

<https://doi.org/10.67290/2026.dw.15>

УДК 637.34

Дмитрий Сергеевич Мягконосов, канд. техн. наук

Ольга Геннадьевна Кашникова

Дмитрий Васильевич Абрамов, канд. техн. наук

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

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА, ДИНАМИКА РЫНКА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЫТЯГИВАЕМЫХ СЫРОВ И СЫРОВ ДЛЯ ПИЦЦЫ

В статье рассматривается динамика мирового рынка и подходы к контролю качества вытягиваемых сыров (Pasta Filata) и специализированных сыров для пиццы. Охарактеризованы структурно-механические особенности формирования волокнистой белковой матрицы, проанализированы глобальные тенденции развития рынка, включая факторы роста спроса и региональные особенности потребления. Особое внимание уделено инновационным методам повышения экономической эффективности производства: применению ультрафильтрации и сухих белковых компонентов для обогащения молочной смеси, использованию современных шнековых вытягивателей и «безводных» (паровых, радиочастотных и микроволновых) технологий нагрева, минимизирующих потери сухих веществ молока. Рассмотрены способы продления сроков хранения и сохранения функциональных свойств продукции, включая современные виды упаковки (модифицированная газовая атмосфера, вакуумная, активная упаковка) и научно обоснованный подбор молокосвертывающих ферментов и заквасочных культур с контролируемой протеолитической активностью. Сделан вывод о необходимости интеграции передовых технологических, инженерных и микробиологических решений для обеспечения стабильного качества, длительной сохранности потребительских свойств и рентабельности промышленного выпуска сыров для пиццы.

Ключевые слова: *вытягиваемые сыры, сыр для пиццы, технология производства, безводная вытяжка, срок годности, протеолитическая активность, упаковка, контроль качества*

UDC 637.3.05

Dmitry Sergeevich Myagkonosov, Candidate of Technical Sciences,

Olga Gennadievna Kashnikova,

Dmitry Vasilyevich Abramov, Candidate of Technical Sciences

VNIIMS – Branch of Gorbатов Research Center for Food Systems, Uglich

CURRENT STATE OF PRODUCTION, MARKET DYNAMICS AND QUALITY ASSURANCE OF PASTA FILATA CHEESES AND PIZZA CHEESES

This article examines the dynamics of the global market and approaches to quality control of Pasta Filata cheeses and specialized pizza cheeses. The structural and mechanical features of the formation of the fibrous protein matrix are characterized, and global market development trends, including factors driving demand and regional consumption patterns, are analyzed. Particular attention is paid to innovative methods for improving the economic efficiency of production: the use of ultrafiltration and dry protein components to enrich the milk mixture, the use of modern screw stretchers and "waterless" (steam, radio-frequency and microwave) heating technologies that minimize the loss of milk solids. Methods for extending shelf life and preserving the functional properties of products are considered, including modern types of packaging (modified atmosphere packaging, vacuum packaging, active packaging) and the scientifically based selection of milk-clotting enzymes and starter cultures with controlled proteolytic activity. The conclusion is drawn about the need to integrate advanced technological, engineering and microbiological solutions to ensure stable quality, long-term preservation of consumer properties and profitability of industrial production of pizza cheeses.

Keywords: *Pasta Filata cheeses, pizza cheese, production technology, waterless stretching, shelf life, proteolytic activity, packaging, quality control*

Описание разновидностей вытягиваемых сыров и сыров для пиццы и их использование для промышленной переработки

Как вытягиваемый сыр, так и сыр для приготовления пиццы относятся к семейству Пасты Филата («Pasta Filata» – растянутый сгусток). Отличительной особенностью этой категории является уникальная термомеханическая обработка, при которой подкисленный сгусток (обычно с pH от 5,0 до 5,3) нагревают в горячей воде или рассоле (до 70–85 °С) и растягивают. В результате этого процесса коллоидный фосфат кальция растворяется, а мицеллы казеина выстраиваются в длинные параллельные волокнистые нити. Придаваемая таким способом структура белковой матрицы придает сыру характерные свойства: тягучесть и «слоистость», а также способность к регулируемому плавлению с вытягиванием в нити [1]. На Рис. 1 (1) представлен внешний вид среза вытягиваемого сыра, имеющий типичную волокнистую структуру, а на Рис. 1 (2) – вид нитей сыра Моцарелла после запекания на пицце.



