УДК 637.33

Обзорная статья

Функциональные свойства вытяжных сыров и методы их коррекции

Юлия Владимировна Тилилицына[1], магистр, инженер, технолог-разработчик
E-mail: atyunina.y@new-terra.ru
Олег Викторович Дымар, д-р техн. наук, профессор , технический директор[2], директор по развитию[3]
E-mail: dymarov@tut.by
[1]ООО «Узловский молочный комбинат», г. Узловая, Российская Федерация
[2]Представительство АО «MEGA a.s.», г. Минск, Республика Беларусь
[3]ЗХМ Sp. z o.o., г. Радзымин, Республика Польша

В статье исследуется влияние состава сырья на функциональные свойства вытяжных сыров, в частности, сыров для пиццы, с целью повышения их качества и соответствия требованиям потребителей. Рассматривается зависимость технологических характеристик сыра от компонентов нормализованной смеси, выделяются ключевые факторы, такие как количество и состояние молочного белка, соотношение казеина и сывороточных белков. Предлагаются методы коррекции состава на начальных этапах производства с использованием мембранных технологий, в частности, ультрафильтрации и микрофильтрации, а также сухих компонентов. Показано, что микрофильтрация с определенным размером пор позволяет не только концентрировать молочные белки, но и изменять их соотношение, что открывает возможности для получения сыров с заданными функциональными свойствами. Подчеркивается необходимость дальнейших исследований в области оптимизации состава сырья и разработки оперативных методов оценки технологических характеристик вытяжных сыров.

Ключевые слова: вытяжной сыр, функциональные свойства, состав сырья, коррекция состава, мембранные технологии, ультрафильтрация, микрофильтрация, казеин, сывороточные белки

Для цитирования: Тилилицына, Ю. В. Функциональные свойства вытяжных сыров и методы их коррекции / Ю. В. Тилилицына, О. В. Дымар // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 1. С. 43–50. https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-1-17

Введение

На протяжении последних лет в России наблюдалась тенденция роста производства прессованных полутвердых, твердых сыров и сырных продуктов. По данным аналитики Milknews мы подготовили диаграмму, наглядно демонстрирующее рост производства сыра и сырных продуктов начиная с 2004 года (рис. 1).[1, 2, 3, 4]

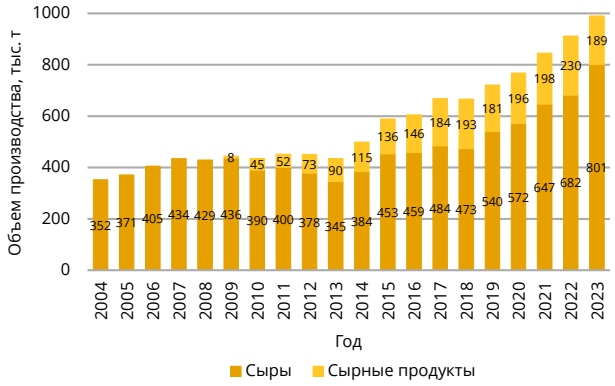

Рисунок 1. Производство сыров и сырных продуктов в России

При этом объем потребления сыров в России увеличивается каждый год. В 2023 году впервые за всю современную историю сыроделия потребление сыра превысило 1,1 млн т. Общий объем потребления сыра на душу населения достиг 7,0 кг, из которых на сыры в чистом виде приходится 6,8 кг, остальное – на сырные продукты[5]. На сегодняшний день доля импорта в потреблении сыра имеет нисходящую динамику (рис. 2).

