - Major cheese groups. - London: Elsevier Academic Press, 2004. – P.251-277.
99. Mead, D. Effect of incorporation of denatured whey proteins on chemical composition and functionality of pizza cheese / D. Mead, R. Roupas // *Journal of Dairy Technology*. – 2001. – Vol. 56. – P.19–23.
100. Ma, X. The stretchability of Mozzarella cheese evaluated by a temperature-controlled 3-prong hook test / X. Ma, B. James, L. Zhang,

E.A.C. Emanuelsson-Patterson // Journal of Dairy Science. - 2012. - Vol. 95. - P. 5561–5568. <http://doi.org/10.3168/jds.2012-5486>

101. Joshi, N.S. Effects of reduced-calcium, test temperature and storage on stretchability of part-skim Mozzarella cheese / N.S. Joshi, K. Muthukumarappan, R.I. Dave // Australian Journal of Dairy Technology. - 2004. - Vol. 59. - № 1. - P. 60–65.

102. Fife, R.L. Test for measuring the stretchability of melted cheese / R.L. Fife, D.J. McMahon, C.J. Oberg // Journal of Dairy Science. - 2002. - № 85. - P. 3539–3545.

103. Mizuno, R. Effects of two types of emulsifying salts on the functionality of nonfat Pasta Filata cheese / R. Mizuno, J.A. Lucey // Journal of Dairy Science. - 2005. - № 88. - P. 3411–3425.

104. Свириденко, Г.М. К вопросу о функциональных свойствах плавленых сыров для HORECA / Г.А. Свириденко, В.В. Калабушкин, Е.В. Алексеева // Сыроделие и маслоделие. - 2019. - №3. - С. 33-36.

105. Cais-Sokolińska, D. Cheese meltability as assessed by the tube test and schreiber test depending on fat contents and storage time, based on curd-ripened fried cheese/ D. Cais-Sokolińska, J. Pikul // Czech Journal Of Food Sciences. - 2009. - № 27. - P. 301-308.

106. Feeney, E.P. Effect of ripening temperature on low moisture Mozzarella cheese: 2. Texture and functionality / E.P. Feeney, P.F. Fox, T.P. Guinee // Le Lait. - 2001. - № 81. - P.475-485.

107. Hajimohamadi, F.R. Optimization of pizza processed cheese formulation using constrained mixture design / F.R. Hajimohamadi, M.B. Habibi Najafi, M.A. Razavi // Journal of Food Science & Technology. - 2010. - Vol. 7. - № 4. - P. 11-23.

108. Hicsasmaz, Z. Evaluation of Mozzarella cheese stretchability by the ring-and-ball method / Z. Hicsasmaz, L. Shippelt and S. S. H. Rizvi // Journal of Dairy Science. - 2004. - Vol. 87. - № 7. - P. 1993–1998.

109. Gunasekaran, S. Chapter 20 - Cheese Quality Evaluation / S. Gunasekaran // In book: Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Second Edition. - NY: Academic Press, 2016. - P. 487-524. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802232-0.00020-7>.

110. Gunasekaran, S. Cheese melt/flow measurement methods: recent developments / S. Gunasekaran, C.H. Hwang, S. Ko // Australian Journal of Dairy Technology. - 2002. - Vol. 57. - P. 128-133.
111. Ko, S. Evaluation of cheese meltability using convection and conduction melt profilers / S. Ko, S. Gunasekaran // International Journal of Dairy Technology. - 2014. - Vol. 67. - № 2. - P. 194–201 <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12112>.
112. Feng, R. Effect of residence time in the cooker-stretcher on mozzarella cheese composition, structure and functionality / R. Feng, S. Barjon, F.W.J. van den Berg, S.K. Lillevang, L. Ahrné // Journal of Food Engineering. - 2021. - Vol. 309. - 110690. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110690>.
113. Cais-Sokolińska, D. Cheese meltability as assessed by the tube test and schreiber test depending on fat contents and storage time, based on curd-ripened fried cheese / D. Cais-Sokolińska, J. Pikul // Czech Journal Food Science. - 2009. - Vol. 27. - № 5. - P.301-308. <https://doi.org/10.17221/223/2008-CJFS>.
114. Altan, A. Short Communication: Comparison of Covered and Uncovered Schreiber Test for Cheese Meltability Evaluation / A. Altan, M. Turhan, S. Gunasekaran // Journal of Dairy Science. - 2005. - Vol. 88. - № 3. - P. 857–861.
115. Kosikowski, F. Cheese and Fermented Milk Foods / F. Kosikowski, V.M. Vikram. - Edwards: Brothers Inc, 1977. - 711 p.
116. Kindstedt, P.S. Revised protocol for the analysis of melting properties of Mozzarella cheese by helical viscometry / P.S. Kindstedt, L.J. Kiely // Journal of Dairy Science. - 1992. - Vol. 75. - № 3. - P. 676-682.
117. Park, J. Comparison of four procedures of cheese meltability evaluation / J. Park, J.R. Rosenau, M. Peleg // Journal of Food Science. - 1984. - Vol. 49. - 1158.
118. Arnott, D.R. Effect of certain chemical factors on the melting quality of process chees / D.R Arnott, H.A. Morris, W.B. Combs // Journal of Dairy Science. - 1957. - № 40. - P. 957–963.
119. Feeney, E.P. Effect of ripening temperature on low moisture Mozzarella cheese: 2. Texture and functionality / E.P. Feeney, P.F. Fox, T.P. Guinee // Le Lait. - 2001. - № 81. - P.475-485.

