

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МОЛОКА: ОТ ТРАДИЦИИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗВИТИЮ

КОЛОНКА РЕДАКТОРА



Александр Юрьевич Просеков, главный редактор, ректор, д-р техн. наук, д-р биол. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный работник высшей школы РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, председатель Совета ректоров вузов Кемеровской области Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

В молочной отрасли многие процессы кажутся неизменными десятилетиями, но технологии обработки сырья развиваются куда быстрее, чем может показаться на первый взгляд. Физическая обработка молока остается одним из самых традиционных направлений в молочной промышленности. Однако для отрасли, где качество сырья определяет весь дальнейший цикл переработки, методы физического воздействия становятся не просто набором обязательных этапов, а инструментом управления безопасностью, стабильностью и функциональными свойствами продукта. Сегодня, когда рынок стремится к энергоэффективности, более мягким режимам обработки и расширению ассортимента, интерес к обновлению традиционных подходов растет особенно заметно.

Традиционные методы физической обработки молока остаются важной основой, от которых зависит безопасность и стабильность молока. В первую очередь сюда относятся тепловые процессы: пастеризация, ультрапастеризация, стерилизация и термовакуумная обработка. Эти методы обеспечивают обеззараживание сырья, подавление нежелательной микрофлоры и стабильность конечного продукта. Пастеризация остается самым распространенным вариантом благодаря сочетанию эффективности и бережного воздействия. Ультрапастеризация и стерилизация применяются в тех случаях, когда требуется длительный срок хранения. Несмотря на вековую историю данных методов, исследования последних лет подтверждают, что оптимизация режимов все еще актуальна. Например, работа S. Lalwani et al. показывает, что корректировка профиля нагрева позволяет снизить потери витаминов группы В [1]. Термовакуумная обработка позволяет снизить температуру нагрева за счет уменьшения давления, что уменьшает термическую нагрузку на продукт при сохранении его безопасности.

К механическим методам относят нормализацию, гомогенизацию и сепарацию, а также мембранные процессы – микрофильтрацию, ультрафильтрацию и нанофильтрацию. Нормализация помогает привести сырье к заданному уровню массовой доли жира и белка, обеспечивая стабильность технологического процесса. Сепарация используется для разделения молока на фракции и эффективного управления составом. Гомогенизация отвечает за формирование однородной структуры, улучшает стабильность продукта и влияет на его органолептические свойства. Мембранные методы позволяют удалять микроорганизмы, выделять казеиновые и сывороточные белки без теплового воздействия, что делает их востребованными для производства продуктов с заданными функциональными характеристиками. Кроме того, с помощью нанофильтрации и осмоса концентрируют молочный сахар или получают деминерализованную сыворотку. Эти процессы позволяют выпускать новые продукты (концентраты белка, безлактозные молочные напитки и т. п.) и снижать материалоемкость производства.

К числу традиционных операций также относятся выпаривание под вакуумом и сушка. Вакуумное выпаривание применяют для концентрации молока и сыворотки: снижение давления позволяет удалять влагу при относительно низких температурах, сохраняющих свойства белков и других ценных компонентов. Сушка используется для получения сухих молочных ингредиентов, которые отличаются стабильностью, удобством транспортировки и длительным сроком хранения.

В совокупности эти методы образуют проверенный временем набор технологий, обеспечивающий безопасность, стабильность и предсказуемость свойств молочных продуктов. Эти методы уже отработаны, стандартизированы и массово применяются. Однако

новые требования рынка молока и молочных продуктов формируют спрос на альтернативные подходы. Несмотря на растущий интерес, внедрение новых методов физической обработки продвигается медленно, и лабораторные разработки пока редко выходят на уровень реального производства. Большинство предприятий используют те же подходы, которые сформировались десятилетия назад. Это связано тем, что традиционные методы хорошо изучены, надежны и позволяют получать предсказуемый результат в условиях самой разной сырьевой базы. Даже крупные производства, обладая доступом к современному оборудованию, обновляют технологические схемы постепенно, чаще ограничиваясь совершенствованием уже знакомых операций. Тем не менее интерес к новым физическим методам сохраняется.

Один из таких методов – кавитационная обработка. Кавитация используется все шире благодаря способности разрушать клеточные структуры микроорганизмов без существенного повышения температуры. Кроме того, перспективным является гомогенизация молока при помощи кавитации. Исследования показывают, что ультразвуковая кавитационная обработка молока чрезвычайно эффективна для получения однородных эмульсий [2]. Кавитация обеспечивает более мягкие режимы обработки и возможность работать с сырьем, чувствительным к нагреву.

