

Take the Best – Separate the Rest



**Центрифуги
для очистки
молока
и удаления
бактерий**

Центрифуги для очистки молока и удаления бактерий

Научно-техническая документация No. 12
Третье издание 2003 г.

Содержание

1 Введение	стр. 5
2 Очистка молока.....	5
2.1 Технология очистки молока	5
2.2 Эффективность очистки сепараторов для молока	12
2.3 Удаление бактерий <i>Listeria</i> из сырого молока	12
2.4 Эффективность очистки молока в определенных условиях	13
2.5 Резюме	13
2.6 Центрифуги для очистки молока	13
2.6.1 Принцип действия	13
2.6.2 Типы и производительность	15
2.7 Метод измерения эффективности очистки	15
3 Центробежная очистка молока от бактерий	16
3.1 Введение	16
3.2 Удаление бактерий из молока для сыроделия	17
3.2.1 Принципы	17
3.2.2 Варианты технологического процесса	20
3.2.2.1 Одноступенчатое удаление бактерий	20
3.2.2.2 Двухступенчатое удаление бактерий	23
3.3 Удаление бактерий из питьевого молока	24
3.4 Варианты очистки молочной сыворотки	26
3.5 Варианты технологического процесса удаления бактерий	28
3.5.1 Избирательное использование фаз	28
3.5.2 Удаление бактерий при минимальном удалении концентрата	29
3.6 Особые случаи удаления бактерий	30
3.6.1 Удаление бактерий из концентрата сыворотки	31
3.7 Альтернативные процессы	32
3.7.1 Удаление бактерий с использованием фермента лизоцима	32
3.8 Центрифуги для удаления бактерий	32
3.8.1 Принцип действия	32
3.8.2 Типы и производительность	33
3.9 Определение эффективности очистки	33
4 Библиография	37

1 Введение

Чтобы соответствовать требованиям национальных и международных нормативных документов по молоку, пастеризация, кратковременная высокотемпературная обработка и стерилизация питьевого молока допускается только после соответствующей очистки. Кроме того, существуют многочисленные стандарты, определяющие качество готовых молочных продуктов и полуфабрикатов, которые создают основу для использования эффективных центробежных очистителей и/или центрифуг для удаления бактерий.



Рис. 1. Технологическая линия с очистителями и сепараторами для молока

Сырое молоко содержит такие нежелательные компоненты как частички загрязнений и крови, клетки вымени и, конечно, всю бактериальную флору.

До настоящего времени нет достаточной информации о процентном составе веществ немолочной природы (NMS) в сыром молоке и о составе молочного осадка. Одно из заявлений приводится ниже.

«Осадок, который образуется после центрифугирования, может составлять от 0,005% до 0,1% объема молока. Он содержит микроорганизмы, в числе которых могут быть и патогенные микробы; в нем примерно из 2/3 воды и 1/3 азотосодержащих соединений и других органических компонентов, 3% минеральных веществ.»¹⁾

В этой технической документации эффективность очистки и сепарации объясняется в зависимости от используемых на практике технологических процессов. Также дается объяснение состава фаз, непрерывно выгружаемых из используемых в технологическом процессе очистителей и центрифуг для удаления бактерий, как и условий, в которых они могут использоваться.

2 Очистка молока

2.1 Технология очистки молока

Для получения точной информации об осадке саморазгружающихся центрифуг при очистке молока были проведены обширные исследования. Изучались образцы из различных регионов, производящих молоко, где используются центрифуги различной производительности. Благодаря этому был обеспечен репрезентативный анализ.

На всех центрифугах выполнялись операции частичной выгрузки осадка. Время между двумя последовательными операциями частичной выгрузки выбиралось таким образом, чтобы сухое вещество осадка составляло 14-16%. Это давало относительно небольшую вязкость даже при низких температурах молока.

Такой подход гарантировал удаление всего молочного осадка при каждой частичной выгрузке. Благодаря этому исключалось образование корки из остатков молочного осадка в центрифуге даже при продолжительной эксплуатации.

Результаты исследований представлены на рис. 2.

