



УДК 637.146.33

<https://doi.org/10.21603/1019-8946-2025-5-56>

Источник изображения: freepik.com

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, СПОСОБСТВУЮЩИХ УВЕЛИЧЕНИЮ СРОКА ГОДНОСТИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ*

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

Анна Юрьевна Дуганова¹, аспирант, младший научный сотрудник

E-mail: a.duganova@fncps.ru

Григорий Новомиро维奇 Рогов¹, канд. техн. наук, директор

E-mail: g.rogov@fncps.ru

Нинель Петровна Сорокина¹, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: n.sorokina@fncps.ru

Зоригто Баирович Намсараев², канд. биол. наук, начальник лаборатории синтетической биологии

E-mail: zorigto@gmail.com

¹Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал

Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Углич

²Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва

В процессе хранения и транспортировки качество молочной продукции может ухудшаться в результате продолжающейся метаболической активности микроорганизмов, что может вызывать изменения в составе продукта и его органолептических характеристиках, а также приводить к сокращению срока годности. Целью работы являлся комплексный анализ современного состояния технологий и перспективных научных исследований, направленных на увеличение сроков годности молочной продукции. Проведен сравнительный анализ традиционных методов обработки молока, таких как термическая обработка и пастеризация, а также инновационных технологий, включающих применение высокого гидростатического давления, холодной плазмы и импульсных электрических полей. В работе рассмотрены преимущества и основные ограничения, связанные с применением классических способов обработки молока, а также инновационных технологических решений. Стабильность молочной продукции в хранении зависит не только от применяемых способов обработки молока, но и от внесения различных добавок, консервантов, бактериоцинов, вида используемых заквасочных культур и применяемых упаковочных материалов. Для увеличения сроков годности ферментированной молочной продукции общепринятой практикой является использование разрешенных законодательством добавок и консервантов. Применение бактериоцинов и защитных заквасочных культур способствует повышению качества, увеличению сроков годности молочной продукции и повышению конкурентоспособности отечественных производителей. Эффективным методом сохранения качества молочной продукции в течение длительного времени является тщательный выбор упаковочных материалов. Ключевое влияние на хранимоспособность молочной продукции оказывает заквасочная микрофлора. Применение заквасок, обладающих низкой постферментативной активностью при производстве молочной продукции, является одним из самых эффективных способов, позволяющих снизить скорость кислотообразования в условиях производства. В результате анализа установлено, что задача разработки отечественных концентрированных бактериальных заквасок прямого внесения для производства ферментированной молочной продукции с пониженной постферментативной активностью является чрезвычайно актуальной. Полученные данные могут быть использованы для предотвращения и регулирования постферментативных процессов в условиях производства молочной продукции.

Ключевые слова: закваски, ферментированная молочная продукция, хранимоспособность, увеличение сроков годности, постферментативная активность

Для цитирования: Анализ современных технологий, способствующих увеличению срока годности молочной продукции / А. Ю. Дуганова, Г. Н. Рогов, Н. П. Сорокина, З. Б. Намсараев // Молочная промышленность. 2025. № 5. С. 5–15. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2025-5-56>

*Статья подготовлена в рамках национального проекта по обеспечению технологического лидерства «Новые материалы и химия» по Государственному заданию ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, тема № FGUS-2025-0006.

ВВЕДЕНИЕ

Ввиду больших расстояний, сложной логистики и неравномерного распределения как молочных производств, так и потребителей молочной продукции становится все более востребованной продукция с увеличенным сроком хранения. Одновременно торговля предъявляет требования к тому, чтобы продукция не меняла своих органолептических характеристик с момента появления в торговом зале до конца срока реализации. Аналогичный запрос на продление срока годности молочной продукции наблюдается по всему миру, особенно в развивающихся странах, в которых активно растет потребление, но все еще существуют проблемы с поддержанием стабильности условий хранения во время доставки продуктов. Особенно высокие требования предъявляются к молочной продукции с короткими сроками годности, таким как сметана, мягкие кисломолочные сыры и другие продукты, содержащие в своем составе живую заквасочную микрофлору и достаточно большое количество остаточной лактозы.

Основным условием сохранения качества молочной продукции является поддержание оптимальной температуры хранения. Молочные продукты чувствительны к температурным перепадам, поэтому необходимо обеспечить стабильные условия их транспортировки. При нарушении температурных режимов происходит дальнейшее развитие микрофлоры закваски и накопление молочной кислоты, что приводит к постферментативной активности, которая может повлиять на вкус, потребительские свойства и даже срок хранения продукта. Помимо сокращения срока годности это приводит к многочисленным дефектам, таким как повышенная кислотность, синерезис сыворотки, нечистый вкус, снижение количества молочнокислых бактерий [1]. В настоящее время для решения задачи увеличения срока годности молочной продукции разработан широкий спектр физических, химических и биологических методов.

Понятие «постферментативная активность» мы предлагаем как альтернативу понятиям «постокисление» и «стоп-эффект» для определения метаболических процессов, происходящих после завершения процесса изготовления ферментированных молочных продуктов и выражющихся в повышении кислотности и снижении качества продукции. Наше мнение основано на том, что после завершения технологического процесса при различных условиях молочнокислые бактерии могут продолжать ферментацию лактозы с образованием молочной кислоты, и это явление не является окислением.