Рисунок 1. 1) Слоистая структура, типичная для сыров типа «Pasta Filata» [2];
2) Вытягивание нитей сыра Моцарелла после запекания на пицце [3].

Пицца-сыр для промышленной переработки предназначен для придания пицце не только сырного вкуса, но и определенных функциональных свойств после ее выпекания: способности к плавлению, вытягиванию, потемнению из-за реакции Майяра и вытапливанию свободного жира для защиты сыра от высыхания и подгорания под действием высокой температуры.

Мировым лидером среди коммерческих сыров для пиццы, востребованных, например, в ресторанах быстрого обслуживания и у производителей замороженной пиццы, является Моцарелла из частично обезжиренного молока с низким содержанием влаги (м.д. влаги 45–52 %, м.д. жира 30–45 %). Благодаря низкому содержанию жира и влаги этот сорт Моцареллы отлично натирается, имеет плотную текстуру и не выделяет слишком много жира при запекании. Моцарелла из цельного молока предпочтительна для изготовления домашней пиццы и замороженной коммерческой пиццы премиум-класса. В сравнении с низкожирной Моцареллой она лучше плавится, имеет более насыщенный вкус и нежную текстуру благодаря более высокому содержанию жира, включение которого в казеиновую сетку делает ее консистенцию менее плотной и более пластичной [4].

Для продуктов эконом-класса производятся аналоги моцареллы, в которых молочный жир заменяют на более дешевые растительные жиры или масла разного происхождения (например, кокосовое, пальмовое или соевое). Белковая матрица аналогов сыра формируется за счет использования сухих молочных компонентов, сохраняющих мицеллярный фосфат кальция: сычужного казеина или концентратов молочного белка. Такие молочно-белковые концентраты удобны для производства продуктов питания, поскольку имеют стабильный состав, большой срок хранения и обладают высокой способностью к плавлению и вытягиванию. Замена натурального молока на сухие молочные компоненты для массового производства замороженной пиццы и выпечки с сыром позволяет снизить себестоимость производства и достигнуть более низкой цены на готовую продукцию [5].

Современная ситуация на мировом рынке «пицца-сыра»

За последние несколько десятилетий рынок вытягиваемых сыров для промышленной переработки прошел путь от разрозненной региональной торговли до глобального рынка с объемом торговли в миллиарды долларов. Объем этого рынка оценивался в 2023–2024 г.г. примерно в 4,7–4,9 млрд. долларов с перспективами роста к 2032 г. до 8,5 млрд. долларов со средним темпом роста 7,0–7,5 % в год. Доминантой на этом рынке является США, лидируя по абсолютному объему и выручке, благодаря устоявшимся привычкам в культуре питания, агрессивному маркетингу крупных молочных кооперативов и включению продуктов с вытягиваемым сыром в программы школьных обедов. В последнее время, страны Азиатско-Тихоокеанского региона (особенно Китай, Япония и Южная Корея) показывают более высокие темпы прироста потребления вытягиваемого сыра в сравнении с США. Этот рост вызван вестернизацией культуры питания, увеличением располагаемых доходов и стремительным развитием логистики замороженных и охлажденных продуктов, что делает производство сырных блюд в этих странах не просто возможным, но и рентабельным [6].

Глобальный рост объема продаж «пицца-сыра» во многом связан с урбанизацией, ускорением ритма жизни, нехваткой времени, вынуждающей к переходу на быстрые «перекусы», которыми рабочие и клерки все чаще заменяют традиционные приемы пищи. Вытягиваемый сыр идеально вписывается в современную концепцию о здоровом питании. Он богат полноценными белком, биологически доступными кальцием и фосфором, не содержит глютена при очень малом содержании углеводов. Достижения в области вкусовых добавок (копчености, острые приправы и специи) в сочетании с удобной потребительской упаковкой постоянно привлекают новых потребителей.

