

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ МОЛОКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т.И. Шингарёва, М.А. Глушаков, Е.О. Чупрунова

Рассмотрены различные способы очистки молока-сырья от чужеродных веществ, применяемые на предприятиях молочной промышленности, приведен анализ их эффективности. Установлено, что бактофугирование является эффективным для Беларуси способом предварительной обработки молока, обеспечивающим высокую степень очистки от соматических клеток, споровой микрофлоры и большинства вегетативной. Определены фактические потери молока при бактофугировании.

Введение

Главная задача современного молокоперерабатывающего предприятия – выпуск продукции гарантированного качества, безопасной для потребителя и с удлинёнными сроками годности. При этом важная роль принадлежит качеству исходного молока-сырья, поступающего на молочные предприятия с молочно-товарных ферм или индивидуальных сдатчиков, а также способам его очистки от механических и бактериальных загрязнений.

Несмотря на то, что в области удаления бактерий выполняются разные задачи, все они имеют одну общую цель – максимально возможное снижение количества конкретных микроорганизмов. Традиционно эта задача была актуальной для сыродельной отрасли, однако сегодня в условиях, когда производители в поисках путей повышения хранимоспособности всей молочной продукции делают ставку на современные автоматизированные асептические условия производства, роль качества молока является одним из главных факторов. Для достижения указанных результатов необходимо осуществлять высококачественную механическую и бактериальную санацию молока, включая удаление соматических клеток, имеющих в молоке.

Сегодня для очистки молока от различных чужеродных веществ применяются следующие способы: фильтрация, в том числе микрофильтрация, механическая сепарация, включающая традиционное сепарирование и более эффективное современное бактофугирование, перекисно-катализная обработка, ультразвук, термизация, пастеризация и другие [1, 2].

Результаты исследований и их обсуждение

Широко используемым способом очистки молока от чужеродных веществ, попавших в процессе доения или при хранении молока-сырья, является фильтрование с использованием фильтров различной конструкции. При сравнительной оценке размера отверстий различных фильтрующих материалов и размеров частиц чужеродных веществ молока выявлено, что основная их масса, в том числе и бактериальные клетки, может проходить вместе с молоком через отверстия фильтрующего материала.

Одним из перспективных способов очистки молока является микрофильтрация – концентрация посторонних частиц, в том числе бактерий, с последующим их удалением, которое происходит при пропускании молочного сырья сквозь полупроницаемые мембраны. Бактерии имеют размеры от 1,0 до 10 мкм (гнилостные бактерии — 5–8 мкм, уксуснокислые и флюоресцирующие бактерии — 1–2 мкм, кокки — 0,75–1,25 мкм) с молекулярной массой свыше 500000; дрожжи и плесени имеют размеры от 10,0 до 100,0 мкм с молекулярной массой свыше 500000. Соответственно мембраны, применяемые при микрофильтрации, имеют такой размер пор, при котором эти частицы будут задерживаться – от 0,1 до 5,0 мкм. Процесс микрофильтрации молочного сырья сводит к минимуму высокотемпературное воздействие на белковые вещества молока, так как обработку осуществляют при температурах 50–55°C, что ниже порога денатурации сывороточных белков. В то же время применение мик-

рофилтрации цельного молока затруднительно из-за того, что вместе с бактериями на мембранах задерживается и молочный жир, поэтому на микрофилтрацию, как правило, направляют не цельное молоко, а обезжиренное, осуществляя при этом предварительное разделение молока на сливки и обезжиренное молоко. Применение микрофилтрации в зависимости от условий работы микрофилтрационной установки позволяет сокращать количество бактерий на 2–3 порядка. Однако использование микрофилтрации молока в Беларуси в силу ряда причин, в том числе и экономического характера, не нашло должного применения.

Существует химический способ снижения бактериальной обсеменённости молока – это перекисно-каталазная обработка. Преимуществом этого способа является бактерицидным эффектом не только по отношению к вегетативной, но и к споровой микрофлоре. Недостатком этого метода является селективное действие на различные виды микроорганизмов. Так, перекисно-каталазная обработка не обеспечивает уничтожение бактерий туберкулеза, а также *Brucella abortus* и *Staphylococcus aureus* [2]. В то же время данный химический способ обработки молока требует высокой степени очистки используемых химических реагентов.