120. Olson, N.F. A melting test for pasteurized process cheese spreads / N.F. Olson, W.V. Price // Journal of Dairy Science. - 1958. - Vol. 41. - № 7. - P. 999-1000.
121. Everard, C.D. Correlation between process cheese meltability determined by sensory analysis, computer vision method and Olson and Price test / C.D. Everard, C.P. O'Donnell, C.C. Fagan, E.M. Sheehan, C.M. Delahunty, D.J. O'Callaghan // International Journal of Food Properties. - 2005. - № 8. - P. 267-275.
122. Dai, S. Functional and pizza bake properties of Mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer / S. Dai, F. Jiang, N.P. Shah, H. Corke // Food Hydrocolloids. - 2019. - № 92. - P. 125-134.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.045>
123. Dharaiya, C.N. Functionality of Mozzarella cheese analogues prepared using varying protein sources as influenced by refrigerated storage / C.N. Dharaiya, A.H. Jana, K.D. Aparnathi // Journal of Food Science and Technology. - 2019. - № 56. - P. 5243–5252. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03993-2>.
124. Salama, W.M. Influence of whey proteins on the characteristics of buffalo mozzarella cheese / W.M. Salama // Journal of Dairy Science. - 2015. - № 10. - P. 12–23. <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.12.23>.
125. Hans, M. Effect of storage on the physicochemical, color and microbiological properties of cheese prepared from stored pre-cheese / M. Hans, S. Bhise, K.S. Minhas // International Journal of Chemical Studies. - 2020. - Vol. 8. - № 3. - P. 2326-2330. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3ag.9558>.
126. Ma, X. Correlating Mozzarella cheese properties to production processes by rheological, mechanical and microstructure study: meltability study and activation energy / X. Ma, B. James, L. Zhang, E. Emanuelsson-Patterson // Procedia Food Science. - 2011. - № 1. P. 536-544. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.081.
127. Cais-Sokolińska, D. Stability of texture, meltability and water mobility model of pizza-style cheeses from goat's milk / D. Cais-Sokolińska, P. Bierzuńska, Ł.K. Kaczyński, H.M. Baranowska, J. Tomaszewska-Gras // Journal of Food Engineering. - 2018. - Vol. 222. - P. 226-236. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.034>.

128. Dave, R.I. Melt and rheological properties of mozzarella cheese as affected by starter culture and coagulating enzymes / R.I. Dave, Sh. Pragati, D.J. Mc Mahon // Le Lait. - 2003. - Vol. 83. - P. 61–77. <https://doi.org/10.1051/lait:2002050>.
129. Atik, D.S. Melting of natural cheese: A review / D.S. Atik, T. Huppertz // International Dairy Journal. - 2023. - T. 142. - 105648. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105648>
130. Lamichhane, P. Symposium review: Structure-function relationships in cheese / P. Lamichhane, Al.L. Kelly, J.J. Sheehan // Journal of Dairy Science. - 2018. - Vol. 101. - № 3. - P. 2692–2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13386>.
131. Gunasekaran, S. Cheese Quality Evaluation / S. Gunasekaran // Chapter in a book: Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. - Elsevier: Academic Press, 2016. - P. 487-524. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802232-0.00020-7>.
132. Everard, C.D. Correlation between process cheese meltability determined by sensory analysis, computer vision method and Olson and Price test / C.D. Everard, C.P. O'Donnell, C.C. Fagan, E.M. Sheehan, C.M. Delahunty, D.J. O'Callaghan // International Journal of Food Properties. - 2005. - № 8. - P. 267-275. <http://doi.org/10.1081/JFP-200060241>
133. Młynek, K. The effect of selected components of milk and ripening time on the development of the hardness and melting properties of cheese / K. Młynek, A. Oler, K. Zielińska, J. Tkaczuk, W. Zawadzka // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. - 2018. - Vol. 17. - № 2. - P. 133-140. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0549>
134. Lamichhane, P. Symposium review: Structure-function relationships in cheese / P. Lamichhane, A.L. Kelly, J.J. Sheehan // Journal of dairy science. - 2018. - Vol. 101. - № 3. - P. 2692–2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13386>.
135. Pastorino, A. J. Effect of pH on the chemical composition and structure-function relationships of cheddar cheese / A. J. Pastorino, C.L. Hansen, D.J. McMahon // Journal of dairy science. - 2003. - Vol. 86. - № 9. - P. 2751–2760. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73871-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73871-5)