Снижение экономических издержек и повышение рентабельности производства вытягиваемых и «пицца-сыров»

В сыродельной промышленности повышение уровня рентабельности достигается через повышение эффективности извлечения сухих веществ молока (жира и белка) при сокращении энергетических, трудовых и временных затрат и минимизации потребления воды.

При традиционном производстве сыра около 20 % общего количества молочного белка (сывороточных белков β -лактоглобулина и α -лактоальбумина) переходит в состав подсырной сыворотки. Чтобы повысить выход сыров и экономическую эффективность их производства, сыроделы применяют передовые методы стандартизации молочной смеси. К таким методам относится обогащение молочной смеси по содержанию белка путем добавления к ней жидких концентратов молочного белка, получаемых ультрафильтрацией, а также добавлением сухих белковых компонентов. При ультрафильтрационной концентрации молока за счет частичного удаления из него воды, лактозы и растворимых минералов получают концентрат (ретентат), который можно преобразовать в сырный сгусток с сохранением жира и всех белков (как казеина, так и сывороточных белков). Использование ультрафильтрационного ретентата позволяет сыроделам легко внедрять денатурированные сывороточные белки в сычужный гель, что увеличивает выход готового сыра на 10–15 %, и улучшает его влагоудерживающую способность [7, 8].

Поскольку оборудование для ультрафильтрации имеет высокую стоимость и не доступно, например, малым производителям, альтернативным способом обогащения молока белком может быть использование сухих белковых компонентов, закупаемых от сторонних производителей. Сухие концентраты и изоляты молочного белка, содержащие от 42 % до 85 % белка, получают с помощью УФ-технологии с последующим высушиванием. Обезжиренное сухое молоко (СОМ) представляет наиболее интересный с экономической точки зрения продукт для повышения содержания казеина в молоке для производства сыра. Однако его использование требует тщательного контроля. Лактоза, вносимая в молочную смесь в составе СОМ, может привести к чрезмерному падению рН при хранении сыра [9]. Перед использованием эти компоненты предварительно растворяют и выдерживают для лучшей гидратации, после чего добавляют в сыродельную ванну.

При производстве аналогов сыра для пиццы или специальных сортов вытягиваемых сыров с высокой текучестью используют сухой казеинат натрия. Этот ин-

градиент, благодаря своим исключительным эмульгирующим и водосвязывающим свойствам, повышает выход продукта и улучшает его способность к измельчению, что важно для низкожирных разновидностей «пицца-сыров» [5].

Обогащение молочной смеси белком, кроме повышения выхода сыра и улучшения его функциональных и реологических характеристик, позволяет существенно снижать производственные затраты за счет уменьшения расхода молоко-свертывающего фермента, значительного сокращения продолжительности обработки молочного сгустка в сыродельной ванне, уменьшения потребления воды, пара, электроэнергии, а также затрат на утилизацию сыворотки.

Фаза вытягивания чеддеризованного сгустка представляет самый затратный этап в технологии производства Моцареллы. При традиционном способе вытягивания с погружением в горячую воду в нее переходят водорастворимые белки, лактоза и наиболее дорогостоящий компонент молока – эмульгированный молочный жир. В настоящее время в производстве сыров типа Паста Филата используется усовершенствованное оборудование, позволяющее существенно сократить потери сухих веществ молока на стадии нагревания и вытягивания.

Усовершенствованные двухшнековые смесители/вытягиватели современной конструкции с компьютерным управлением позволяют точно поддерживать интенсивность термомеханического сдвига и градиент температуры. Благодаря оптимизированной геометрии шнека и скорости его вращения подобное оборудование обеспечивает равномерное распределение тепла и не повреждает сгусток. Чрезмерное вытягивание разрушает жировые шарики, что приводит к выделению свободного жира, который теряется в охлаждающем рассоле. Точный контроль параметров термомеханической обработки позволяет защитить мембраны жировых шариков от разрушения и удержать дорогостоящий молочный жир внутри белковой матрицы сыра [10, 11]. На Рис. 2 показан вид рабочего органа двухшнекового смесителя/вытягивателя и схема движения пара и продукта при обработке.