Рис. 2. Результаты анализа молочного осадка

Общее количество сухого вещества (DM)	14 – 16% (абс.сух.в-во)
Состоящее из:	
Общее количество белка:	6-8 %
Жир:	0.25 – 0.35 %
Лактоза:	прибл. 4.7 %
Вещества немолочной природы (NMS):	1.5 – 3 %

Значения, приведенные на рис. 2, получены с учетом следующих допущений:

- При частичных выгрузках удалялось 0,05-0,1% от объема сырого молока на входе.
- Температура очистки составляла 45-55 °С.

Подробное объяснение важности температуры очистки будет дано позднее в тексте этого документа.

Количество веществ немолочной природы (NMS) в сыром молоке может быть рассчитано из вышеприведенных данных, допуская в первом приближении, что процентное содержание абсолютно сухого вещества немолочной природы равно процентному количеству таких веществ по объему.

$$NMS_{\max} = \frac{0.1 \times 3}{100} = 0.003 (\%)$$

$$NMS_{\min} = \frac{0.05 \times 1.5}{100} = 0.00075 (\%)$$

Молочный осадок, помимо прочего, содержит белки. Такие абсолютные потери белка с выгруженным молочным осадком могут быть рассчитаны следующим образом:

$$E_v = \frac{A \times E_{sch}}{100}$$

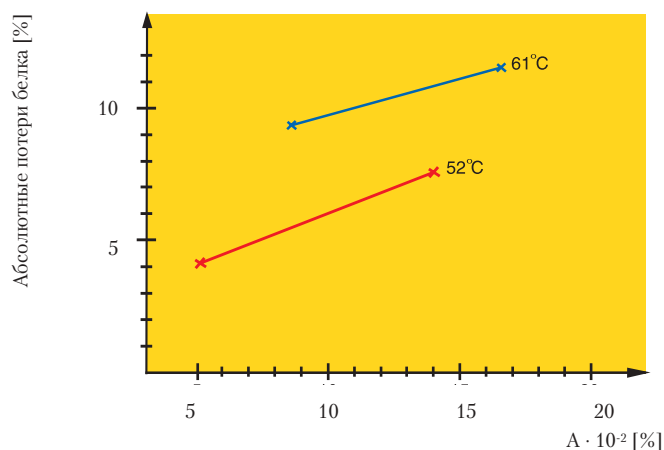
E_v = Абсолютные потери белка [%]
 A = Количество молочного осадка относительно объема сырого молока
 E_{sch} = Абсолютное количество белков в молочном осадке

Следующие факторы определяют уровень потерь белка:

- Количество осадка, удаляемого при частичной выгрузке, и время между двумя операциями частичной выгрузки (периодичность выгрузки).
- Отношение количества молочного осадка к объему подачи сырого молока должно находиться в пределах от 0,05 до 0,1%.
- Температура сепарации
Температура около 50 °С не оказывает существенного влияния на абсолютные потери белка. Они резко возрастают только при температуре выше 55 °С.

На рис. 3 потери белка представлены, как функция количества осадка и температуры на нескольких примерах.

Рис. 3 Потери белка как функция количества осадка и температуры



Вполне реально снизить потери белка до 0,005%.

Температура молока не влияет на эффективность очистки. Рекомендуемые температуры: интервал между 8 °C и 15 °C, или между 52 °C и 58 °C.

Такие температурные рамки установлены по следующим соображениям:

- В диапазоне температур от 15 °C до 35 °C существует наибольшая вероятность деградации жиров 2). Это связано с увеличением количества свободных жиров (FF) при механическом воздействии на молоко (например, со стороны насосов). Липазы остаются активными приблизительно до 50 °C.
- Для того, чтобы исключить увеличение количества бактерий, поскольку, чисто теоретически, оптимальным температурным интервалом для роста бактерий будет 30-45 °C.