Известно, что ингибирующее действие на бактериальную клетку может оказывать и ультразвук – высокочастотные (20 кГц и более) механические колебания упругой среды, не воспринимаемые ухом человека. В момент прохождения ультразвука через жидкость образуются субмикроскопические и микроскопические полости, которые, увеличиваясь в размерах, «втягивают» в себя молекулы газа и парообразную жидкость. В результате в среде создаются области с резкими перепадами давления, что вызывает гибель бактериальной клетки. Бактерицидное действие ультразвука зависит от интенсивности звука, состава дисперсной среды, а также концентрации микробных клеток. При высокой интенсивности звука распад микробных клеток происходит чрезвычайно быстро. Однако наличие в составе молока липидов, углеводов и особенно белков, а также увеличение концентрации микробных клеток снижают бактерицидный эффект ультразвука, поэтому для бактериальной обработки молока использование ультразвука не получило широкого применения.

В последнее время много исследовательских работ посвящается изучению так называемых технологий «холодной переработки». Особый интерес вызывает использование высокого гидростатического давления (ВГД). Поскольку этот метод может использоваться для снижения количества бактерий без оказания какого-либо влияния на такие важные характеристики, как вкус и запах молока. При этом емкости под высоким давлением (в пределах 300–1000 МПа) успешно инактивируют бактерии. Для молочной промышленности важным является еще и тот факт, что ВГД инактивирует также чувствительные к давлению ферменты. Однако применение ВГД – сегодня очень дорогостоящий способ и в Беларуси в качестве альтернативных методов снижения бактериальной санации молока пока не рассматривается.

В связи с длительным хранением молока перед его переработкой при низких положительных температурах (плюс 2–6°C) возрастает вероятность активного развития психотрофной микрофлоры (псевдоманад). Поэтому для обеспечения гибели псевдоманад молоко перед охлаждением все чаще подвергают термизации – нагреванию до температуры 63–67°C с выдержкой от 20 до 25 с. В то же время в связи с присутствием в молоке спорообразующих микрофлоры проводимая термизация оказывает на неё негативное воздействие: вызывает температурный шок, приводящий к образованию термоустойчивых спор, что в дальнейшем может стать причиной пороков молочных продуктов.

Эффективен способ очистки молока от чужеродных веществ с помощью центробежных сепараторов-молокоочистителей. Применение сепараторов для удаления микроорганизмов берет начало с 1970-х годов, когда они впервые использовались для очистки молока, направляемого на выработку сыра. Механическая сепарация чужеродных веществ, в том числе микробных клеток (вегетативных и споровых), из молочного сырья основана на разности плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды:

- цельное молоко – 1,028 г/см³;
- обезжиренное молоко – 1,031 г/см³;
- клетки вегетативных форм бактерий – 1,070–1,115 г/см³;

- аэробные споры – $1,130 \text{ г/см}^3$;
- анаэробные споры – $1,132 \text{ г/см}^3$.

Плотность микроорганизмов несколько превышает плотность молока, поэтому они, как более тяжёлая фаза, под действием центробежной силы выделяются из молока.

На сепараторах-молокоочистителях очистка молока может происходить в интервале температур от 5 до 65°C . При холодной очистке молока его исходные качества сохраняются лучше, однако из-за высокой вязкости молока эффективность удаления микробных клеток ничтожно мала. Последнее объясняется законом Стокса, из которого следует, что скорость осаждения частицы (микробная клетка) в среде (молоко) обратно пропорциональна вязкости среды, а в диапазоне температур от 5 до 65°C вязкость молока изменяется практически в три раза. Необходимо избегать использования при очистке температур от 15 до 50°C , поскольку они благоприятны для роста бактерий. По этой причине температура сепарации при очистке молока должна быть в пределах от 50 до 55°C . Более высокие температуры также не желательны, поскольку в совокупности с интенсивным механическим воздействием вызывают денатурацию молочных белков.