136. McCarthy, C.M. Effect of salt and fat reduction on the composition, lactose metabolism, water activity and microbiology of Cheddar cheese / C.M. McCarthy, M.G. Wilkinson, P.M. Kelly et al. // Dairy Science and Technology. - 2015. - Vol. 95. - P. 587–611. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0245-2>.
137. Olson, N.F. The effect of salt levels on the characteristics of Mozzarella cheese before and after frozen storage / N.F. Olson // In: Proceedings of 19th Annual Marschall Italian Cheese Seminar, 1982. - WI: Madison. - P. 14–21.
138. Rowney, M. K. Salt-induced structural changes in 1-day old Mozzarella cheese and the impact upon free oil formation. / M.K. Rowney, P. Roupas, M.W. Hickey, D.W. Everett // International Dairy Journal. - 2004. - Vol. 14. - № 9. - P. 809-816. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.004>.
139. Ma, X. Quantification of pizza baking properties of different cheeses, and their correlation with cheese functionality / X. Ma, M.O. Balaban, L. Zhang, E.A.C. Emanuelsson-Patterson, B. James // Journal of Food Science. - 2014. - № 79. - E1528-E1534. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12540>
140. Ma, X. Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part I: Cheese made with different starter cultures / X. Ma, B. James, M.O. Balaban, L. Zhang, E.A.C. Emanuelsson-Patterson // Food Research International. - 2013. - Vol. 54. - № 1. – P. 912–916. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.007>.
141. Ma, X. Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part II: Cheese with different salt and moisture contents / X. Ma, B. James, M.O. Balaban, L. Zhang, E.A.C. Emanuelsson-Patterson // Food Research International. - 2013. - Vol. 54. - № 1. – P. 917–921. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.05.029>.
142. Свириденко, Г.М. Исследование свойств производственных штаммов *Streptococcus thermophilus* с целью оценки возможности их использования в составе заквасок для сыророделия / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова // Молочная промышленность. – 2019. – №6. – С.28-31.
143. Свириденко, Г.М. Молочные лактококки как основной кислотообразующий компонент / Г.М. Свириденко, О.М. Шухалова // Молочная промышленность. – 2019. – №4. – С.30-33.

144. Johnson, M.E. Nonenzymatic browning of Mozzarella cheese / M.E. Johnson, N.F. Olson // Journal of Dairy Science. - 1985. - Vol. 68. - № 12. – P. 3143–3147. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81219-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81219-4).
145. Gulzar, N. Influence of Mozzarella and Cheddar cheese blending on baking performance, viscosity and microstructure of pizza cheese blends / N. Gulzar A. Sameen, S. Rafiq, N. Huma, M.S. Murtaza // The Journal of Animal & Plant Sciences. – 2020. - Vol. 30. - № 1. – P. 212-219. <https://doi.org/10.36899/JAPS.2020.1.0024>.
146. Zhao, Y. Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese / Y. Zhao, H. Khalesi, J. He, Y. Fang // Food Hydrocolloids. - 2023. - Vol. 138. – 108493. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108493>.
147. Fox, P.F. Cheese as an ingredient / P.F. Fox, T.P. Guinee, T.M. Cogan, P.L., McSweeney // In book: Fundamentals of cheese science. – NY: Springer, 2017. – P. 629-679. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_18.
148. Singh, R. Sensory characterization of vegetarian pizza by using quantitative descriptive analysis / R. Singh, K. Khamrui, W.G. Prasad, B. Singh, R.Puri // Indian Journal of Dairy Science. - 2021. - Vol. 74. - № 2. – P. 101-109. <https://doi.org/10.33785/IJDS.2021.v74i02.001>
149. Lukinac, J. Application of image analysis method in evaluation of melting and oiling-off properties of mozzarella cheese / J. Lukinac, M. Jukić, K. Mastanjević, I. Ivešić, M. Lučan // In 7th International Specialized Scientific and Practical Conference: Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness. - Kijev: National University of Food Technologies, 2018. - P. 77-79.
150. Akhtar, A. Effects of different fat replacers on functional and rheological properties of low-fat mozzarella cheeses: A review / A. Akhtar, I. Nasim, M.S. ud Din, T. Araki, N. Khalid // Trends in Food Science & Technology. - 2023. - Vol. 139. - № 2. - 104136. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104136>