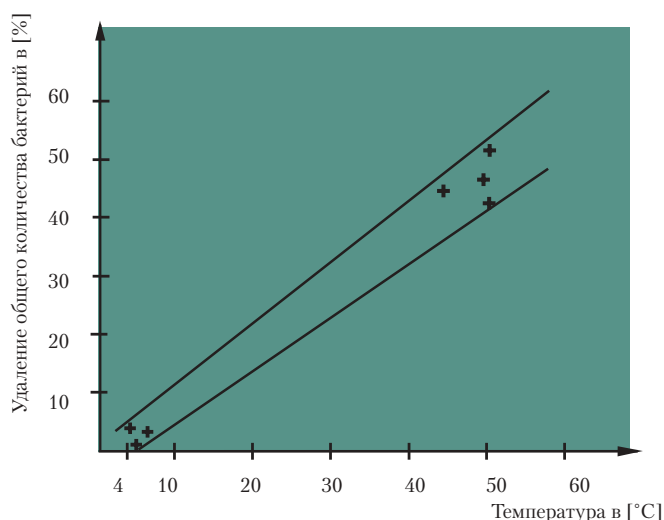
Вопрос о фактическом увеличении количества бактерий в центрифуге выходит за рамки обсуждения из-за недостатка времени. Их рост возможен только в одном месте технологического процесса – в молочном осадке.

Такой риск можно исключить. Как уже отмечалось, температура обработки не должна быть оптимальной для развития бактерий.

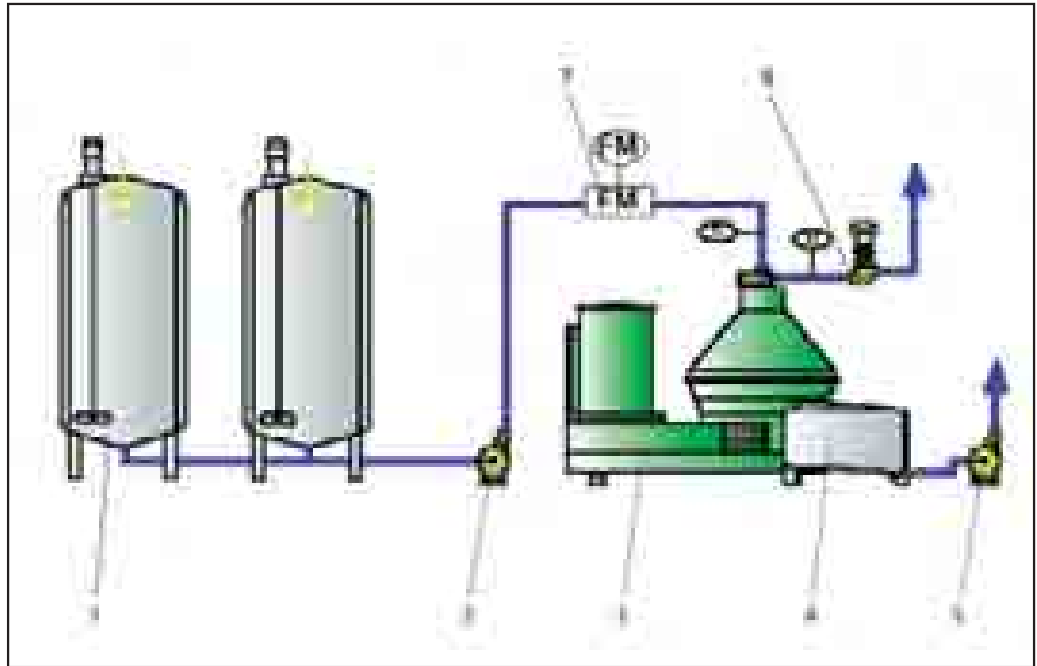
Существуют бактерии, которые размножаются при относительно низких температурах. В этом случае большие скорости размножения в центрифуге исключаются благодаря частичным выгрузкам, при которых молочный осадок удаляется из процесса на ранних стадиях, и времени на распространение просто нет.

Новые исследования на современных очистителях для молока показали, что, вопреки предшествующим заявлениям, очень значительное общее количество бактерий удаляется вместе с молочным осадком. Однако, как показано на рис. 4, такой результат можно получить только при очистке молока при соответствующей температуре.

Рис. 4 Снижение общего количества бактерий при использовании современных саморазгружающихся очистителей для молока как функция температуры молока



Предлагаемые схемы установок центробежных очистителей приведены на рис. 5 и 6.