Прорыв в технологиях, использующих центробежную очистку, был совершен в 1980-х годах, когда взамен сепараторов-молокоочистителей была разработана конструкция более мощной центрифуги для удаления бактерий с высокой эффективностью очистки и большой пропускной способностью – бактофуга.

Бактофуги действуют по принципу центробежных очистителей, отличаясь от них более высокой скоростью вращения барабана, большим числом, размером тарелок. При бактофугировании бактерии, собирающиеся в периферийной части барабана бактофуги, постепенно удаляются в виде суспензии, в которой в роли дисперсионной среды выступает обезжиренная фаза молока (обезжиренное молоко). Получаемую суспензию называют бактофугатом (шламом).

В настоящее время на молочных предприятиях Беларуси имеются модели бактофуг с автоматической системой очистки, что позволяет производить разгрузку шламоприемников без остановки оборудования (в течение 15–20 с через каждые 5–10 минут).

В связи с невозможностью в ближайший период свести к минимуму присутствие споровой микрофлоры в молоке, в Беларуси актуальным становится применение бактофугирования молока, которое сегодня находит все большее распространение в молочной промышленности. Использование бактофугирования дает возможность эффективно выделить из молока соматические клетки, вегетативную и споровую микрофлору, что обеспечивает выпуск продукции гарантированного качества, безопасной для потребителя и с удлинёнными сроками годности. Так удаление спор *Clostridium tyrobutyricum* позволяет устранить такой порок, как «позднее вспучивание» сыров в процессе созревания.

В то же время процесс бактофугирования имеет определённые недостатки. Так, по сравнению с обычным сепарированием бактофугирование сопряжено со значительными потерями молочного сырья: количество бактофугата от массы обрабатываемого молока составляет 1–3% и более в зависимости от качества молока или конструктивных особенностей бактофуги. Кроме того, молочные белки, обладая высокой плотностью (около 1300 кг/м^3) и размерами коллоидных частиц, переходят в бактофугат, при этом содержание белков в бактофугате может достигать 13%, что снижает выход белковых продуктов. Общее содержание сухих веществ в бактофугате может достигать 18% [3].

Бактофугирование начало активно внедряться на предприятиях молочной промышленности Беларуси сравнительно недавно. И сегодня эта тенденция охватила не только сыродельную отрасль, но и в целом молочную промышленность. В настоящее время на многих молокоперерабатывающих предприятиях Беларуси бактофугированию подвергается значительная часть поступающего молока-сырья, идущего на производство творога, молока питьевого и другую продукцию.

В процессе работы бактофуг имеют место потери молочного сырья, которые в настоящий период в Беларуси не имеют нормативных критериев, поэтому в работе представляло интерес определить фактические потери сырья на этапе первичной термомеханической обработки молока

при получении обезжиренного молока и сливок (способ 1), и при получении нормализованной молочной смеси и сливок при нормализации в потоке (способ 2). При этом первичная термомеханическая обработка молока включала подогрев молока-сырья, сепарирование и бактофугирование. При анализе технологических потерь в процессе бактофугирования обработку молока осуществляли в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1. В ходе исследований вели учёт количества перерабатываемого молока, бактофугата, пастеризованного обезжиренного молока, пастеризованной нормализованной молочной смеси и сливок.