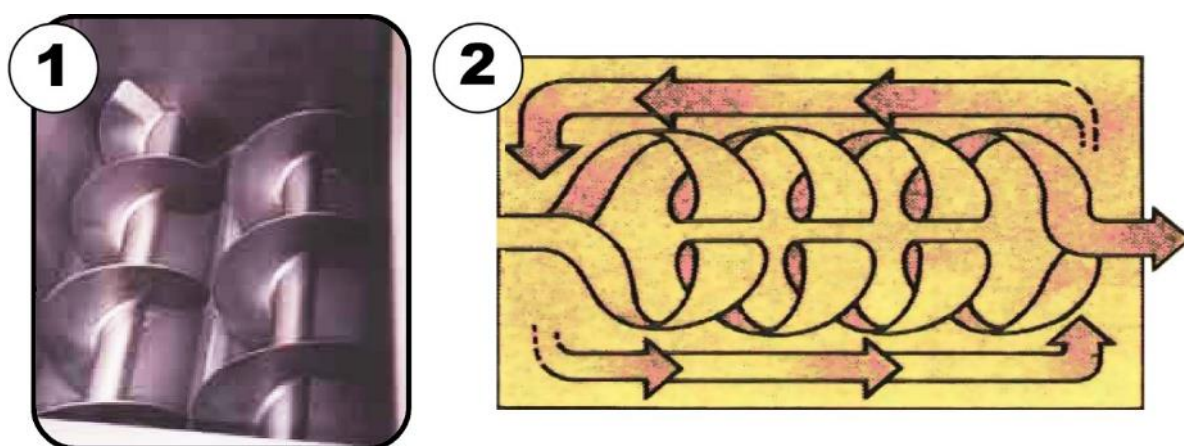


Рисунок 2. Двухшнековый смеситель/вытягиватель CheezTherm (Blentech Corporation, США) [12] для безводной обработки чеддеризованной сырной массы:

- 1) Внешний вид камеры со шнеками;
- 2) Схема движения потоков пара (стрелки) и вытягиваемого сгустка («ленты») в шнековой камере.

Снизить экономические издержки от потерь сухих веществ молока можно за счет извлечения из теплоносителей (нагревающей воды и охлаждающего рассола) с помощью центрифуг и систем микрофльтрации вытопленного жира и белковых частиц, которые затем можно повторно использовать при производстве плавленых сыров или аналогов сыра.

Технологии безводной и микроволновой вытяжки позволяют кардинальным образом решить проблему вымывания сухих веществ сгустка горячей водой, которая используется в качестве теплоносителя в вытягивателях традиционной конструкции, но отсутствует в «безводных вытягивателях». В этих системах для нагрева вместо воды используется нагрев инъекцией пара либо микроволновый/радиочастотный нагрев, дающий повышение внутренней температуры сырной массы до точки растяжения (около 60°C). В настоящее время радиочастотные системы уже стали коммерчески успешным серийным решением (например, оборудование Stalam S.p.A., Италия [13]), тогда как микроволновые (MW) комплексы для плавления чеддеризованной сырной массы пока находятся на стыке пилотных испытаний [14]. Изначально микроволновое оборудование предназначалось для мгновенного и щадящего размораживания блоков Кальяты перед подачей в стандартное оборудование для нагрева и вытягивания сырной массы и было востребовано на предприятиях, выпускающих свои сыры из замороженного сырного зерна, закупленного от сторонних производителей. Однако современные конфигурации электродов позволяют не просто разморозить, а довести измельченную Кальяту до температуры пластификации (~60 °C) в непрерывном потоке [13]. «Безводные» технологии нагрева полностью исключают утечку сухих веществ молока, в результате чего коэффициент извлечения жира повышается почти до 99 % [15].

Увеличение срока хранения вытягиваемых сыров и сыров для пиццы

Срок хранения сыров типа Паста Филата определяется сложным взаимодействием микробиологических и биохимических процессов, протекающих на фоне сформировавшихся на стадии производства сыров химических и физических свойств сырной массы. Низкий pH и низкое содержание влаги в сырах типа Паста Филата естественным образом препятствуют размножению патогенных микроорганизмов. Основная проблема заключается в сохранении функциональных свойств (волоконистой структуры, способности к натиранию и плавлению с образованием нитей) и органолептических показателей (без появления горького, прогорклого вкуса и иных дефектов) при длительном холодильном хранении при температуре от 4 до 8 °C.