Инфракрасная обработка – еще одно развивающееся направление в области обработки молока, которое активно. Работы последних лет показывают, что инфракрасное излучение позволяет более равномерно прогревать молоко при меньших энергетических затратах, а также снижает риск образования нежелательных привкусов, которые возникают при длительном воздействии высоких температур [3, 4].

Лазерная обработка молока представляет собой перспективный инновационный подход, позволяющий улучшить микробиологические и физико-химические свойства сырья без существенного термического воздействия. Исследования показывают, что воздействие лазерного излучения снижает бактериальную обсемененность, количество сомати-

ческих клеток, повышает термостойкость молока и позволяет корректировать титруемую кислотность в диапазоне 1–30 °Т^{1,2}. Все это помогает повысить хранимоспособность молока, эффективность последующих технологических операций, сохраняя при этом органолептические характеристики молока.

СВЧ обработку применяют для пастеризации и стерилизации в потоковых установках. Преимущества – быстрая инактивация микроорганизмов, снижение термической нагрузки на белки и биоактивные компоненты, сохранение сохраняя вкуса и полезных свойств молока [5]. В 2021 г. СВЧ-комплекс пастеризации молока был запущен на Молочном комбинате «Ставропольский»³. Радиационная (ионизирующая) обработка – один из физических методов, который рассматривается как дополнительный инструмент обеспечения безопасности молочного сырья. В исследованиях последних лет показано, что ионизирующее излучение эффективно снижает микробную нагрузку уже при дозах 1,2–1,4 кГр [6]. При аккуратном подборе доз продукт остается безвредным и безопасным. Международные организации, включая ФАО, ВОЗ и Codex Alimentarius, подтверждают, что технология может применяться в пищевой отрасли при соблюдении регламентов⁴. Несмотря на это, радиационная обработка пока используется ограниченно – главным образом из-за нормативных требований и осторожного отношения потребителей. Тем не менее исследования и экспериментальные проекты указывают, что для продуктов с высокой микробной нагрузкой или длительным сроком хранения этот метод остается перспективным направлением [7].

Импульсные электрические поля – метод, основанный на кратковременном воздействии высоковольтных импульсов, которые нарушают мембранные бактерий. Обработка сильными электрическими полями позволяет добиться инактивации микроорганизмов в сыром молоке. Он позволяет обрабатывать молоко в мягких условиях, почти без нагрева. Исследования показывают, что добавление умеренного подогрева или антибактериальных добавок (например, низина, уксусной кислоты) после ИЭП резко усиливает эффект стерилизации. При этом сам по себе ИЭП не денатурирует молочные белки: концентрация неденатурированного сывороточного

¹Лазерная технология переработки молока [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--80akfo2a.xn--p1ai/2018/05/15/7959/> (дата обращения 20.11.2025).

²Влияние ультраструктурной и лазерной обработки на обсемененность молока-сырья [Электронный ресурс]. <https://moloprom.ru/2017/03/vliyanie-ul-trastrukturnoj-i-lazernoj-obrabotki-na-obsemennost-moloka-syu-ya/> (дата обращения 20.11.2025).

³Ученые ЮФУ начали испытания СВЧ-комплекса пастеризации молока на крупнейшем молочном комбинате Ставрополя [Электронный ресурс]. URL: <https://sfedu.ru/press-center/news/66836> (дата обращения 20.11.2025).

⁴Облучение пищевых продуктов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iaea.org/ru/temy/obluchenie-pishchevyh-produktov> (дата обращения 20.11.2025).

белка и β -лактоглобулина остается на уровне сырого молока, в отличие от классической пастеризации. Эффективное совмещение ИЭП с другими «мягкими» воздействиями обеспечивает стерильность при максимальном сохранении питательности продукта. Иначе говоря, гибридные технологии (электрический импульс + тепло или биоактивные добавки) дают синергетический эффект: они очищают молоко от патогенов и одновременно сводят к минимуму изменения его структуры и вкуса⁵. Пока технология в России находится в стадии тестирования, однако ее перспективность очевидна: такие установки потребляют меньше энергии, чем многие тепловые процессы, и дают возможность сохранить нативный вкус сырья. В дальнейшем эта технология может получить распространение там, где требуется максимальное сохранение нативных свойств молока.