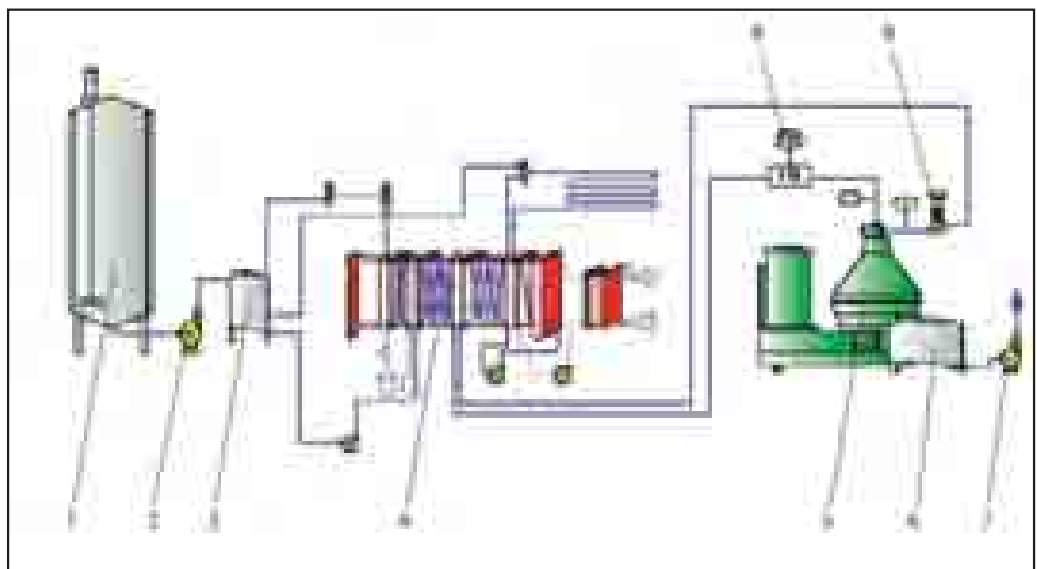


1 Накопительный танк
2 Насос
3 Очиститель

4 Емкость для осадка
5 Насос
6 Клапан постоянного давления

7 Датчик расходомера

Рис. 5 Холодная очистка сырого молока



1 Накопительный танк
2 Насос
3 Уравнительный танк

4 Теплообменник
5 Очиститель
6 Емкость для осадка

7 Насос
8 Клапан постоянного давления
9 Датчик расходомера

Рис. 6 Теплая очистка сырого молока

Фильтры для очистки молока часто рассматривают как альтернативу центробежным очистителям.

Если фильтр средних размеров для очистки молока и центробежный очиститель обладают одинаковой эффективностью сепарации, то такое заявление обосновано. Чтобы достичь эффективности центробежного очистителя, размер отверстий фильтра должен быть ≤ 25 мкм ³⁾. При размерах пор 25 мкм даже фильтр толщиной 1 мм создаст высокое гидравлическое сопротивление. При падении пропускной способности или при достаточно высоком давлении насосов для перекачки молока уже отфильтрованные частички пыли будут продавлены через фильтр и останутся в сыром молоке.

Ниже приводятся расчеты теоретической толщины фильтрата через один час работы очистной установки средних размеров. Для переработки с пропускной способностью 10000 л/час на практике потребуется площадь фильтрации 0,5 м². Среднее содержание сухого вещества в слое фильтрата составит примерно 40% (абс.сухое в-во).

Отсюда получаем следующую теоретическую толщину слоя фильтрата.

Максимальная толщина слоя фильтрата через один час:

$$FS_{hmax} = \frac{NMS_{max} \cdot Q_{zu}}{TS_{FS}} \cdot 100 \cdot \frac{1}{FS_0} \quad \left[\frac{\% \cdot \text{дм}^3}{\% \cdot \text{час} \cdot \text{дм}^2} \right]$$

$$FS_{hmax} = \frac{0.003 \cdot 10\,000}{100 \cdot 40} \cdot 100 \cdot \frac{1}{50}$$

$$FS_{hmax} = 0.015 \text{ дм/час}$$

$$FS_{hmax} = 1.5 \text{ мм/час}$$

FS_h = Толщина слоя фильтрата [дм]

NMS = Вещства немолочной природы [%]

Q_{zu} = Количество сырого молока [л/час]