Вытягиваемые сыры теряют качество при потере влаги, что приводит к растрескиванию поверхности и ухудшению отделения корки, а также к окислению липидов, ведущему к появлению посторонних привкусов (окисленный, осаленный). Упаковывание сыров в полимерную пленку в настоящее время – это признанный способ увеличения срока их годности.

Современной широко распространенной практикой является упаковывание вытягиваемых сыров в многослойные полимерные пленки, которые обычно состоят из полиэтилена, обеспечивающего формирование термически свариваемого шва и защиту от потери влаги, полиамида/нейлона, дающих механическую прочность

и устойчивость к проколам (что важно при упаковке сыра-косички, имеющего острые концы) и этиленвинилацетата (ЭВА). ЭВА обеспечивает заградительный барьер от проникновения кислорода, предотвращая окисление молочного жира и рост аэробных микроорганизмов, вызывающих порчу продукта [16].

Упаковывание в модифицированной газовой атмосфере практикуется для измельченного сыра для пиццы или премиальных сортов сыра Паста Филата. При этом способе упаковывания из полимерного пакета с продуктом откачивают воздух и заменяют его специальной газовой смесью, обычно состоящей из смеси азота (N_2) и углекислого газа (CO_2). Углекислый газ растворяется в содержащейся в сыре влаге, образуя слабую угольную кислоту, которая эффективно подавляет рост дрожжей, плесеней и психротрофных бактерий. Азот выступает в качестве инертного наполнителя, предотвращая деформацию упаковки и разрушение структуры упакованного сыра.

Вакуумная упаковка с термоусадкой позволяет достигнуть плотного облегаания сыра полимерной пленкой. Такой способ упаковывания позволяет полностью исключить контакт сырной массы с кислородом воздуха, удерживать влагу, предотвратить рост аэробной микрофлоры на поверхности, обеспечить механическую защиту сыра при транспортировке и значительно продлить срок хранения до 90–120 суток [17].

Последние исследования в создании «активной» упаковки предполагают включение в ее внутренний полимерный слой противомикробных веществ (например, натамицин или экстракты эфирных масел). Это создает локальную зону подавления роста бактерий на поверхности сыра, предотвращая появление поверхностной плесени без необходимости внесения химических консервантов в сыр.

Даже при холодильном хранении (от 4 до 8 °С) ферментативная активность и жизнедеятельность микроорганизмов в сыре полностью не прекращаются. Со временем это приводит к «перезреванию», которое выражается в возникновении пороков вкуса (горький, липолизный, прогорклый) и консистенции (излишняя пластификация).

Образование дефектов консистенции связано с протеолитическим расщеплением молекул $\alpha 1$ -казеина, образующим белковую сеть, выполняющую функции силового каркаса сырной массы. Часть перешедшего в сыр молокозвертывающего фермента и протеазы микроорганизмов (как заквасочного, так и незаквасочного происхождения) в процессе хранения медленно расщепляют молекулы казеина. По мере разрушения белковой сети сырная масса теряет свою изначальную твердость и упругость. В процессе хранения сыры для пиццы даже без образования видимых пороков вкуса и консистенции могут утратить свои главные функциональные свойства: твердость, необходимую для натирания перед выкладкой на пицце, и вытяживаемость, необходимую для формирования сырной нити при подъеме сектора разрезанной пиццы, что значительно снижает коммерческую ценность продукта [18].