151. Rudan, M.A. A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking / M.A. Rudan, D.M. Barbano // Journal of Dairy Science. - 1998. - Vol. 81. - № 8. – P. 2312–2319. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75812-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75812-6).
152. Johnson, M.E. A 100-Year Review: Cheese production and quality / M.E. Johnson // Journal of dairy science. - 2017. - Vol. 100. - № 12. P. 9952-9965. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12979>.
153. 邵之晓,顾丰颖,刘昊,等. 玉米醇溶蛋白基马苏里拉干酪的研制[J]. 食品研究与开发. – 2022. - Vol. 43. № 14. – P. 133-140. doi: 10.12161/j.issn.1005-6521.2022.14.017 (Zhixiao, Sh. Development of zein-based Mozzarella cheese / Sh. Zhixiao, GU. Fengying, LIU Hao et al. // Food Research and Development. - 2022. - Vol. 43. № 14. – P. 133-140. (in Chinese with English abstract)). <https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2022.14.017>.
154. Luo, J. The Influence of Emulsion Droplet Interactions on the Structural, Material and Functional Properties of a Model Mozzarella Cheese / J. Luo et al. // Food Biophysics. – 2018. – Vol. 13. – №. 4. – P. 333-342. <https://doi.org/10.1007/s11483-018-9539-2>.
155. Breene, W.M. Manufacture of Pizza cheese without starter / W.M. Breene, W.V. Price C.A. Ernstrom // Journal of dairy science. – 1964. - Vol. 47. - № 6. - P. 1173-1180.
156. Kindstedt, P.S. Rapid quantitative test for free oil (oiling off) in melted Mozzarella cheese / P.S. Kindstedt, J.K. Rippe // Journal of dairy science. - 1990. - Vol. 73. - № 4. – P. 867-873.
157. Pastrana, E.F. Emulsification of milk fat and skimmed milk curds – Effect of temperature on rheological properties and structure of emulsion gels at different length scales / E.F. Pastrana, G. D'Oria, P. Mota-Santiago, T.P. Czaja // International Dairy Journal. – 2024. - Vol. 162. - № 6. – 106153. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.106153>
158. ГОСТ 33630-2015 Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей. - М.: Стандартинформ.- 2016. - 54с.

Приложение А

Диплом за лучшую научно-исследовательскую работу



Приложение Б

Вопросы социологического опроса



Исследование требований потребителей к пицце

Здравствуйте!
Приглашаем Вас принять участие в нашем опросе, дополнение кейс-стади. Это очень занимательно и интересно.
Пожалуйста, внимательно прочтите каждый вопрос: никак не спешите читать.
Для того чтобы отвечать на вопросы, нужно выбрать один из четырех вариантов ответов, либо написать собственное значение по предложенному вопросу.
Заполнение анкеты займет у вас не более 10 минут, заняться полностью занятием можно в любое время.

Чтобы сохранить изменения, войдите в аккаунт Ворк. Подробнее...

1. Любите ли Вы пиццу?

- Да
- Не люблю
- Близко не знаю

2. Как часто Вы едите пиццу?

- Очень часто (ежедневно)
- 1 раз в неделю
- 1-2 раза в месяц
- Очень редко

3. Где Вы покупаете пиццу?

- Потом сама дома
- В магазине
- В общественных кафе, ресторанах, пиццериях
- Заказывая доставку



Исследование требований потребителей к пицце

Чтобы сохранить изменения, войдите в аккаунт Ворк. Подробнее...

Новый раздел

4. Что для Вас важнее всего в пицце?

- Цена
- Вкус
- Реклама
- Другое

5. Представляете ли Вы пиццу как сырье?

- Да
- Нет

6. С какими сырами Вы любите пиццу?

- Пармезан
- Монтерей
- Чеддер
- Другие

7. Что бы предпочли купить: дешевую пиццу с сырым продуктом (имитационным сыром) или дорогую пиццу с натуральным сыром?

- Купите дешевую пиццу с сырым продуктом
- Купите дорогую пиццу с натуральным сыром



Исследование требований потребителей к пицце

Чтобы сохранить изменения, войдите в аккаунт Ворк. Подробнее...