В связи с этим **целью исследования** было проведение литературного обзора, освещивающего основные факторы, влияющие на снижение качества и хранимоспособности молочной продукции в процессе ее хранения и транспортировки, а также методам регулирования и предотвращения процессов постферментативной активностью для разработки новых видов отечественных заквасочных культур, обладающих низкой постферментативной активностью.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели проведен литературный обзор, в котором рассматриваются пути решения проблем, связанных с улучшением качества, хранимоспособности и увеличением сроков годности молочной продукции. Поиск источников проводился с применением ресурсов электронных библиотек eLIBRARY.RU, Google Scholar, КиберЛенинка, PubMed, а также в научно-технической библиотеке ВНИИМС. Анализ включал научно-практические публикации российских и зарубежных авторов на русском и английском языках по теме исследования за период 2000–2024 гг. Поиск осуществлялся с использованием ключевых слов: заквасочные культуры, starter cultures, ферментированная молочная продукция, fermented dairy products, хранимоспособность, shelf life, увеличение сроков годности, shelf-life extension, кислотообразующая активность, acid-forming activity, постферментативная активность, post-fermentative activity.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нормативные требования к сроку годности молочной продукции. Нормативные требования к процессам производства, хранения, перевозки и реализации молочной продукции определены в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Условия хранения должны обеспечивать сохранение качества и безопасности продукта в течение всего срока годности. Качество молочных продуктов по истечении определенного срока с момента их изготовления может ухудшаться, при этом возможно приобретение ими свойств, опасных для здоровья человека, поэтому для продуктов переработки молока устанавливаются четко регламентированные сроки годности. В Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (п. 6 ст. 7) определено, что срок годности и условия хранения пищевой продукции устанавливает изготовитель.



источник изображения: freepik.com

С целью обоснования срока годности пищевой продукции изготовителю рекомендуется руководствоваться:

- СанПиН 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов»;
- МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов».

Условия хранения молочной продукции непосредственно влияют на сроки их годности.

Максимальный срок сохранности молочной продукции обеспечивает температурный диапазон от 2 до 6 °C. Минимальный срок хранения сметаны составляет 72 ч с даты изготовления. Максимальный срок годности сметаны в герметичной упаковке составляет не более 30 суток при температуре хранения 4 ± 2 °C с момента окончания технологического процесса. При этом количество молочнокислых микроорганизмов на конец срока годности продукта должно составлять не менее 1×10^7 КОЕ/г. Производитель устанавливает срок годности молочной продукции в зависимости от особенностей технологического процесса производства, применяемых упаковочных материалов и условий хранения. Установление более длительных сроков годности осуществляется только после проведения лабораторных исследований продукта в соответствующих аккредитованных организациях, которые подтверждают сохранность продукта и его безопасность на протяжении всего срока хранения. ГОСТ 32263-2013 «Сыры мягкие. Технические условия» устанавливает требования к срокам и условиям

хранения мягких сыров. Срок годности мягкого сыра конкретного наименования с момента окончания технологического процесса устанавливает изготовитель с учетом требований нормативно-технической документации в области безопасности пищевой продукции. Рекомендуемый срок годности мягких сыров представлен в таблице.

Влияние качества сырья на срок годности молочной продукции. Химический состав молока влияет на сохранность молочной продукции в результате изменения свойств жиров, белков и других компонентов в процессе производства и хранения молочной продукции. Содержание лактозы оказывает влияние на окислительно-восстановительные процессы в молоке, происходящие в процессе его хранения и транспортировки. Под воздействием молочнокислых бактерий лактоза ферментируется с образованием молочной кислоты, что приводит к снижению показателя pH и увеличению общей кислотности [2, 3].

Казеин и сывороточные белки в процессе ферментации подвергаются протеолизу, что приводит к образованию пептидов и аминокислот, способствующих размножению бактерий. С увеличением содержания казеина в молоке возрастает содержание кальция и фосфора, повышается титруемая кислотность, ускоряется свертывание молока, возрастает плотность и способность сгустка к синерезису. На процесс нарастания кислотности значительно влияет соотношение белка и лактозы. Для регулирования соотношения белка и лактозы в молоке и повышения буферной емкости нормализованной смеси на практике рекомендуется использование мембранный фильтрации [2, 3].

Таблица. Рекомендуемый срок годности мягких сыров в соответствии с ГОСТ 32263-2013 «Сыры мягкие. Технические условия»

Наименование сыра	Срок годности сыра, суток	
	при температуре от -4 до 0 °C и влажности воздуха 85–90 %	при температуре от 0 до 6 °C и влажности воздуха 80–85 %
Русский Камамбер	–	7,0
Любительский	–	7,0
Адыгейский	33,0	10,0
Адыгейский копченый	50,0	30,0
Моале	–	2,0
Останкинский	–	5,0
Клинковый	–	1,5

Жиры в молоке находятся в виде небольших шариков-глобул, которые в результате механического воздействия теряют прочность своей оболочки и образовывают скопления свободного жира. Окисление липидов связано с количеством ненасыщенных жирных кислот в оболочках жировых шариков и фосфолипидах плазмы, а также с количеством свободного жира. Это влияет на качество молока, делая его более подверженным окислению, и уменьшает сроки хранения готовой продукции [2, 4].