Излишняя кислотность и горечь представляют собой два наиболее частых дефекта вкуса в сырах для пиццы. Образование кислоты связано с ферментацией остающейся в сыре лактозы молочнокислыми бактериями незаквасочного происхождения, которые продолжают даже при низких температурах хранения вырабатывать

молочную и уксусную кислоты, что со временем приводит к появлению кислого, терпкого или «броженного» привкусов, а также к формированию излишне мягкой и крошливой консистенции сыра. Протеолиз, выражающийся в ферментативном расщеплении белков на пептиды и аминокислоты, является важной составляющей процесса созревания сыра. Умеренный протеолиз придает вкус сыру, но чрезмерное расщепление β -казеина остаточными микробными пептидазами приводит к накоплению гидрофобных горьких пептидов. В результате сыр приобретает выраженную горечь, которая делает его непривлекательным для потребителя [19].

Для продления срока хранения сыров для пиццы до 6–9 месяцев ученые разработали специальные подходы к подбору заквасок и молокосвертывающих ферментов для производства этого вида сыров.

Один из подходов состоит в применении для свертывания молока ферментов с ограниченной протеолитической активностью. Это позволяет в дальнейшем (на стадии созревания) избежать появления горечи и дефектов консистенции сыра. Традиционный молокосвертывающий фермент животного происхождения (телячий сычужный фермент) имеет определенное соотношение молокосвертывающей активности (МСА) и общей протеолитической активности (ПА). Современный ассортимент молокосвертывающих ферментных препаратов включает *Chu-max M* и *Chu-max Supreme* на основе рекомбинантного химозина верблюда (*Novonesis S/A*, Дания [20]), *Maxiren XDS* на основе высокоочищенного химозина теленка (*DSM-Firmenich A/G*, Нидерланды–Швейцария [21]) или высокоочищенные микробные коагулянты от *Rhizomucor miehei*, например, *Milase Premium* (*DSM-Firmenich A/G*, Нидерланды–Швейцария [23]). Эти специфические ферменты отличаются исключительно высоким соотношением МСА/ПА, в результате чего они очень эффективно сворачивают молоко на начальном этапе, но обладают крайне ограниченной способностью к вторичному, неспецифическому гидролизу белка при холодильном хранении. Это позволяет сохранить α 1-казеиновую сетку, благодаря чему сырная масса даже после длительного хранения (6–9 месяцев при 4–8 °С) сохраняет способность к натиранию и вытягиванию в нити [23, 24].

Стандартные термофильные закваски (например, *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus helveticus*) необходимы для быстрой выработки кислоты и снижения рН на стадии обработки сгустка в сыроизготовителе, но в дальнейшем на стадии хранения ферменты, выделяемые этими бактериями, приводят к перезреванию сыра. Чтобы сыр сохранял слоистую структуру, давал нити при плавлении, оставался плотным, производители должны использовать культуры (например, включающие специально подобранные штаммы *Streptococcus thermophilus*), которые действуют как быстрые кислотообразователи, но как слабые «созревательные» культуры. Закваска должна энергично вырабатывать молочную кислоту, что способствует быстрому достижению уровня рН 5,1–5,3, необходимого для вытягивания сыра, но при этом не расщеплять белковую сетку сыра в течение всего срока хранения.

На рынке представлены следующие марки заквасок, обладающие сочетанием высокой кислотообразующей и низкой протеолитической активности: *CHOOZIT*

TM/TA Series (IFF / Danisco SA, Франция) [25], STI / STI-Flakes Series (Chr. Hansen / Novonesis S/A, Дания) [26], LyoPro STB / Lyofast ST (Sacco System, Италия) [27].

Для сохранения структуры вытягиваемых сыров в состав закваски добавляют специально подобранные дополнительные культуры молочнокислых бактерий (например, штаммы *Lactocaseibacillus casei* или *Lactocaseibacillus rhamnosus*) [28]. Эти штаммы обладают высокой пептидазной активностью (выделяют ферменты, расщепляющие горькие пептиды на негорькие аминокислоты) при низкой общей протеолитической активности, выражающейся в обширном гидролизе казеинов, составляющих казеиновую сеть. Такой метод подбора закваски препятствует появлению горечи при длительном хранении и не приводит к дефектам текстуры вытягиваемых сыров. Благодаря этому сыр сохраняет чистый молочный и слегка кисловатый вкус, способность к натиранию и вытягиванию в нити на протяжении всего срока годности [29].