FS_0 = площадь фильтра [дм²]
= площадь поверхности фильтрата [дм²]

TS_{FS} = Сухое вещество в слое фильтрата [%]

Minimum filtrate layer thickness after one hour:

$$FS_{hmin} = \frac{0.00075 \cdot 10\,000}{100 \cdot 40} \cdot 100 \cdot \frac{1}{50} \quad \left[\frac{\% \cdot \text{дм}^3}{\% \cdot \text{час} \cdot \text{дм}^2} \right]$$

$$FS_{hmin} = 0.375 \text{ мм/час}$$

На основании этих расчетов можно принять срок службы фильтра от 3/4 часа до 2,5 часов. Здесь не учитывается тот факт, что помимо веществ немолочной природы в слое фильтрата также оседают компоненты молока. Такое предположение было подтверждено исследованиями на практике.

Приведенные ниже данные были взяты из исследовательского проекта, выполненного Федеральным институтом изучения молочных продуктов, Киль, Германия.

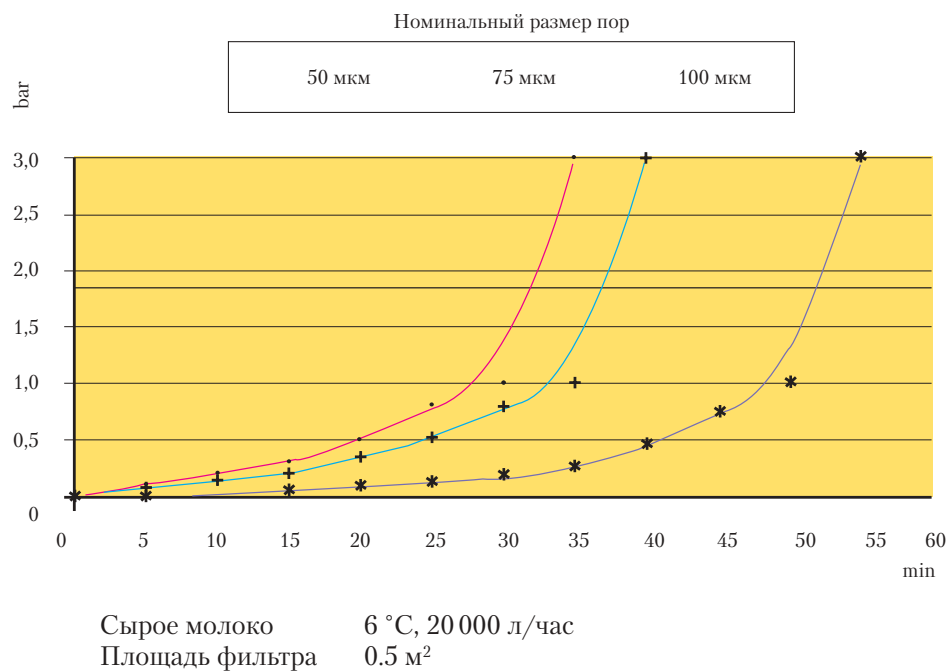


Рис. 7 График роста давления на войлочных фильтрах

Образец сырого молока	[%]	100 мкм	75 мкм	50 мкм
Перед фильтром	Сухое вещество	12.15	12.35	12.15
	Белки	3.13	3.22	3.14
	Жиры	4.10	4.18	4.15
	Осадок	0.00233	0.00260	0.00200
За фильтром	Сухое вещество	12.09	12.45	12.13
	Белки	3.12	3.21	3.12
	Жиры	4.10	4.18	4.15
	Осадок	0.00190	0.00205	0.00153
	Скорость фильтрации	18.5	21.2	23.5

Рис. 8 Определение эффективности очистки для войлочных фильтров с номинальным размером отверстий 100 мкм, 75 мкм и 50 мкм

Из-за небольшого эксплуатационного ресурса необходимо использовать набор фильтров. За таким набором фильтров должны устанавливаться «защитные фильтры».

В то же время следует принять во внимание серьезные недостатки, связанные с использованием набора фильтров для очистки молока.

- Через короткое время «свежее» сырое молоко будет прокачиваться через слой загрязнений. Поток молока будет снова захватывать мелкие частицы уже отфильтрованных загрязнений. Нельзя исключить опасность повторного бактериального заражения в пленке загрязнений.