Минеральные вещества молока, такие как кальций и фосфор, принимают активное участие в свертывании молока, формировании консистенции готовой продукции, а также обуславливают буферность среды. При низкой буферности микрофлора лактоконочковых заквасок прекращает размножение и кислотообразование при невысокой кислотности, т. к. рост лактоконочков в молоке лимитирует показатель pH, зависящий от титруемой кислотности и буферности молока. Умеренно низкая активная кислотность молока наблюдается вследствие низкого содержания фосфора, повышенный показатель pH наблюдается при низком содержании казеина [5, 6].

Добавление к молоку гидролизата казеина влияет на уровень постферментативной активности молока, что приводит к сокращению времени ферментации на 55 % [3].

Увеличение общего содержания сухих веществ в молоке с 16 до 23 % оказывает значительное влияние на снижение уровня pH во время ферментации кисломолочной продукции. При этом время инкубации сокращается с 5 ч в контрольном образце до 3 ч в молоке с повышенным содержанием сухих веществ [3, 7].

В молоке, обработанном при температуре 40 °C в течение 2 ч ферментом трансглутаминазой перед ферментацией, снижается уровень постферментативной активности при производстве йогурта [3, 8].

Химический состав молока непостоянен и зависит от породы, стадии лактации, рациона, состояния здоровья животного, времени года. Качество молока сырья во многом зависит от уровня бактериальной обсемененности, содержания соматических клеток, кислотности, правильной транспортировки и хранения [2].

Физические методы увеличения срока годности молочной продукции. Термизация – это мягкая тепловая обработка молока при температуре от 63 до 65 °C в течение 15–20 с для борьбы с психрофильными микробами и снижения бактериальной обсемененности. Термизация молочных продуктов после ферментации не только снижает степень постферментативной активности, но и увеличивает срок хранения, не оказывая существенного влияния на вкус и пищевую ценность. Термообработку ферментированных молочных продуктов проводят при достижении уровня pH 4,2–4,5. При термизации можно также использовать энергоэффективный метод применения импульсных электрических полей (ИЭП). При обработке молока при температуре 72 °C с использованием ИЭП потребление энергии составит 44 Дж/мл, в то время как при кратковременной высокотемпературной пастеризации молока эта величина возрастет до 287,15 Дж/г [9, 10].

Пастеризация представляет собой термическую обработку пищевых продуктов (ниже 100 °C), направленную на уничтожение вегетативных клеток всех патогенных,

Источник изображения: freepik.com



а также большинства непатогенных микроорганизмов. Наиболее часто при изготовлении ферментированных молочных продуктов используют кратковременную высокотемпературную обработку и длительную низкотемпературную обработку. Кратковременная высокотемпературная обработка в сыроделии включает в себя нагрев до температуры 72–76 °С с выдержкой в течение 15–20 с, при изготовлении кисломолочных продуктов режимы пастеризации варируют от 80 °С до 95 °С с выдержкой от нескольких секунд до 5 мин. Метод длительной низкотемпературной выдержки заключается в выдержке молока при температуре от 60 °С до 65 °С в течение 30 мин [9, 10].

Высокое гидростатическое давление. Обработка молока и молочной продукции высоким гидростатическим давлением способствует контролю за постферментативными процессами при производстве кисломолочной продукции, уничтожает патогенные микроорганизмы и бактерии. При этом текстура, внешний вид, вкус, содержание витаминов и питательных веществ остаются неизменными. Режимы обработки кисломолочной продукции при 200–400 Мпа в течение 10 мин при температуре от 10 до 20 °С не оказывают негативного влияния на текстуру и продлевают срок годности. Достоинствами метода является уничтожение технически-вредной и патогенной микрофлоры, продление срока годности без изменения качества пищевых продуктов, минимальное воздействие на продукт. Однако применение данного способа не эффективно в отношении спорообразующих микроорганизмов [11, 12].

Ультразвуковые волны. В пищевой промышленности, в том числе при обработке молочной продукции, используют ультразвуковые волны, имеющие частоту более 100 кГц и интенсивность менее 1 Вт/см². Давление ультразвука до 40 кПа значительно сокращает время ферментации за счет эффекта деаэрации, что благоприятно сказывается на росте анаэробов. При давлении, составляющем около 80 кПа, молочные бактерии подавляются из-за кавитации. Преимуществами метода является повышение безопасности и срока годности молочной продукции, сохранение питательных свойств путем модификации молочного белка и жиров без негативного влияния на питательный профиль, ускорение технологических процессов, возможность отказа от стабилизаторов и консервантов, экологическая чистота. К недостаткам можно отнести: высокую стоимость, трудность равномерного распространения ультразвуковых колебаний [12].

Импульсное электрическое поле – нетепловой метод, использующий импульсы высокого электрического заряда 15–50 кВ/см в течение микросекунд, что приводит к электропорации клеточных мембран, потере механической проницаемости и гибели клеток. Восстановленное обезжиренное молоко, подкисленное *Streptococcus thermophilus* DIL 5218 и *Lactobacillus bulgaricus* DSMZ 20081, показало более быструю ферментацию образцов, обработанных импульсным электрическим полем (2 В/см, 0,045 кГц, 30 °С в течение 12 мин) и резкое снижение редокс-потенциала по сравнению с необработанными образцами. Повышенная скорость ферментации в образцах, обработанных импульсным электрическим полем, может объясняться электро-пермеабилизацией клеток культуры, что увеличивает поступление питательных веществ и уменьшает лаг-фазу. К достоинствам метода относят: сохранение полезных качеств продукта, сокращение длительности процесса обработки, низкое энергопотребление. К недостаткам: ограниченную эффективность обработки из-за наличия в составе молока жиров и белков, высокую стоимость оборудования и низкую электропроводность [3, 13].