Какими характеристики сыра на пицце Вы считаете важными

1. Натуральность сыра на пицце

- Важно
- Неважно

2. Органолептические характеристики сыра

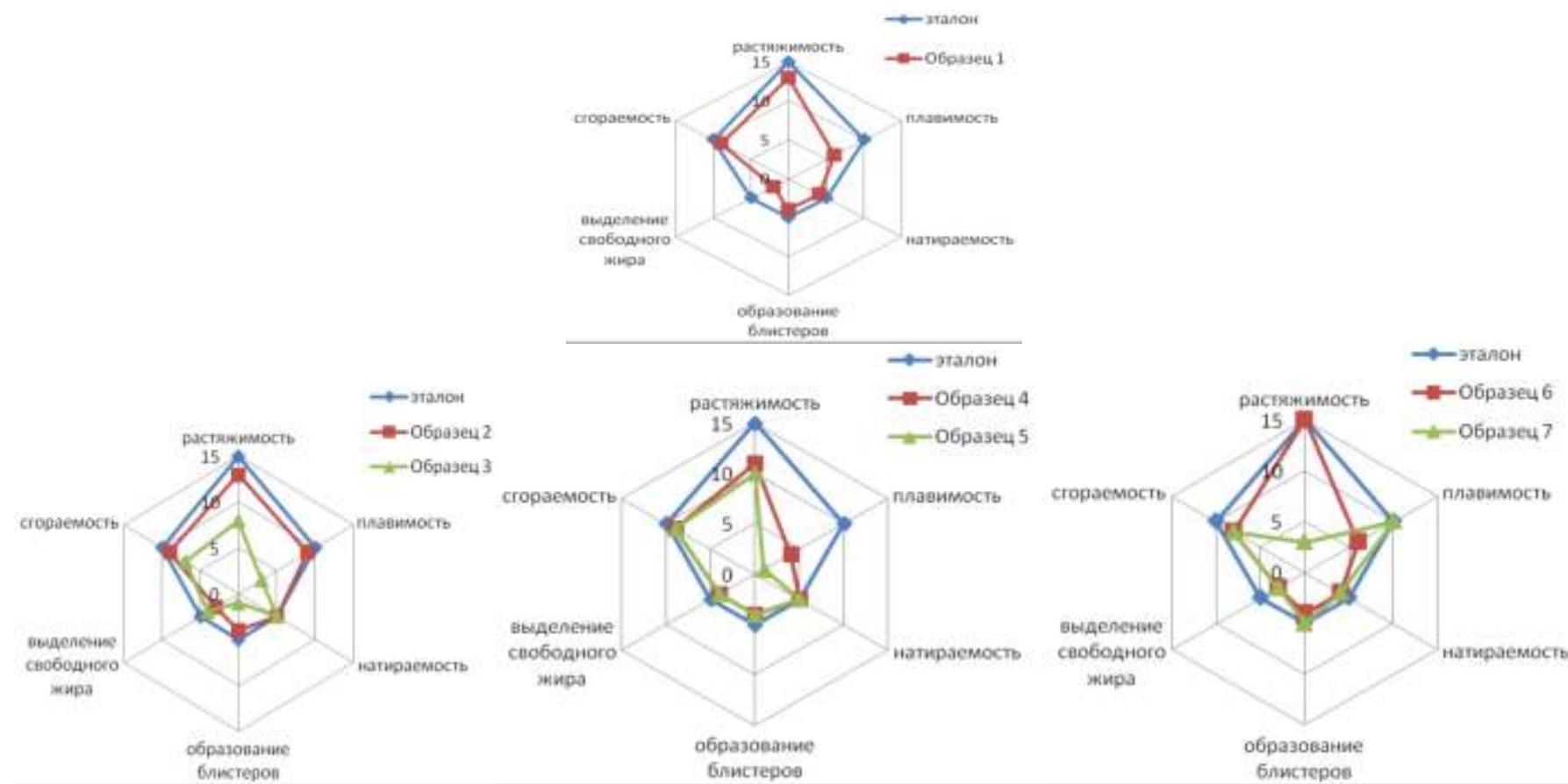
- Важно
- Неважно

3. Функциональные особенности сыра на пицце: плавимость - способность сыра плавиться растяжимость - способность образовывать сырные нити цвет:

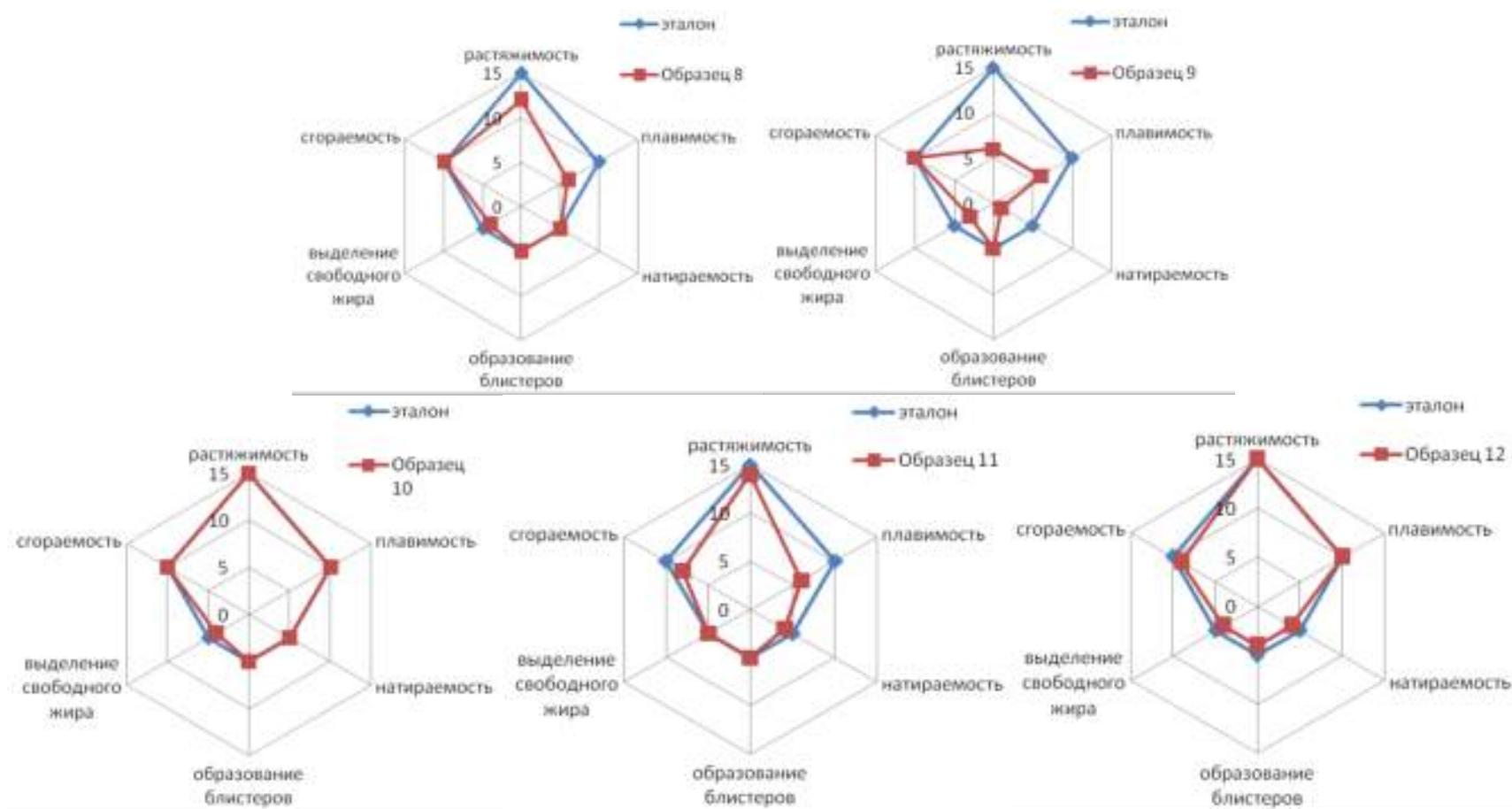
- Важно
- Неважно

Приложение В

Профилограммы функциональных характеристик различных видовых групп натуральных сыров