Заключение

Промышленное производство высококачественных вытягиваемых сыров и их наиболее распространенной разновидности – сыров для пиццы требует серьезных знаний в области микробиологии и биохимии стадий производства и созревания сыра, а также использования передовых достижений машиностроения и химии. Используя ультрафильтрацию и другие методы обогащения молочной смеси белком, а также современное технологическое оборудование, позволяющее проводить регулируемую термомеханическую обработку, в том числе по «безводной» технологии, производители могут существенно снизить потери и увеличить рентабельность производства сыров. В дополнение к этому: выбор молокосвертывающих ферментов и заквасок с низким уровнем протеолитической активности, упаковывание в пакеты из многослойные полимерной пленки гарантирует, что произведенные сыры сохранят свои важнейшие функциональные свойства (вкус, способность к натиранию и вытягиванию в нити) в течение даже длительного срока хранения.

Список использованной литературы:

1. **Gonçalves, M.C.** Mozzarella Cheese Stretching: A Review / M.C. Gonçalves, H.R. Cardarelli // Food Technology and Biotechnology. 2021. Vol. 59, № 1. P. 82–91. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.01.21.6707>
2. The Real Difference Between String Cheese And Mozzarella Cheese // HuffPost Life [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2026) URL: https://www.huffpost.com/entry/string-cheese-vs-mozzarella-cheese_n_58add1f3e4b0d0a6ef472558
3. A mouthwatering slice of pepperoni pizza with gooey, melted mozzarella cheese is lifted from the pie // [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2026) URL: <https://www.vecteezy.com/photo/57910659-a-mouthwatering-slice-of-pepperoni-pizza-with-gooey-melted-mozzarella-cheese-is-lifted-from-the-pie>
4. USDA Specifications for Mozzarella Cheeses // [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2026) URL: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/mozarella.pdf>
5. **O’Riordan, E.D.** Production of Analogue Cheeses / E.D. O’Riordan, E. Duggan, M. O’Sullivan, N. Noronha // Book: Processed Cheese and Analogues ed. by A.Y. Tamime. A John Wiley & Sons, Ltd. 2011. Ch. 9. P. 219–244.
6. String Cheese Market Size, Competitors & Forecast to 2034 // [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2026) URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/string-cheese-market>
7. **Giménez, P.** Ultrafiltered cheesemilk: Rennet properties, cheese yield and influence on ripening of Cremoso cheese / P. Giménez, G.A. George, M.L. Spotti, M.C. Perotti, E.R., Hynes, C.V. Bergamini, // International Dairy Journal. 2025. Vol. 163, P. 106163. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.106163>