Омический нагрев влияет на повышение проницаемости клеток и вызывает их нетермические повреждения при использовании титанового электрода, тока 7 А и частоты 20 кГц. Омический нагрев по сравнению с обычным нагревом показывает более высокий конечный pH ферментированной среды. Преимущества способа: быстрая и равномерная



Источник изображения: freepik.com



Источник изображения: freepik.com

Один из минусов радиочастотного нагрева – невозможность установить стабильный режим при температуре 72 °С [14].

Ионизирующее излучение. Для увеличения срока хранения чувствительных к повышенным температурам продуктов перспективно применять обработку ионизирующими излучениями. Дозы излучения от 1 до 10 кГр безопасны для здоровья человека и способствуют снижению количества гнилостных бактерий и болезнетворных микроорганизмов. Высокие дозы (свыше 10 кГр.) вызывают снижение численности микроорганизмов до уровня стерильности [14, 15].

Ультрафиолетовая обработка. Ультрафиолетовая обработка включает использование излучения ультрафиолетовой области электромагнитного спектра для целей дезинфекции. Длина волны для обработки ультрафиолетом составляет от 100 до 400 нм. УФ может использоваться в сочетании с другими альтернативными технологиями обработки, включая озон и перекись водорода. Применение ультрафиолетовых лучей включает дезинфекцию водоснабжения, упаковочных материалов, поверхностей контакта с пищевыми продуктами. Ультрафиолетовая обработка имеет потенциал для повышения безопасности и продления срока хранения пищевой продукции по сравнению с термической обработкой. Основные достоинства метода: эффективность, экологичность, продление срока хранения продуктов без применения консервантов; удобство применения. Согласно международным соглашениям, максимальная допустимая доза излучения не должна превышать 10 кГр. Данный метод обладает большим потенциалом, но аспекты безопасности и регулирования со стороны контролирующих ведомств не позволяют широко использовать и применять новые технологии на практике [12].

обработка, сохранение питательных веществ и витаминов, снижение негативного влияния на органолептические показатели, энергоэффективность, улучшение качества готового продукта, возможность использования с другими методами обработки. Недостатки: высокая стоимость оборудования и его обслуживания, метод не подходит для обработки продуктов с высоким содержанием жира из-за его низкой электропроводности [12].

Радиочастотный нагрев может быстро повысить температуру сырья и значительно сократить время нагрева, чтобы избежать потери качества, вызванной более низкой скоростью нагрева при обычной термической обработке. Радиочастотное нагревание может обеспечить сокращение патогенных микроорганизмов в сырье более чем на 4 log. Данный способ является потенциальным методом борьбы с условно-патогенными и патогенными микроорганизмами при сохранении качества продукта. К достоинствам способа относятся: быстрое достижение однородных температур, предотвращение роста дрожжей и плесеней, что увеличивает срок хранения продукта, мягкость обработки.

Холодная плазма – это новая нетепловая технология переработки пищевых продуктов, которая использует энергичные реактивные газы для инактивации технически-вредной и патогенной микрофлоры в продуктах питания. При использовании данного способа обработки обсемененность продуктов *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* и *Staphylococcus aureus* снижается на 5 log. Эффективное время обработки может варьироваться от 3 до 120 с в зависимости от вида продукта и условий обработки. К достоинствам метода можно отнести уничтожение технически-вредной и патогенной микрофлоры, повышение качества молока за счет вывода вредных газов

и газовых примесей, энергоэффективность и экологичность, относительно низкие затраты по сравнению с термической обработкой. Ключевыми ограничениями для применения метода обработки сырья и продукции холодной плазмой являются разнобразие и сложность необходимого оборудования, а также не до конца изученное воздействие холодной плазменной обработки на сенсорные и питательные свойства обработанных продуктов [12].

Химические методы увеличения срока годности молочной продукции. Консервирование с использованием законодательно одобренных коммерческих химических веществ, которые служат эффективными ингибиторами широкого спектра бактерий, а также дрожжей и плесеней является общепринятой практикой для увеличения срока годности ферментированных молочных продуктов. Примерами являются сорбиновая кислота (натриевые, калиевые и кальцевые соли сорбиновой кислоты – Е201 / Е202), сернистый газ и бензойная кислота (Е211 / Е212). Максимальный уровень содержания сорбиновой кислоты в готовом продукте составляет от 50 мг/кг. Сорбиновая кислота широко используется в молочной промышленности, в особенности при производстве сыра и сырных продуктов.