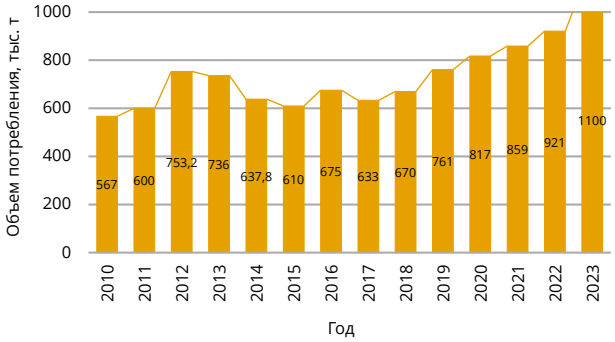

Рисунок 2. Потребление сыров и сырных продуктов в России

[1]Производство сыров выросло на 17% [Электронный ресурс]. URL: https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/rinok-moloka-v-Rossii/proizvodstvo-syrov-iun-2023.html (дата обращения 27.01.2025)
[2]За 2018-2022 гг производство сыров в России увеличилось на 54% и достигло 717 тыс. т [Электронный ресурс]. URL: https://marketing.rbc.ru/articles/13957/ (дата обращения 27.01.2025)
[3]5 главных графиков о состоянии сырного рынка в России // Milknews -Новости молочного рынка [Электронный ресурс]. URL: https://milknews.ru/longridy/syr-grafiki-yanvar-fevral.html (дата обращения 27.01.2025)
[4]Молочная индустрия мира и Российской Федерации: ежегодник / Российский союз предприятий молочной отрасли. – Москва, 2011. – 129 с.
[5]Там же.

Введение в эксплуатацию крупных производств и реализация мелких проектов позволили насытить этот сегмент рынка как по объему, так и по ассортименту. К настоящему времени можно говорить о том, что рынок массовых прессованных сыров близок к насыщению и темпы роста в этом сегменте снизятся. Часть производителей, для которых прессованный сыр не основной вид деятельности, вынуждены искать иные направления производства. Выделяют несколько направлений. Одни предприятия возвращаются к производству творога. Согласно отчету аналитического центра Milknews производство творога и творожных продуктов в 2023 году по сравнению с аналогичным периодом 2022 года выросло на 6,2 % – до 744 тыс. т (рис. 3)[6].

Вторым направлением является производство мягких свежих сыров, сыров с плесенью[7]. По данным BusinessStat и стратегического бюро «Лучшие практики», объем производства мягких сыров в России с каждым годом увеличивается и в 2024 год составил 220 тыс. т (рис. 4) [1].