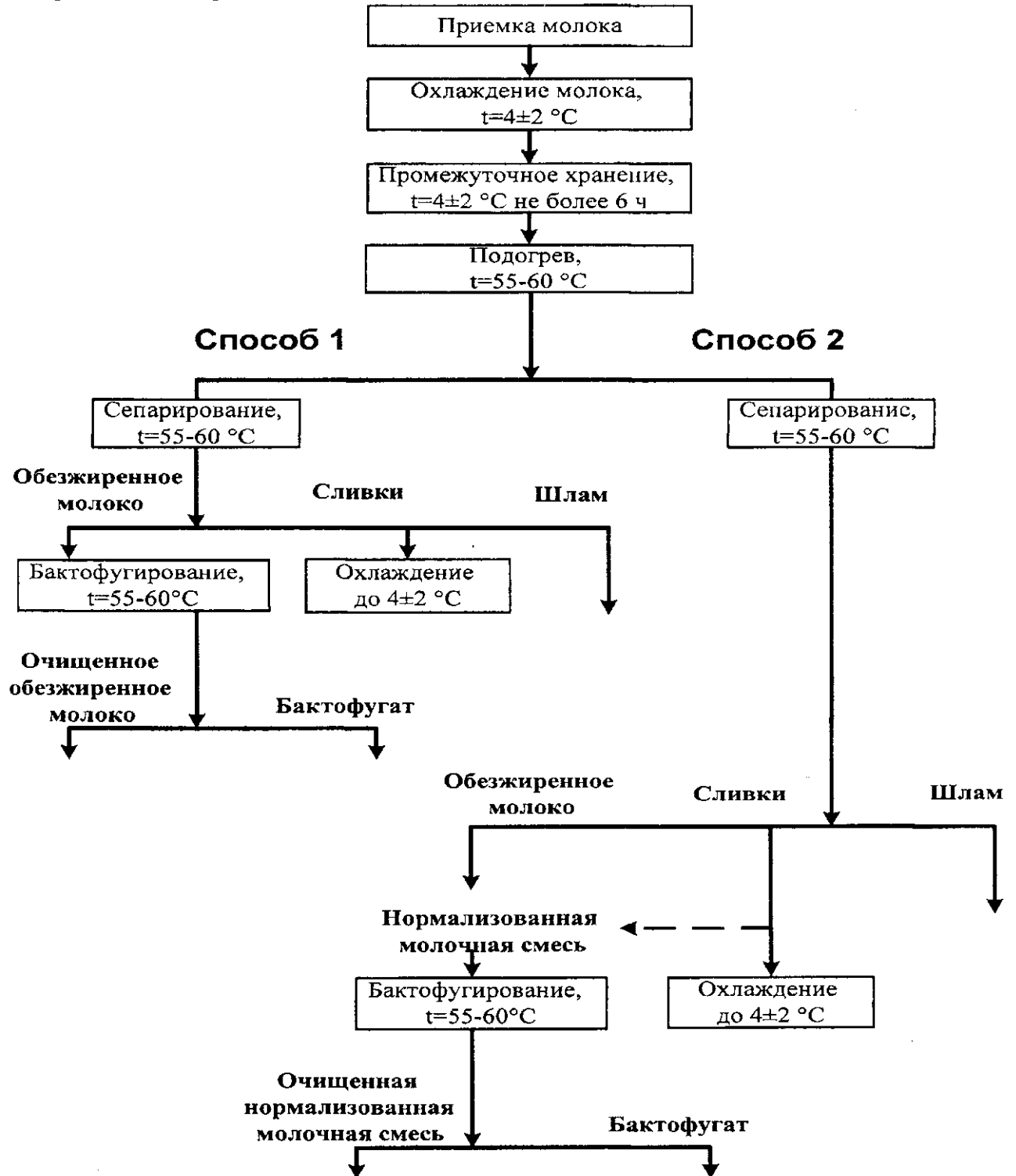


Рисунок 1 – Технологический процесс получения пастеризованного обезжиренного молока (способ 1) и пастеризованной молочной смеси (способ 2) с применением бактофугирования

В молоке-сырье и получаемых продуктах определяли физико-химические показатели: массовую долю жира – кислотным методом Гербера; массовую долю белка – методом Кьельдаля, массовую долю сухих веществ – арбитражным методом высушивания. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели молока-сырья, молочной смеси, обезжиренного молока, сливок и производственные потери при бактофугировании