Продолжение приложения В

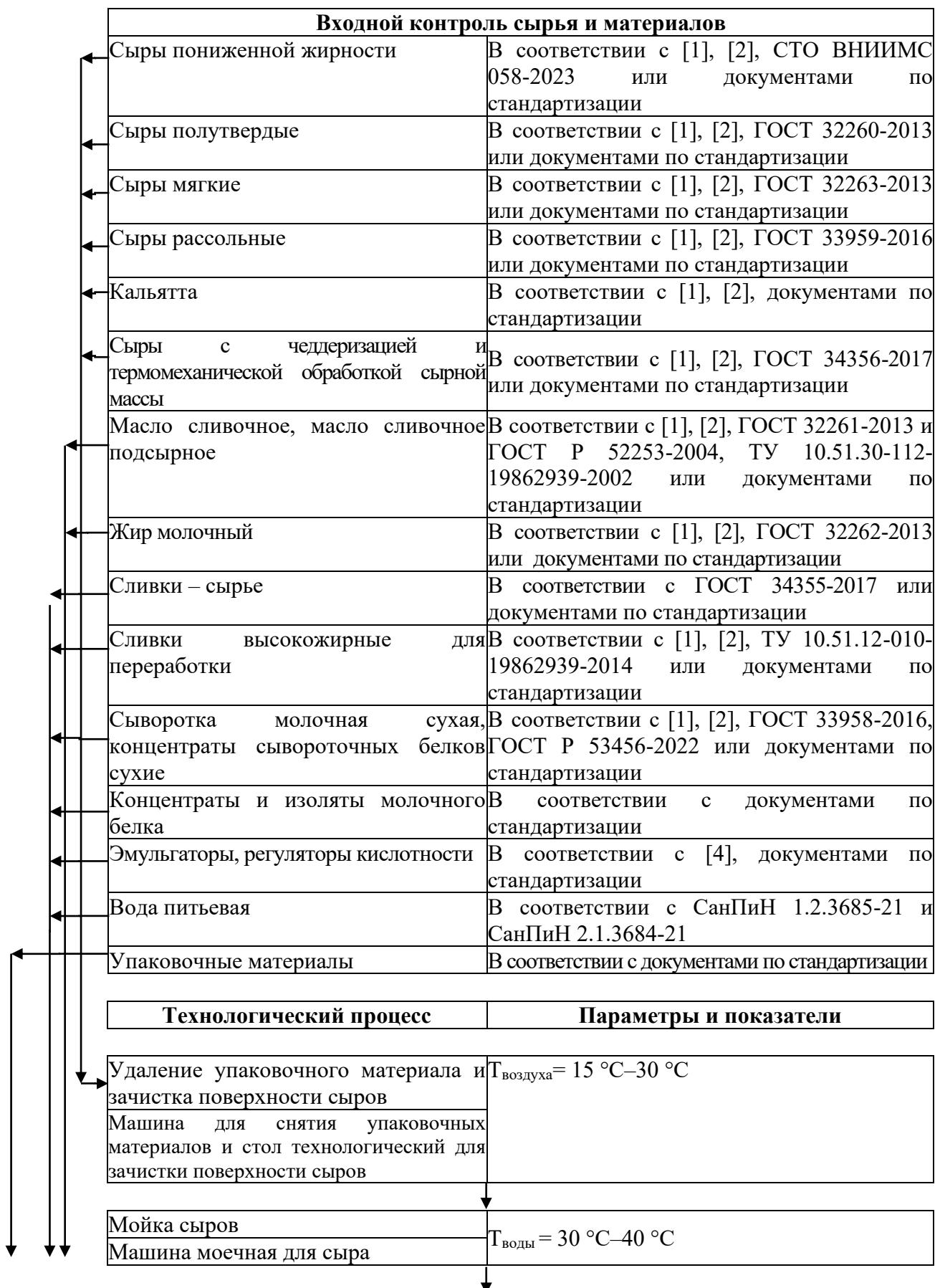


Продолжение приложения В

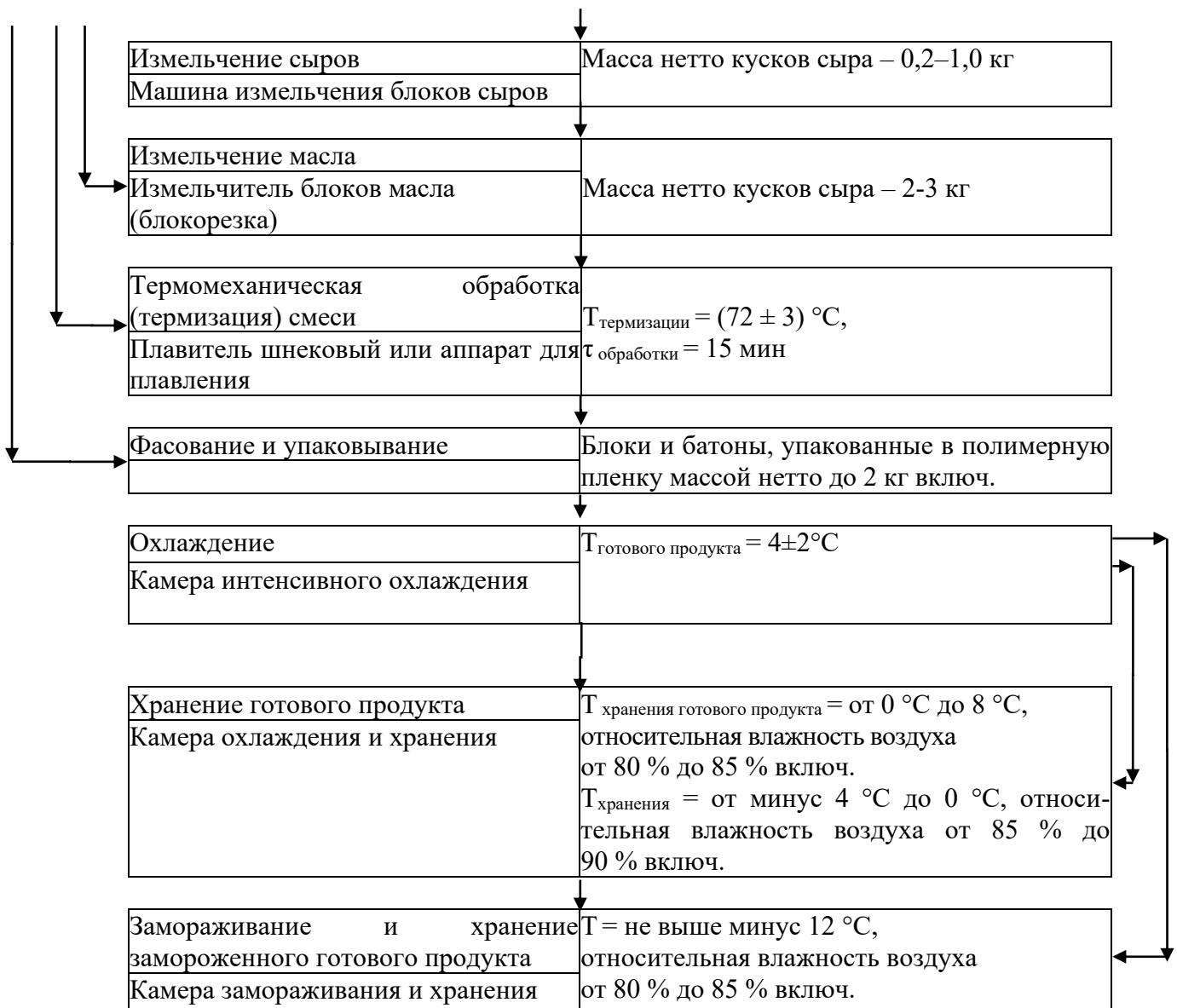


Приложение Г

Технологическая схема производства термизированных сыров для пиццы



Продолжение приложения Г



Приложение Д
Титульный лист ГОСТ Р 59212-2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
59212—
2020