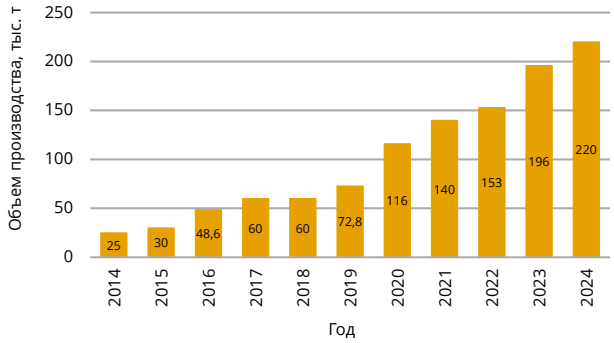

Рисунок 3. Производство творога и творожных продуктов в России

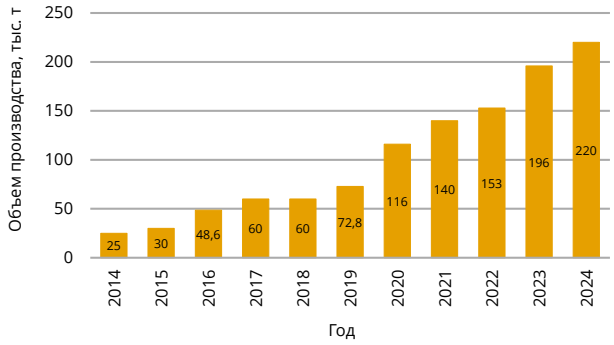

Рисунок 4. Производство мягких сыров в России

Значительное количество предприятий рассматривает возможность освоения производства именно в вытяжные сыры (итал. *pasta filata*; рус. паста филата – вытянутый сгусток). Большая доля готового продукта в этой категории востребована в качестве сырья для других производств или в сегменте HoReCa. Сыры, легкие по вкусу, могут использоваться повседневно в качестве ингредиента в различных блюдах и заслуженно получают любовь технологов, шеф–поваров и потребителя. Распределение категорий в группе мягких сыров в натуральном выражении составило: творожные сыры – 124 тыс. т, рассольные сыры – 61 тыс. т, паста филата сыры – 20 тыс. т, сыры с плесенью – 14 тыс. т. Кроме того, по мнению экспертов, ожидается рост сегмента мягких сыров на 30 % к 2028 году, что связано с повышением популярности этой группы среди покупателей [1].

Один из наиболее известных типов вытяжного сыра является Моцарелла, молодой сыр итальянского происхождения. Классическая Моцарелла производится из молока черных буйволиц. На сегодняшний день распространено производство из коровьего молока. Моцарелла – один из основных продуктов итальянской кухни [2]. Классические шарики белой Моцареллы используются для приготовления салатов и холодных закусок, национальным блюдом является капрезе. Твердая моцарелла (пицца-чиз) в первую очередь используется при приготовлении пиццы, а также в различных салатах, запеканках, лазаньях, пироге кальцоне.

При использовании сыра в качестве сырья очень важны его технологические свойства и их стабильность. Первое с чем сталкивается технолог, шеф-повар, потребители, когда к ним в руки попадает сыр Моцарелла (пицца-чиз) – это способность сыра натираться или нарезаться. Всегда приятно, когда сыр можно легко и удобно натереть вручную или, используя специальное оборудование. При хранении заготовок актуален дополнительный вопрос – слеживание натертой стружки. После выпечки пиццы наблюдается изменение цвета расплавленного сыра, которое относится к функциональному свойству – блистерообразование

[6]Производство творога выросло на 6,2 % [Электронный ресурс]. URL: https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/rinok-moloka-v-Rossii/proizvodstvo-tvoroga-2023.html (дата обращения 27.02).
[7]Салоид, И. В. Производство вытяжных сыров методом прямой подачи пара в продукт / И. В. Салоид // Переработка молока. 2024. №1. С. 12

Источник изображения: pixabay.com

(если перевести с английского Blister – пузырь, который возвышается над поверхностью пиццы и может иметь круглую или неправильную формы. В пищевой промышленности термин блистер используют для названия возвышающегося коричневого пузыря сыра, который появляется при выпекании пиццы).

На поверхности большинства готовых пицц визуально наблюдается нежелательное выделение свободного жира в виде маслянистого слоя, что является значимым функциональным свойством при оценке пригодности сыров для пиццы [3]. Наиболее важным функциональным свойством сыров для пиццы является растяжимость сырной нити после выпечки. Это свойство оценивается по длине сырной нити при растяжении, когда к ней приложено постоянное усилие, направленное либо вертикально вверх, либо горизонтально.

Вместе с тем, на сегодняшний день в нашем регионе недостаточно изучено влияние технологии производства и состава вытяжного сыра-сырья для получения пиццы с искомыми потребительскими характеристиками.

Целью статьи является изучение зависимости функциональных и технологических свойств от компонентного состава сыра, а также возможности коррекции состава на начальном этапе производства.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:
1. Изучить зависимость функциональных свойств вытяжных сыров от компонентов состава сыра.
2. Изучить методы коррекции состава сыра на начальном этапе производства.

Результаты и их обсуждение

Первый показатель, которой хотелось бы выделить это твердость сыра. Твердость сыра это характеристика, которую можно определить, как силу или давление (силу, приложенную к единице площади), необходимые для деформации сыра. Пластичность сыра это степень деформации сыра после применения усилия сдвига (например, при натирании). На твердость и пластичность вытяжного сыра влияют низкое содержание казеина, длительное созревание сыра (протеолиз), высокая массовая доля влаги, низкое содержание кальция, вытягивание сыра при pH вблизи нижнего предела допустимого диапазона (pH 5,0), длительное механическое воздействие, нарушение температурных режимов охлаждения сыра.