- При фильтрации отфильтрованный осадок остается в потоке молока в течение нескольких часов. Следовательно, растущая бактериальная флора может повторно инфицировать молоко.
- Кроме того, следует учитывать изменения бактериальной флоры в подаваемом молоке. «Качественное» молоко, поступившее позднее, может быть заражено бактериальной флорой, присутствующей в отфильтрованном осадке. Такая проблема не существует для саморазгружающегося сепаратора для молока, поскольку молочный осадок удаляется с заданной периодичностью.
- Едва ли возможно контролировать разрывы фильтровальной ткани. Но даже небольшие разрывы могут создать серьезные проблемы.
- Для безопасной эксплуатации больших наборов фильтров необходима высокая степень автоматизации. С другой стороны, центрифуги легко интегрируются в систему, и для них не существует риска «неправильного соединения».
- Существует проблема удаления использованных фильтровальных рукавов. В своем большинстве они изготавливаются из пластика и не могут сжигаться. По соображениям экологии, их сначала следует обработать в кипящей воде, а затем вывезти на предприятие по переработке специальных отходов.

В то же время осадок центрифуги после кипячения может направляться прямо в установку нейтрализации или на очистные сооружения.



Рис. 9 Очистка и нормализация молока

В заключение можно сказать, что:

- Количество составных компонентов молока, например, белков, лишь незначительно снижается из-за выгрузки осадка (на тысячные доли процента). Различия при сравнительных измерениях содержания компонентов сырого и очищенного молока не отмечены. Здесь приводятся лишь расчетные теоретические значения.
- Фильтры лишь приближаются по своей эффективности к центрифугам, если иметь в виду их срок службы, составляющий один час.
- С бактериологической точки зрения саморазгружающиеся центрифуги надежны и не создают проблем. С фильтрами нельзя исключить проблем такого рода.
- Эксплуатационная безопасность центрифуги существенно выше, чем у фильтров, в особенности, у набора фильтров.

2.2 Эффективность очистки сепараторов для молока

Во многих отраслях молочной промышленности обычной практикой является сочетание очистки и сепарации сырого молока.

При этом до сих пор невозможно разработать молочные сепараторы, эффективность очистки у которых достигала бы показателей классического очистителя. Наши собственные обширные исследования последних лет показали, что только 30-50% веществ немолочной природы может быть выделено из молока в молочных сепараторах и удалено при частичной выгрузке. Эффективность сепарации соматических клеток является ясным и легко определяемым индикатором эффективности очистки сепаратора.

На рис. 10 показана характеристика сепарации соматических клеток при помощи сепараторов-сливкоотделителей.

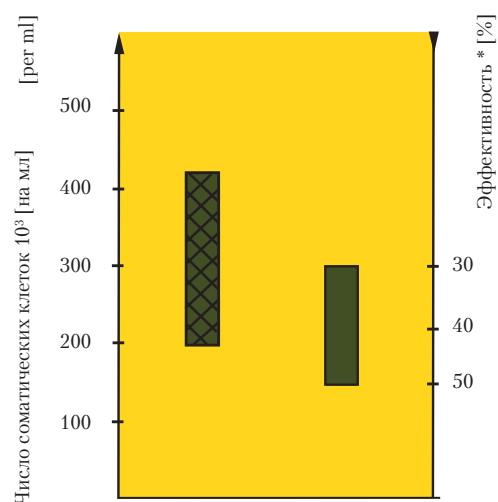
Рис. 10 Сепарация соматических клеток в молочном сепараторе

$$\eta = \frac{SZ_0 - SZ_1}{SZ_0} \cdot 100$$

SZ = Соматические клетки

■ Подача (0)

■ Выгрузка (1)



Низкую эффективность сепарации можно объяснить тем, что путь сепарации для «загрязняющих частиц» в пакете тарелок молочного сепаратора значительно короче, чем в очистителе.

Этот факт будет более подробно объяснен в разделе 2.6.1 «Принцип действия центрифуг для очистки молока».