Объект	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля сухих веществ, %	Масса теоретическая, (расчетная), кг	Масса фактическая, кг	Потери массы, кг	Потери массы, %	Потери жира, %	Потери белка, %	Потери сухих веществ, %
Молоко-сырьё	3,8	3,15	12,3	-	40000	-	-	-	-	-
Способ 1										
Молоко обезжиренное	0,05	3,16	8,70	35708,2	35451,0	257,2	0,72	-	-	-
Сливки	35,0	2,35	41,3	4291,8	4283,0	8,8	0,20	-	-	-
Шлам	3,4	3,60	12,9	-	83,9	-	-	0,19	0,24	0,22
Бактофугат	0,05	20,29	24,7	-	173,0	-	-	0,01	2,79	0,87
Способ 2										
Нормализованная молочная смесь	2,5	3,10	11,00	38400,0	38131,0	269,0	0,70	-	-	-
Сливки	35,0	2,35	41,3	1600,0	1591,0	9,0	0,20	-	-	-
Шлам	3,3	3,51	12,9	-	88,3	-	-	0,19	0,25	0,23
Бактофугат	0,05	19,79	24,3	-	182,6	-	-	0,01	2,38	2,91

Как видно из таблицы 1, при использовании на этапе первичной обработки молока процесса бактофугирования потери молочного сырья, в том числе его составных частей, имеют место на двух этапах: при сепарировании молока-сырья производственные потери составляет шлам; при бактофугировании обезжиренного молока или нормализованной молочной смеси производственные потери составляет бактофугат. При этом в массовом выражении на долю бактофугата приходится 65–70%, остальную часть составляет шлам из сепаратора.

Общие производственные потери на этапе первичной обработки с применением бактофугирования составляют для молока обезжиренного 0,72%, для нормализованной молочной смеси – 0,70%, для сливок – 0,20%. Как видно, установленные фактические потери оказываются более

низкими по сравнению с потерями, встречающимися в различных источниках.

Сравнительный анализ состава шлама из сепаратора и бактофугата указывает на существенные различия между ними по характеру потерь составных частей молочного сырья. Так, содержание жира в шламе (3,3–3,4%) сопоставимо с аналогичным показателем в исходном молоке (3,8%). В то же время в бактофугате содержание жира не превышает 0,05%. Из представленных данных следует, что основные потери молочного жира происходят при сепарировании исходного молока и практически отсутствуют на этапе бактофугирования. Обратная тенденция наблюдается при оценке потерь белков и сухого молочного остатка: содержание белков в бактофугате составляет около 20%, что на треть превышает значения, приводимые в известных литературных источниках.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлены фактические потери молочного сырья на этапе его первичной термомеханической обработки с применением такого способа очистки молока-сырья, как бактофугирование, ранее не используемого в Беларуси. При этом в ходе работы установлены существенные отклонения исследуемых параметров (потери сырья с бактофугатом, количественный и качественный состав бактофугата) от значений, приведенных зарубежными исследователями [3]. Это говорит о необходимости проведения дальнейших исследований для установления значимых критериев, существенно влияющих на процесс первичной термомеханической обработки молока-сырья, включающий бактофугирование, что позволит установить нормативные потери сырья с учетом его бактофугирования.

Заключение

В последние годы для Беларуси актуальным является использование первичной термомеханической обработки молока, включающей его бактофугирование. Сравнивая способы очистки молока-сырья, можно заключить, что бактофугирование является эффективным способом первичной обработки молока, так как позволяет эффективно решать проблему его микробиологической очистки. Однако с применением бактофугирования возрастают потери молочного сырья, на которые оказывает влияние ряд факторов. Требуются дальнейшие исследования для выявления степени влияния данных факторов и разработка нормативных потерь сырья на первичную термомеханическую обработку молока, включающую его бактофугирование.

Литература

- 1 Гудков, С.А. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под редакцией С.А. Гудкова. – М.: Дели принт, 2003. – 627 с.
- 2 Шингарева, Т.И. Производство сыра: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Технология хранения и переработки животного сырья» /Т.И. Шингарева, Р.И.Рамаукас. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 384 с.
- 3 Колесникова, С.С. Отделение бактерий из молока центрифугированием // Молочное дело, 2008.– № 1.

Поступила в редакцию 16.12.2010