В молоке присутствуют две группы молочных белков: казеин и сывороточные белки. При производстве вытяжных сыров преимущественно необходим казеин. Казеин в молоке представляет собой комплекс с фосфатом кальция и называется казеинаткальцийфосфатный комплекс. В первую очередь казеин необходим для образования плотного сгустка [4]. При производстве вытяжных сыров используется сычужно-кислотная коагуляция молочных белков. На казеин действуют молочная кислота и внесенный сычужный фермент. Стабильность белков в процессе образования сгустка утрачивается, под действием сычужного фермента, *к*-казеина расщепляется на пара-*к*-казеин и макропептидную часть.

Пара-*к*-казеин объединяется с помощью ионного кальция и фосфата через солевые мостики в белок-кальций-белок, превращая коллоидную суспензию в гель пластичной структуры (сгусток), представляя некий каркас, ограничивающий себя от воды.

Источник изображения: pixabay.com

Чем выше степень связывания кальция с белком, тем интенсивнее протекает агрегация белка и тем крупнее получаются белковые агрегаты в гелевой сетке. Эта гелевая структура захватывает жировые глобулы, бактериальные клетки. Затем сгусток разрезают на куски для облегчения отделения сыворотки. По мере «укладки» казеиновых мицелл друг на друга и их сжатия вместо цепочек и кластеров отдельных казеиновых молекул образуются все более толстые белковые нити и пучки. По мере отделения сыворотки образуется открытый трехмерный белковый каркас, состоящий из белковых нитей. На конечном этапе обработки в пространстве между белковыми нитями располагаются жировые глобулы, бактерии, сыворотка, которые заполняют все промежуточное пространство. Благодаря открытому каркасу белкового матрикса компоненты сыворотки (включая воду) легко проникают между порами. Закрытие пор приводит к прекращению потери влаги сгустком. Чем больше сыворотки задерживается, тем более вероятно, что сыр будет иметь низкую твердость и высокую пластичность [5].

Согласно литературным данным, высокое содержание кальция в готовом сыре означает, что белок менее гидратирован, и для разрыва межбелковых связей при деформации молекул белка потребуется больше энергии (т. е. сыр будет твердым), как и при плавлении сыра (т. е. сыр хуже расплавляется). Для того чтобы увеличить растворимость кальция на начальных этапах производства, перед внесением сычужного фермента понижают активную кислотность молока, например закваску. Молочная кислота, образующая в процессе ферментации, вступает в соединение со связью белок-кальций-белок, отщепляя кальций. Он переходит в растворимое состояние и уходит вместе с сывороткой. Этот процесс приводит к взаимодействию воды с белком и ослаблению связи белок-белок. Полученный сыр будет иметь менее твердую структуру, но лучше плавиться.

Пластичность готового сыра может увеличиваться:

- в процессе созревания, так как кальций фосфат отщепляется от связи белок-кальций-белок, в это же время происходи частичный гидролиз и гидратация белков;
- в процессе протеолиза, так как ослабляется взаимодействие белков между собой (белок-белок), поскольку уменьшается длина молекул казеина, из которых состоят пара-казеиновые волокна, и с каждым начинают взаимодействовать молекулы воды [13];
- при наличии в составе мицелл казеина денатурированного сывороточного белка. Его присутствие в значимых количествах ухудшает сычужную свертываемость молочной смеси, снижает прочность сгустка и скорость синерезиса.

Плавление сыра. Состояние молочного белка для равномерного расплавления также важен. Поскольку плотно расположенные толстые волокна пара-казеина изначально очень гидрофобны, что способствует сильному взаимодействию белок-кальций-белок, ограничивающему способность сыра к пластической деформации и вытягиванию при нагревании, а также придает расплавленному сыру заметную неоднородность [14]. Однако физико-химические изменения, происходящие в течение одной-двух недель созревания, приводят к высвобождению фосфата кальция из связи белок-кальций-белок, белок начинает взаимодействовать с водой и тем самым повышается текучесть сыра. Протеолиз также ослабляет взаимодействие белок-белок, поскольку уменьшается длина молекул казеина, из которых состоят пара-казеиновые волокна, и повышается степень гидратации волокон. Это позволяет сыру формировать однородную и растяжимую консистенцию.