Тренд на гибридные технологии заслуживает отдельного внимания. В исследованиях обсуждаются комбинация ультразвука с другими процессами обработки [8], микрофильтрации и ультразвуковой обработки [9], что отражает перспективность вариативности способов воздействия на молочное сырье.

Обработка высоким давлением (HPP, High Pressure Processing) в последние годы стала одним из наиболее перспективных направлений в физической обработке пищевого сырья, включая молоко и молочные ингредиенты. HPP удаляет микроорганизмы и дрожжи при 4000–6000 бар и нормальной температуре, при этом не происходит разрушение питательных веществ и ингредиентов. Благодаря сочетанию микробиологиче-

ской эффективности и мягкого воздействия на структуру сырья HPP рассматривается как одно из ключевых направлений развития «холодной пастеризации» молочных продуктов. В молочной отрасли данная технология еще не получила должного распространения, но она является перспективной, т. к. ее можно заменить добавление консервантов и тепловую обработку. Кроме того, воздействие высокого давления на молоко влечет за собой изменение структуры казеиновых мицелл [10], что также может быть полезно при создании продуктов с заданными свойствами.

Сегодняшний интерес к физической обработке молока очевиден: он связан не только с повышением требований к качеству и безопасности, но и с трендами в пищевой промышленности. Производителям важно не просто обезопасить продукт, но и сохранить его природные полезные свойства, получив при этом заданные текстуру, вкус и функциональные характеристики. Это создает спрос на технологии, которые воздействуют на сырье максимально бережно и позволяют получать продукты с прогнозируемыми и повторяемыми параметрами.

Для отрасли это означает, что ниша физической обработки остается одной из самых перспективных. На фоне модернизации оборудования, обновления нормативной базы и роста интереса к энергоэффективным решениям физические методы будут только усиливать свои позиции. Это направление объединяет традиции и инновации – и именно в этой точке пересечения формируется будущее молочной переработки. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lalwani, S. Impact of thermal processing on micronutrients and physical stability of milk and cream at dairy production scale / S. Lalwani [et al.] // International Dairy Journal. 2024. Vol. 153. 105901. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2024.105901>
2. Попова, Н. В. Ультразвуковая кавитация как фактор гомогенизации восстановленного молока-сырья и продуктов на его основе / Н. В. Попова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. Т. 3, № 3. С. 44–54. <https://doi.org/10.14529/food150307>; <https://elibrary.ru/uhajdz>
3. Danesi, L. Preliminary investigation towards the use of infrared technology for raw milk treatment / L. Danesi [et al.] // Foods. 2024. Vol. 13(7). 1117. <https://doi.org/10.3390/foods13071117>
4. Azis, R. Application of infrared with different waves and its effect on organoleptic of dairy milk. / R. Azis, M. H. Hakim // Chalaza Journal of Animal Husbandry. 2021. Vol. 6(1). <https://doi.org/10.31327/CHALAZA.V6I1.1385>
5. Mercatante, M. M. Microwave-assisted thermal processing of whole cow's milk: kinetic modelling of vitamin C and colour degradation / M. M. Mercatante [et al.] // International Dairy Journal. 2025. Vol. 167. 106289. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106289>
6. Тимакова, Р. Т. Радиационная обработка молока / Р. Т. Тимакова // Молочная промышленность. 2020. № 5. С. 30–31. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-05-30-31>; <https://elibrary.ru/sbclgs>
7. Мусина, О. Н. Радиационная обработка ионизирующим излучением продовольственного сырья и пищевых продуктов / О. Н. Мусина, К. Л. Коновалов // Пищевая промышленность. 2016. № 8. С. 46–49. <https://elibrary.ru/wmqwox>
8. Singla, M. Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review / M. Singla, N. Sit // Ultrasonics sonochemistry. 2021. Vol. 73. 105506. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2021.105506>
9. Zhang, W. Effects of microfiltration combined with ultrasonication on shelf life and bioactive protein of skim milk / W. Zhang [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. 2021. Vol. 77. 105668. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2021.105668>
10. Будкевич, Р. О. Физические характеристики казеина при обработке высоким давлением в растворе / Р. О. Будкевич [и др.] // Пищевые системы. 2018. Т. 1, № 3. С. 4–12. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-4-12>; <https://elibrary.ru/ybszj>

⁵ Влияние дополнительных методов обработки на эффективность холодной пастеризации молока посредством импульсного электрического поля [Электронный ресурс]. URL: <https://milklife.ru/publication/10993.html> (дата обращения 20.11.2025).