Также калиевая соль сорбиновой кислоты часто используется в качестве регулятора кислотности, обладая наименьшим аллергенным потенциалом и статусом GRAS для использования в пищевых продуктах. Он препятствует росту микроорганизмов, ингибируя ключевые метаболические ферменты, участвующие в утилизации карбогидрата и цитрата, такие как лактат-дегидрогеназа, малат-дегидрогеназа, фумераза. Калиевая соль сорбиновой кислоты в концентрации 0,1 % наиболее значительно регулирует уровень постферментативной активности. Преимуществами способа являются увеличение срока хранения и повышение качества продукции. К недостаткам метода относят: снижение полезности продукта, возможное негативное влияние на здоровье человека, возникновение аллергических реакций [2, 6].

Бактериоцины. Штаммы молочнокислых бактерий производят белковые соединения, называемые бактериоцинами. Бактериоцины применяют в качестве естественных консервантов в пищевой промышленности. Использование низина при производстве молочной продукции, produцируемого некоторыми видами *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, способствует

увеличению ее сроков годности. Добавление 0,08 г/кг низина и обработка при 121 °C в течение 3 мин увеличивает срок годности обезжиренного молока и сливок до 6 недель при температуре 40 °C. Низин эффективен в отношении грамположительных споровых бактерий и не активен в отношении грамотрицательных бактерий, дрожжей и плесени. Низин имеет статус GRAS и разрешен для использования в качестве пищевой добавки (Е234) [2, 16].

Природным консервантом также является натамицин. Его получают из *Streptomyces natalensis*. Он обладает бактерицидными свойствами по отношению к дрожжам и плесеням, не имеет отрицательного влияния на закваску, обладает высокой термо- и кислотоустойчивостью, позволяющей выдерживать температуру 95 °C в течение 10–12 мин и pH 4,0 в течение 2–3 недель. Согласно Директиве Европейского парламента и Совета №95/2/ЕС натамицин (Е235) разрешен для наружной обработки твердых, полутвердых и полумягких сыров, а также сушеных и вяленых колбас при максимальном содержании 1 мг/дм² в наружной поверхности на глубине не более 5 мм. В отличие от химических консервантов, бактериоцины, вырабатываемые заквасочными культурами, нетоксичны, биосовместимы, легко разрушаются нативными протеазами.



Источник изображения: freepik.com

Бактериоцины соответствуют растущему потребительскому спросу на продукты с минимальной обработкой, не содержащие синтетических консервантов [6, 16]. Однако из-за адсорбции бактериоцинов на пищевых матрицах и высокой стоимости очистки их коммерческое применение в определенной степени ограничено. Следует учитывать потенциальную цитотоксичность добавленного бактериоцина, поскольку синтез реутерина *Lactobacillus reuteri* посредством метаболизма глиеркола является эндогенным источником накопления акролеина [2, 6].

Обработка диоксидом углерода (CO_2). Обработку молока диоксидом углерода под высоким давлением при производстве сыра рекомендуется применять для осаждения сгустка и понижения pH. Диоксид углерода снижает активность широкого спектра вегетативных и эндоспоровых форм бактерий и грибков, содержащихся в молоке. Экспериментальные исследования показали, что сырое молоко, обработанное CO_2 (50 атм) и затем хранившееся при 10 атм, замедляет рост микрофлоры и увеличивает срок хранения до 72 ч, в то время как молоко без обработки CO_2 сворачивается в течение 24 ч [3, 10]. Что касается кисломолочных продуктов, то при использовании диоксида углерода срок хранения йогурта может быть увеличен до 4 мес. [3, 10]. Диоксид углерода используется в качестве одного из компонентов модифицированной газовой среды для упаковки молочной продукции, в том числе сухого молока, сыров, творога и жировых спредов. В таких смесях диоксид углерода сдерживает рост аэробных бактерий и плесени, что увеличивает срок хранения продуктов. Диоксид углерода в контексте упаковки молочной продукции обычно используется в концентрации более 20 %, при больших концентрациях CO_2 и повышенном содержании влаги в продукте возможно появление излишне кислого вкуса. Соотношение газов в смеси подбирается индивидуально в зависимости от состава продукта, температуры, кислотности и других факторов¹ [3, 10].

Биологические методы увеличения срока годности молочной продукции. Ключевое влияние на параметры хранимоспособности ферментированной молочной продукции оказывает вид используемых заквасочных культур.

Состав, свойства и активность микрофлоры заквасок определяют направленность и интенсивность технологических процессов, формирование органолептических показателей, подавление технически-вредной микрофлоры и микроорганизмов порчи. В случае снижения активности развития заквасочных культур в условиях охлаждения молочной продукции перед ее фасовкой возникает риск развития посторонних микроорганизмов в присутствии достаточного количества лактозы. Для торможения роста технически-вредной и патогенной микрофлоры и увеличения срока хранения молочных продуктов применяют защитные культуры с ингибирующим действием [17, 18]. Эти культуры вносятся дополнительно к основной закваске и подавляют нежелательную микрофлору: *Lactiplantibacillus plantarum* обладает антагонистической активностью к маслянокислым и энтеробактериям, *Lacticaseibacillus rhamnosus* обладает antimикробной активностью по отношению к ряду патогенных кишечных бактерий, в том числе *Clostridium* spp., *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus* и *Streptococcus* spp. [17–20].

Одним из широко востребованных эффектов, обуславливающих контроль постферментативных процессов, является использование заквасочных культур, обладающих свойством снижения скорости кислотообразования в условиях промышленных режимов охлаждения, фасования и хранения ферментированных молочных продуктов. Такие культуры позволяют сохранить стабильность молочной продукции в течение всего срока годности даже в условиях погрешностей в соблюдении холодовой цепи² [21–28].