Растяжимость сыра. В процессе вытягивания сырной массы именно казеиновый матрикс начинает плавиться и сжиматься благодаря гидрофобным взаимодействиям. Плавление белковых нитей продолжается до тех пор, пока оно не прервется каким-либо компонентом, не совместимым с белковым матриксом образованным объединенными мицеллами казеина, например, жировыми глобулами или агломератами денатурированного сывороточного белка. Перемешивание, происходящее при вытягивании, заставляет жировые глобулы сжиматься во все более ограничивающемся пространстве, пока глобулы жира настолько «упакуются», что они физически будут препятствовать дальнейшему сжатию белкового матрикса. В конце процесса плавления образуются тесно «упакованные» кластеры из жировых глобул, расположенные между параллельными нитями белковых волокон. При растягивании по мере уплотнения жировых глобул из сыра выделяется избыточная влага, и белковый матрикс начинает приобретать вид параллельно упорядоченных волокон. Эта гетерогенная структура обеспечивает такое функциональное свойство, как вытягивание сырной нити на пицце.

Наличие большого количества денатурированного сывороточного белка в составе сыра препятствует вытягиванию сырной нити, так как при денатурации сывороточные белки закрывая открытые дисульфидные связи осаждаются

Источник изображения: ООО «УМК»

на поверхность казеиновых мицелл. Вследствие этого образуется разветвленная пространственная структура, которая препятствует перестроиться аморфному пара-казеиновому матриксу в параллельные пара-казеиновые волокна.

Блистерообразование сыра. Потемнение или процесс блистерообразования во время тепловой обработки является результатом происходящей при нагревании реакции Майяра на пицце. Реакция потемнения происходит активнее при наличии в сыре во время нагревания большего количество лактозы. В результате этого взаимодействия образуется промежуточное нестабильное вещество, так называемое основание Шиффа, которое сразу подвергается дальнейшим преобразованиям с образованием раннего продукта Амадори. Именно продукты Амадори на более поздних стадиях реакции Майяра претерпевают множественные изменения с образованием летучих ароматических соединений и/или коричневых меланоидинов.

При выпечке пиццы по мере плавления кусочков сыра и их соединения друг с другом некоторые глобулы жира тают и высвобождаются из белкового матрикса, образуя на поверхности пиццы участки свободно текучего масла. Это масло препятствует выделению влаги из сыра, и эта влага превращается в пар, а расширяющийся пар приподнимает сыр, преодолевая его сопротивление растяжению и упругие свойства. Сила воздействия пара возрастает по мере испарения воды, а упругие свойства сыра и сопротивление растяжению с повышением температуры ухудшаются. Карманы с газом увеличиваются в размерах до достижения равновесия между силой пара и сопротивлением сыра растяжению. По мере стекания масла с верха каждого пузырька вниз влаге становится легче испаряться с его верхней поверхности. Таким образом, подгорание характерно для верхней части пузырей. Поскольку сила пара должна преодолеть упругие свойства и сопротивление сыра растяжению, в сыре образуются мелкие пузырьки с более высоким модулем упругости или с меньшим содержанием влаги. Свободное масло усиливает дегидратацию сыра и способствует его потемнению при выпечке [7].

Таким образом, слишком сильное потемнение может происходить при наличии в сыре значительного количества лактозы, продуктов протеолиза под действием фермента, избыточного вторичного протеолиза, сильного обезвоживания сырной поверхности, высокого сопротивления растяжению, в результате будет образовываться устойчивые пузырьки, поверхность которых более подвержена дегидратации, сильнее чем остальная поверхность сыра.