**СЫРЫ ДЛЯ ПИЦЦЫ
ТЕРМИЗИРОВАННЫЕ**

Технические условия

Издание официальное

Приложение Е
Титульный лист ТТИ ГОСТ Р 59212-001

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)



УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВНИИМС – филиала
 ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем
 им. В.М. Горбатова» РАН
 Г.Н. Рогов
 2023 г.

СЫРЫ ДЛЯ ПИЦЦЫ ТЕРМИЗИРОВАННЫЕ
Типовая технологическая инструкция
ТТИ ГОСТ Р 59212–001
 (Вводится впервые)

Дата введения в действие – 01.12.2024

РАЗРАБОТАНО

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

Главный научный сотрудник

 Г.М. Свириденко

Старший научный сотрудник

 В.В. Калабушкин

Научный сотрудник

 Н.Н. Оносовская

Младший научный сотрудник

 А.Н. Шишкина

г. Углич, Ярославская обл.
 2023

Приложение Ж

Акт опытно-промышленной проверки

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ООО «Угличский
сыродельно-молочный завод»
Яшаева Елены Викторовны

15.08.2024 г.



АКТ опытно-промышленной проверки технологического процесса выработки термизированных сыров для пиццы

Мы, ниже подписавшиеся, начальник сырохранилища Шуникова Ю.С., руководитель службы качества Токарева В.Е., с одной стороны, и старший научный сотрудник направления исследований по технологии плавленых сыров ВНИИМС, к.т.н. Калабушкин В.В., младший научный сотрудник направления исследований по технологии плавленых сыров ВНИИМС Шишкина А.Н., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что 21 августа 2024 г. В условиях цеха по производству плавленых сыров ООО «Угличский сырородельно-молочный завод» проведена выработка термизированных сыров для пиццы с массовой долей жира в сухом веществе 50 % и с массовой долей влаги 47 %. Выработка проводилась в соответствии с ГОСТ Р 59212-2023 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия» и ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные».

Для выработки термизированных сыров для пиццы использовали 31,5 кг сыра «Российский» с массовой долей жира в сухом веществе 50 %; 6,2 кг масла сливочного «Традиционное» с массовой долей жира 82,5 %; 3,3 кг молока сухого обезжиренного; 0,8 кг цитрата натрия и 8,2 кг воды, отвечающие требованиям ГОСТ Р 59212-2020.

Технологические приемы и алгоритм действий соответствовали ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные».

Выработана партия термизированного сыра для пиццы в количестве 50,0 кг с массовой долей жира в сухом веществе (50,0±1,0) %.

Оценку органолептических показателей и функциональных свойств термизированных сыров для пиццы проводили на 5 день после выработки.

В результате опытно-промышленной проверки технологического процесса выработки термизированных сыров для пиццы, анализа результатов органолептических, физико-химических показателей и функциональных свойств выработанного термизированного сыра, установлено:

1. Технология сыра для пиццы термизированного хорошо воспроизводима в условиях современного сырородельного производства.

Продолжение приложения Ж

2. Выработанные термизированные сыры, обладают высокими потребительскими свойствами, соответствующими требованиям, ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные».

3. Термизированные сыры, выработанные в условия ООО «Угличский сырорельно-молочный завод», обладают комплексом функциональных свойств, соответствующих требованиям ТТИ ГОСТ Р 59212-001 «Сыры для пиццы термизированные» и могут быть использованы для производства пиццы.

На основании результатов, полученных в ходе опытно-промышленной проверки, считаем, что разработанная технология термизированных сыров хорошо воспроизводима в условиях современного промышленного производства и позволяет получить термизированные сыры, отвечающие требованиям ГОСТ Р 59212-2023 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия».

Начальник сырохранилища
ООО «Угличский сырорельно-
молочный завод»

Ю.С. Шуникова

Руководитель службы качества
ООО «Угличский сырорельно-
молочный завод»

В.Е. Токарева

Старший научный сотрудник
направления исследований по
технологии плавленых сыров
ВНИИМС

В.В. Калабушкин

Младший научный сотрудник
направления исследований по
технологии плавленых сыров
ВНИИМС

А.Н. Шишкина