Закваски импортного производства, обладающие низкой постферментативной активностью, до конца 2024 г. на российском рынке преимущественно были представлены серией заквасочных культур Acidifix от Chr. Hansen, отличающихся специфическим метаболизмом углеводов. Такие закваски состоят из комбинаций специально подобранных штаммов, обладающих высокой природной β -галактозидазной способностью, ферментирующих сахарозу и не сбраживающих лактозу. Конечный pH молочной продукции в этом случае зависит от количества добавленного сахара, температуры заквашивания и буферности смеси.

¹Роздов, И. А. Аспекты хранения сыров в модифицированной атмосфере и под вакуумом /

И. А. Роздов, Е. А. Орлова, Е. А. Большая // Переработка молока. 2011. № 7(141). С. 30–31.

²Меркулова, Н. Г. Подбираем заквасочные культуры / Н. Г. Меркулова // Переработка молока. 2014. № 10(180). С. 52–53.

Добавление углеводов, например сахарозы и фруктозы, в молочную основу перед ферментацией может иметь отрицательный эффект, если их количество превышает 10–15 % от общего объема заквашиваемой смеси. При этом критическим уровнем содержания сахарозы обычно считается 10 %.³

В связи с усилением западных санкций, для того чтобы не допустить зависимости отечественного производства молочных продуктов от импортных заквасок и прочих ингредиентов остро стоит вопрос об импортозамещении. Молокоперерабатывающая промышленность РФ нуждается в отечественных заквасках для производства ферментированной молочной продукции. В связи с этим задача разработки отечественных концентрированных бактериальных заквасок для производства ферментированной молочной продукции с пониженной ферментационной активностью является актуальной.

Влияние упаковки на срок годности молочной продукции. Упаковочные материалы играют существенную роль в обеспечении установленных сроков годности молока и молочной продукции. Основная функция упаковки – защита продукта от влияния климатических факторов, от повреждений и порчи при транспортировке и хранении. Существуют несколько типов барьерных материалов: среднебарьерные пленки, обеспечивающие умеренную защиту, используются для продуктов с коротким сроком хранения (полиамид, полипропилен и полиэтилентерефталат) и высокобарьерные пленки, которые применяются для продуктов с длительным сроком хранения. В их составе есть высокоэффективные полимеры, например этиленвиниловый спирт или поливинилиденхлорид. Различные комбинации, такие как алюминиевая фольга + пластик, бумага + пластик, стеклянная упаковка + высокоударный полистирол, бутылки из полиэтилена высокой плотности и пакеты из полиэтилена низкой плотности, являются наиболее распространенными вариантами для упаковки ферментированных молочных продуктов. Более высокий уровень постферментативной активности наблюдается при упаковке в этиленвиниловый спирт и стеклянную тару. Эти высокобарьерные упаковочные материалы приводят

к отрицательному окислительно-восстановительному потенциалу из-за потребления кислорода микроорганизмами, создавая тем самым стрессовые условия для аэробной микрофлоры. Лучший эффект наблюдается при упаковке в полипропиленовую тару. При упаковке ферментированной молочной продукции, выделяющей углекислый газ во время хранения, рекомендуется использовать материалы с повышенной газопроницаемостью. Для продуктов, обладающих низкими скоростями газообмена, используют материалы с низкой общей газопроницаемостью. Например, для упаковки сливочного масла применяют электретную пленку, которая имеет пониженную газопроницаемость по кислороду. Это замедляет окислительные процессы и позволяет продлить срок хранения продукта примерно в 1,5 раза⁴. В настоящее время «умная» и «активная упаковка» достаточно популярны на рынке упаковочных материалов. Использование такой упаковки при производстве молочной продукции позволяет контролировать свежесть продуктов и продлевать срок их хранения. «Умная упаковка» включает различные датчики, которые идентифицируют товар в цепи поставок, сообщают о свежести продукта и условиях его хранения. При этом для контроля качества молочной продукции используются QR-коды, RFID и NFC. «Активная упаковка» представляет собой упаковку, имеющую специфические компоненты для продления сроков годности продукта, такие как поглотители кислорода, углекислого газа и влаги, запаха и вкуса, антимикробные и ферментные препараты. Активная упаковка помогает снизить проницаемость материала, что также продлевает срок хранения молочных продуктов, помогает улучшить товарный вид и сохранить органолептические свойства продукции. Таким образом, для сохранения качества молочной продукции в течение всего срока годности необходимо тщательно подбирать упаковочный материал с учетом типа закваски, ее метаболизма, состава продукта и условий хранения [28].

Выводы

На сегодняшний день термическая обработка молока является основным и самым распространенным в России методом, способствующим увеличению сроков годности молочной продукции.

³YoFlex Acidifix – новое поколение заквасок для йогурта. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.ingredico.ru/kompaniya/novosti/yoflex-acidifix-novoe-pokolnie-zakvasok-dlya-jogurta/> (дата обращения: 25.02.2025).

⁴Упаковка с высоким экономическим эффектом [Электронный ресурс].

URL: <https://produkt.by/storys/tekhnologii/upakovka-s-vysokim-ekonomicheskim-effektom> (дата обращения: 15.01.2025).