Источник изображения: ООО «УМК»

Коррекция свойств. Практика производства и изучение литературы приводят к выводу, что **количество и состояние молочного белка**, его пропорция к жиру смеси, а также соотношение между казеином и сывороточными белками напрямую влияет на функциональные свойства конечного продукта. В настоящее время в сыроделии существует несколько способов повышения массовой доли казеина в составе сыра: 1 – изменение белкового состава нормализованной смеси на начальных этапах производства, используя мембранные технологии или сухие компоненты; 2 – добавление сухих компонентов непосредственно в сам котел-плавитель.

В качестве сухих компонентов могут использоваться: обезжиренное молоко, концентрат молочного белка, мицеллярный казеин, сычужный казеин [8]. Белок, подвергнутый процессу высушиванию, не обладает характерными нативными свойствами. В качестве мембранных технологий используют ультрафильтрацию и микрофильтрацию. Данные технологии позволяют обеспечить необходимое количество белка в его нативном состоянии.

Ультрафильтрация – процесс мембранного разделения, а также фракционирования и концентрирования веществ, осуществляемый путем фильтрования жидкости под действием разности давлений до и после мембраны. Размер пор ультрафильтрационных мембран варьируется от 0,01 до 0,1 мкм [9].

Применение ультрафильтрации позволяет концентрировать практически все белковые фракции молока в нативном состоянии. Кроме того, в белковом концентрате появляется возможность регулировать не только белковый компонент, но и содержание лактозы и солей. Применяют для: нормализации по белку, повышения сыропригодности молока, повышения выхода готового сыра, стандартизирования сыра по более низкому отношению белка и жира, регулирования белков, лактозы и солей, повышения функциональных свойств сыра.

Микрофильтрация – это мембранный процесс, осуществляемый под действием перепада давления, при котором фильтрация продукта происходит при помощи мембраны, задерживающей нерастворимые компоненты. Размеры пор микрофильтрационных мембран варьируются от 0,05 до 10 мкм. Выделяют два основных типа микрофильтрации.

Источник изображения: ООО «УМК»

1. Бактериальная очистка и снижение содержания жира. Применяются мембраны с размерами пор 1,0–1,4 мкм. Функция этого типа микрофильтрации заключается в удалении вегетативных клеток бактерий и их спор из молока, сокращая их количестве не менее 99 %. Тем самым исключается возможность проявления поздних пороков сыра. При этом не происходит изменение соотношения между основными фракциями белка

2. Разделение (фракционирование) молочных белков. Применение второго типа микрофильтрации заключается в отделении казеина в мицеллярной форме от сывороточных белков молока при помощи мембран с размером пор от 0,05 до 0,2 мкм. В результате разделения получают ретентат (концентрат), обогащенный казеином, который в дальнейшем применяется в сыроделии и пермеат, содержащий преимущественно сывороточные белки [9].

Количество захватываемого и удерживаемого пространственной сеткой сгустка молочного жира коррелирует с содержанием казеина: чем выше содержание казеина, тем большая часть жира из нормализованной смеси перейдет в сыр. Увеличивается выход сыра. Снижается продолжительность сычужной коагуляции ввиду изменения соотношения между кальцием и фосфором, связанными с казеином. Сыр имеет более плотную консистенцию вследствие снижения массовой доли влаги. Использование второго типа микрофильтрации

позволяет не только концентрировать молочные белки, но и получать нужное соотношение белковых фракций. При производстве вытяжных сыров, использованием концентрата с большим количеством казеина позволит получить сыр с новыми органолептическими, функциональными свойствами и физико-химическими показателями.

Выводы

К основным функциональным свойствам вытяжных сыров относятся: плотность, плавление, растяжение, блистерообразование. Установлено, что количество и состояние молочного белка, а именно казеина и его соотношение к сывороточным белкам в составе сыра напрямую влияет на функциональные свойства конечного продукта.

Существует несколько способов повышения массовой доли казеина в составе сыра: изменение белкового состав нормализованной смеси на начальны этапах производства, используя мембранные технологии или сухие компоненты; добавление сухих компонентов непосредственно в сам котел-плавитель.