8. **Chamberland, J.** Innovations from pressure-driven membrane processes in cheese technology: from milk protein concentrates to sustainability and precision cheesemaking / J. Chamberland, G. Brisson, A. Doyen, Y. Pouliot // *Current Opinion in Food Science*. 2022. Vol. 48, P. 100948. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100948>
9. **Fox, P.F.** Biochemistry of cheese ripening / P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P. Guinee // *Fundamentals of cheese science*. – 2nd ed. - Boston, MA: Springer US, 2016. P. 391–442.
10. Cooking and stretching // Tetra Pak Global [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2026) URL: <https://www.tetrapak.com/solutions/integrated-solutions-equipment/processing-equipment/cooking-stretching-equipment-for-cheese>
11. Steam Stretching machines – Continuous Type // [Электронный ресурс] (дата обращения 26.05.2026) URL: <https://www.gea.com/en/products/liquid-processing/cheese-making/stretching-machines-steam/steam-stretching-machines-continuous/>
12. CheezTherm Twin Agitator Cheese Cooker // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://www.infored.com.ar/com/insumaq/pdf/blentech/CheezTherm.pdf>
13. The benefits of RF defrosting in a more sustainable world // Stalam [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://www.stalam.com/en/the-benefits-of-rf-defrosting-in-a-more-sustainable-world/>
14. Microwave and Radio Frequency Heating in Industrial Setting // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://mongagroup.com/2024/05/understanding-microwave-and-radio-frequency-heating-in-an-industrial-setting/>
15. **Masotti, F.** Impact of the type of cooker-stretcher on chemical, rheological and microstructural properties of low-moisture mozzarella cheese analogue / F. Masotti, S. Cattaneo, M. Stuknytė, L.A. Ribolzi, I. De Noni // *International Journal of Dairy Technology*. 2023. Vol. 76(3), P. 607–615. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12952>
16. Best Practices for Mozzarella Cheese Packaging to Prevent Spoilage - Agriculture Notes by Agriculture.Institute // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://agriculture.institute/dairy-products-iii/best-practices-mozzarella-cheese-packaging/>
17. **Alam, T.** Effect of MAP on microbiological quality of Mozzarella cheese stored in different packages at 7±1 °C. / T. Alam, G.K. Goyal // *Journal of Food Science and Technology*. 2011. Vol. 48(1). P. 120–123. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0141-y>
18. **Moynihan, A.C.** Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese / A.C. Moynihan, S. Govindasamy-Lucey, J.J. Jaeggi, M.E. Johnson, J.A. Lucey, P.L.H. McSweeney, // *Journal of Dairy Science*. 2014. Vol. 97. P. 85–96. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7081>
19. **McMahon, D.J.** Pasta-Filata Cheeses / D.J., McMahon, C.J. Oberg // Chapter 40 in book: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (ed. McSweeney P.L.H., Fox P.F., Cotter P.D., Everett D.W.), 4th Ed. Elsevier: Academic Press. 2017. Vol. 2, P. 1041–1068. ISBN: 978-0-12-417012-4
20. World’s leading cheese coagulant portfolio from Chr. Hansen // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FMMO_Select_8.pdf
21. Maxiren® / dsm-firmenich Taste, Texture & Health // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://www.dsm-firmenich.com/en/businesses/taste-texture-health/markets-products/dairy/cheese/maxiren.html>
22. Milase® Premium / dsm-firmenich Taste, Texture & Health. // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://www.dsm-firmenich.com/en/businesses/taste-texture-health/markets-products/dairy/cheese/milase-premium.html>
23. **Soltani, M.** Effect of blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on chemical composition, proteolysis and residual coagulant activity in Iranian Ultrafiltered White cheese / M. Soltani, D. Sahingil, Y. Gokce, A.A. Hayaloglu // *Journal of food science and technology*. 2019. Vol. 56(2). P. 589–598. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3513-3>
24. **Myagkonosov, D.S.** The influence of milk-clotting enzymes on the functional properties of pizza-cheeses / D.S. Myagkonosov, V.A. Mordvinova, I.N. Delitskaya, D.V. Abramov, E.G. Ovchinnikova // *Food systems*. 2020. Vol. 3(3). P. 42–50. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-3-42-50>
25. CHOOZIT® TM 82 LYO 125 DCU / Cheeselinks // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://dairyconnection.com/choozit-ta-60-series/>

26. Chr. Hansen Launches New Cultures for Mozzarella Cheese // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: <https://www.foodingredientsfirst.com/news/chr-hansen-launches-new-cultures-for-mozzarella-cheese.html>
27. Mozzarella Thermophilic – Mozzarella Cheese Starter Culture – Mozzarella Cheese Culture | The Cheesemaker // [Электронный ресурс] (дата обращения 27.05.2026) URL: https://www.thecheesemaker.com/lyopro-stb-mozzarella-string-cheese-pizza-cheese-culture-50-cxu-packet/?srsltid=AfmBOopi_xvmP7jGVjhiMxnMzjCibpIHMBsb05fkvv3kPi1ApHRhpf1D
28. **Gürsoy, A.** Adjunct cultures in cheese technology / A. Gürsoy, N. Türkmen, // In Microbial Cultures and Enzymes in Dairy Technology. IGI Global Scientific Publishing. 2018. P. 234–256. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5363-2.ch013>
29. **Rehberger, K.** Sensory, Physical, and Functional Properties of Part-Skim, Pasta Filata Mozzarella Made With or Without Lactocaseibacillus casei Adjunct Culture / K. Rehberger, S. Clark, G. Ünlü, H. Joyner, C.F. Ross, // Journal of Food Science. 2026. Vol. 91(5). P. 71095. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.71095>