Тепловая обработка молока позволяет снизить содержание вредной и патогенной микрофлоры до безопасных уровней, регламентируемых нормативно-технической документацией. В качестве дополнительных методов обработки можно рассматривать новые технологии, такие как использование высокого гидростатического давления, импульсных электрических полей, холодной плазмы, омического и радиочастотного нагрева, ультразвуковой, ультрафиолетовой обработки. Однако в настоящее время эти методы не нашли широкого применения из-за высокой стоимости оборудования, ограниченной эффективности обработки, связанной с наличием в молоке жиров и белков, а также аспектов безопасности.

Для увеличения сроков годности ферментированной молочной продукции общепринятой практикой является использование разрешенных законодательством добавок и консервантов, которые служат эффективными ингибиторами широкого спектра бактерий, а также дрожжей и плесеней. Однако из-за сложившегося отрицательного отношения потребителей к использованию различных добавок и консервантов в составе молочных продуктов их применение производителями может быть ограничено.

Применение бактериоцинов в качестве естественных консервантов в пищевой промышленности соответствует растущему потребительскому спросу на продукты с минимальной обработкой, не содержащие синтетических консервантов.

Однако сложность включения в пищевую матрицу и высокая стоимость очистки ограничивает их коммерческое применение.

Эффективным методом сохранения качества молочной продукции, в том числе сухого молока, сыров, творога и жировых спредов, в течение длительного времени является ее упаковка в модифицированной газовой среде, а также использование таких упаковочных материалов, как полиамид, полипропилен и полиэтилентерефталат, высококарбоновые пленки. Лучший эффект обеспечивает упаковка ферментированной молочной продукции в полипропиленовую тару.

Ключевым и самым эффективным способом, позволяющим контролировать уровень постферментативной активности при производстве и хранении молочной продукции, является подбор штаммов, обладающих низкой постферментативной активностью. Современные методы регулирования постферментативной активности в молочной продукции требуют комплексного подхода, включающего технологию обработки, контроль условий хранения, использование заквасочных культур с низкой постферментативной активностью. Поэтому необходимо проведение дальнейших исследований, направленных на разработку новых концентрированных отечественных бактериальных заквасок прямого внесения, обладающих пониженной постферментативной активностью для производства ферментированной молочной продукции. ■

Поступила в редакцию: 07.05.2025
Принята в печать: 19.09.2025

TECHNOLOGIES THAT EXTEND THE SHELF LIFE OF DAIRY PRODUCTS: A REVIEW

Anna Yu. Duganova¹, Grigory N. Rogov¹, Ninel P. Sorokina¹, Zorigto B. Namsaraev²

¹All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich

²National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow

REVIEW ARTICLE

Dairy products may change their initial composition during storage and transportation. Microbial metabolism affects their sensory properties and reduces their shelf life. The article reviews the current technology and research aimed at increasing the shelf life of dairy products. The study included a comparative analysis of traditional dairy processing methods, such as heat treatment and pasteurization, as well as such innovative technologies as hydrostatic pressure, cold plasma, and pulsed electric fields. Conventional dairy processing methods and innovative technological solutions have various advantages and disadvantages. The storage stability of dairy products depends not only on the processing method but also on the additives, preservatives, bacteriocins, starter cultures, and packaging materials. Additives and preservatives increase the shelf life of fermented dairy products while bacteriocins and protective starter cultures improve the quality, extend the shelf life, and increase the competitiveness of domestic producers. Novel packaging materials preserve the quality of dairy products for a long time. Starter microflora also affects the shelf life of dairy products. Starters with low post-fermentative activity inhibit acid formation during production. The most urgent task that the national dairy industry has to solve is developing its own concentrated bacterial starters for fermented dairy products with low post-fermentation activity. The data obtained can be used to prevent and regulate post-fermentative processes in dairy production.

Keywords: starters, fermented dairy products, shelf life, shelf-life extension, post-fermentative activity