В отличии сухого молочного белка, применение мембранных технологий позволяет белку сохранить свои нативные свойства. Именно микрофильтрация с размером пор от 0,05 до 0,2 мкм позволяет не только концентрировать молочные белки, но и изменять соотношение белковые фракции и на первоначальных этапах нормализовать смесь для производства сыра.

Для получения нового сыра с необходимыми функциональными свойствами требуется глубокое изучение по использованию оптимального соотношения фракций молочных белков в составе сыра. Затрудняется это отсутствием оперативных методов оценки технологических и функциональных свойств. ■

Поступила в редакцию: 17.01.2025
Принята в печать: 27.02.2025

Stretched-Curd Cheese: Functional Profile and Correction

Yulia V. Tililitsyna[1], **Oleg V. Dymar**
[1]Dairy Plant Uzlovskiy Molochniy Kombinat LLC, Uzlovaya

The functional properties of stretched-curd cheese, or *pasta filata*, depend on the raw material composition, which could be improved to make the so-called pizza cheese more attractive for consumers. Its technological characteristics usually depend on the components of the standard mix and such key factors as the amount and quality of milk protein, the ratio of casein and whey protein, etc. Membrane technologies can be applied to correct the cheese composition at the early production stages. In this respect, the methods of ultrafiltration, microfiltration, and dry components are especially effective. By controlling the pore size during microfiltration, dairy manufacturers can concentrate milk proteins or change their ratio, which opens up new opportunities for the functional food industry. At present moment, stretched-curd cheese production requires further research into the raw material composition and technological assessment methods.

Keywords: stretched-curd cheese, functional properties, raw material composition, composition correction, membrane technologies, ultrafiltration, microfiltration, casein, whey proteins

Список литературы

1. **Березуцкий, А. А.** Мягкие сыры: потенциал роста и ожидания рынка / А. А. Березуцкий // Сыроделие и маслоделие. 2024. № 3. С. 23–25. https://www.elibrary.ru/alsell

2. **Свириденко, Г. М.** Возможность применения натуральных сыров для производства пиццы / Г. М. Свириденко, А. Н. Шишкина, В. В. Калабушкин // Пищевые системы. 2023. Т. 6, № 3. С. 416–423. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-416-423; https://www.elibrary.ru/rwtrav

3. **France, T. C.** Physicochemical properties of micellar casein retentates generated at different microfiltration temperatures / T. C. France [et al.] // Journal of Dairy Science. 2024. Vol. 107(5). P. 2721 –2732. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23918

4. **Carter, B. G.** Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk / B. G. Carter [et al.] // Journal of Dairy Science. 2021. Vol. 104(3). P. 2465–2479. https://doi.org/10.3168/jds.2020-18811

5. **Остроумов, Л. А.** Особенности и перспективы производства мягких сыров / Л. А. Остроумов, И. А. Смирнова, Л. М. Захарова // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 4(39). С. 80–86. https://www.elibrary.ru/vbiuqd

6. **Curlej, J.** The Effect of Heat Treatment on Cow's Milk Protein Profiles / J. Čurlej [et al.] // Foods. 2022. Vol. 11(7). 1023. https://doi.org/10.3390/foods11071023

7. **МакСуини, П. Л.** Сыр. Научные основы и технологии: в 2-х т. / под ред. П. Л. МакСуини, П. Ф. Фокса, П. Д. Коттера, Д. У. Эвертта. – СПб.: Профессия, 2019. – Т. 1. – 554 с.

8. **Мельникова, Е. И.** Применение концентрата мицеллярного казеина в производстве твердых сычужных сыров / Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова, Е. Б. Станиславская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54, № 4. С. 722–730. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-4-2539; https://www.elibrary.ru/rspqgc

9. **Goff, H. D.** Dairy Science and Technology / H. D. Goff [et al.]. – VCH, 1993. – P. 1–82.