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Guan, Y.** Post-acidification of fermented milk and its molecular regulatory mechanism / Y. Guan [et al.] // International Journal of Food Microbiology. 2024. Vol. 426. 110920. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110920>
2. **Гудков, А. В.** Сыроделие: технологические и физико-химические аспекты / С. А. Гудков. – М.: ДeЛи прнт, 2003. – 800 с.
3. **Deshwal, G. K.** Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products / G. K. Deshwal [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 109. P. 499–512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.057>
4. **Shaker, R. R.** Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk / R. R. Shaker, R. Y. Jumah, B. Abu-Jdayil // Journal of Food Engineering. 2000. Vol. 44(3). P. 175–180. <https://elibrary.ru/aesast>
5. **Зарыцкая, В. В.** Микробиология молока и молочных продуктов / В. В. Зарыцкая Ю. И. Держалопольская. – Благовещенск: ДальГАУ, 2017. – 89 с. <https://elibrary.ru/jypbmz>
6. **Тамим, А. Й.** Йогурт и другие кисломолочные продукты / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон. – СПб.: Профессия, 2003. – 661 с.
7. **Oliveria, M. N.** Effect of milk supplementation and culture on acidification, textural properties and microbiological and microbiological stability of fermented milks containing probiotic bacteria / International Dairy Journal. 2001. Vol. 11(11–12). P. 935–942ю [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00142-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00142-X)
8. **Mahdian, E.** Evaluation the Effect of Milk Total Solids on the Relationship Between Growth and Activity of Starter Cultures and Quality of Concentrated Yoghurt / E. Mahdian, M. Tehrani // American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 2007. Vol. 2(5). P. 587–592.
9. **Wilbey, R. A.** Heat treatment of foods. Principles of Pasteurization / R. A. Wilbey // Encyclopedia of Food Microbiology. Ed by C. A. Batt, M. L. Tortorello. – Academic Pres, 2014. P. 125–155. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00159-2>
10. **Бурак, Л. Ч.** Современные методы консервирования, применяемые в пищевой промышленности. Обзор / Л. Ч. Бурак // The Scientific Heritage. 2022. № 89(89). С. 106–124. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6575888>; <https://elibrary.ru/clhmwh>
11. **Heinz, V.** Food preservation by high pressure / V. Heinz, R. Buckow // Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 2010. Vol. 5(1). P. 73–81. <https://doi.org/10.1007/s00003-009-0311-x>
12. **Челомбитько, М. А.** Применение технологий нетепловой обработки в пищевой промышленности / М. А. Челомбитько. – Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика : Материалы Международной научно-практической конференции. – ФГБОУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, 2019. – С. 388–395. <https://elibrary.ru/tpaclf>
13. **García, D.** Pulsed electric fields cause bacterial envelopes permeabilization depending on the treatment intensity, the treatment medium pH and the microorganism investigated / D. García [et al.] // International Journal of Food Microbiology. 2007. Vol. 113(2). P. 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.07.007>
14. **Hui, Y. H.** Handbook of Food Science, Technology and Engineering / Y. H. Hui, F. Sherkat. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. <https://doi.org/10.1201/b15995>
15. **Аракелян, А. Г.** Анализ целесообразности облучения продуктов питания / А. Г. Аракелян // Научное образование. 2020. № 3(8). С. 204–206. <https://elibrary.ru/yvmoyk>
16. **Oumer, A.** The effects of cultivating lactic starter cultures with bacteriocin-producing lactic acid bacteria/ A. Oumer [et al.] // Journal of Food Protection. 2001. Vol. 64(1). P. 81–86. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.1.81>
17. **Келяшова, Ю.** Опыт применения защитных культур в производстве полутвердых сыров / Ю. Келяшова // Сыроделие и маслоделие. 2017. № 4. С. 38–39. <https://elibrary.ru/zpsbj>
18. **Свириденко, Г. М.** Использование защитных культур. Теоретические аспекты / Г. М. Свириденко, Н. П. Сорокина // Молочная промышленность. 2018. № 8. С. 25–28. <https://elibrary.ru/uvdgfe>
19. **Daly, C.** Technological and health benefits of dairy starter cultures / C. Daly [et al.] // International Dairy Journal. 1998. Vol. 8(3). P. 195–205. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00042-9](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00042-9)
20. **Hutkins, R. W.** Metabolism of Starter Cultures / R. W. Hutkins // Applied Dairy Microbiology. ed. by E. H. Marth, J. L. Steele. – N. Y.: Marcel Dekker, 2001. – P. 207–241.
21. **Bezie, A.** The role of starter culture and enzymes/rennet for fermented dairy products manufacture - a review / A. Bezie, H. Regasa // Nutrition and Food Science International Journal. 2019. Vol. 9. P. 21–27.
22. **Nicosia, F. D.** Technological characterization of lactic acid bacteria strains for potential use in cheese manufacture / F. D. Nicosia [et al.] // Foods. 2023. Vol. 12(6). 1154. <https://doi.org/10.3390/foods12061154>
23. **Vinicio, D. M.** A Review of Selection Criteria for Starter Culture Development in the Food Fermentation Industry / D. M. Vinicius [et al.] // Food reviews international. 2020. Vol. 36(2). P. 135–167. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1630636>
24. **Derkx, P. M.** The art of strain improvement of industrial lactic acid bacteria without the use of recombinant DNA technology / P. M. Derkx [et al.] // Microbial Cell Factories. 2014. Vol. 13(1). P. 1–13. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-s1-s5>
25. **Pedersen, M. B.** The long and winding road from the research laboratory to industrial applications of lactic acid bacteria / M. B. Pedersen [et al.] // FEMS Microbiology Reviews. 2005. Vol. 29(3). P. 611–624. <https://doi.org/10.1016/j.fmrre.2005.04.001>
26. **Comunian, R.** Development and Application of Starter Cultures / R. Comunian, L. Chessa // Fermentation. 2024. Vol. 10(10). 512. <https://doi.org/10.3390/fermentation10100512>
27. **Цисарык, О.** Скрининг технологических свойств природных штаммов молочнокислых бактерий / О. Цисарык, И. Сливка, Л. Мусий // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2017. Т. 19, № 80. С. 88–92. <https://elibrary.ru/ztcjef>
28. **Галиханов, М. Ф.** Влияние активного упаковочного материала на качество молока / М. Ф. Галиханов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2005. № 2–3(285–286). С. 71–73. <https://elibrary.ru/mpwbnv>

**СЫРОДЕЛИЕ
и
МАСЛОДЕЛИЕ**

**Подписка
на журнал**
podpiska.kemsu@mail.ru