2.3 Удаление бактерий *Listeria* из сырого молока

Проблематика *Listeria* сегодня широко известна. Бактерии *Listeria* имеют большое сходство с лейкоцитами, т.е. одной из составляющих соматических клеток. Бактерии *Listeria*, окруженные «лейкоцитами», обладают довольно высокой термоустойчивостью. С другой стороны, свободные бактерии *Listeria* могут быть уничтожены при температуре пастеризации.

Чтобы исключить возможные затруднения с бактериями *Listeria*, необходимо удалить максимальное количество соматических клеток, имеющихся в молоке, по двум причинам:

- Лейкоциты, окружающие бактерии *Listeria*, будут удалены.
- Кроме того, бактерии *Listeria*, незащищенные лейкоцитами, которых просто нет, не будут, таким образом, термоустойчивыми. Последующая пастеризация уничтожит любые бактерии *Listeria*, все еще оставшиеся в молоке.

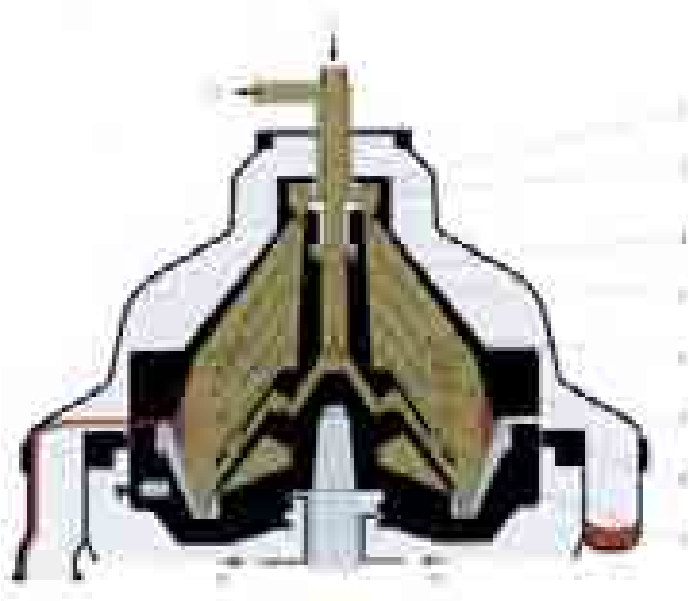
Очистка сырого молока в центробежных очистителях также рекомендуется по вышеупомянутым причинам.

2.4 Эффективность очистки молока в определенных условиях	<p>Удаление мелких частичек волоса из сырого молока используется в данном случае в качестве примера универсальности подхода к очистке молока.</p> <p>Испытания и исследования, проведенные в Университете штата Висконсин, показали, что примерно в 70% проверенных сыров и примерно в 40% питьевого молока были обнаружены семь различных типов волоса.</p> <p>В данном случае преимущество очистки теплого молока состоит в том, что из него были полностью удалены частички волос. При очистке холодного молока лишь примерно 50% волоса были удалены.</p>
2.5 Резюме	<p>Проведенные испытания показали, что очистке теплого молока, например, при 50-55 °С, следует отдать предпочтение по сравнению с очисткой холодного молока.</p> <p>Это обусловлено тем, что, например, значительная часть общего количества бактерий, а также такие частицы, как измельченные соломинки и волоски, будут удалены.</p>
2.6 Центрифуги для очистки молока	<p>Для очистки молока применяются, главным образом, очистители с саморазгружающимся барабаном.</p>
2.6.1 Принцип действия	<p>В конструкции очистителей для молока, поставляемых сегодня компанией Вестфалия Сепаратор, предусматривается, как правило, мягкий режим подачи или гидрогерметичная система (рис. 11).</p> <p>Очищаемое молоко подается с заданным расходом через центральный впускной патрубок (1) во впускную камеру (4), которая вращается со скоростью барабана. Энергия потока в неподвижном впускном патрубке превращается в энергию давления во впускной камере с оптимальными размерами. Подача (7) в пакет тарелок (5) дросселируется таким образом, чтобы нижняя часть центрального впускного отверстия (4) была заполнена. Чтобы не допустить разрыва потока непосредственно перед пакетом тарелок, за первым дросселем установлены еще несколько штук.</p> <p>Таким образом, исключается образование вакуума (разрыв потока) и сдвиговые нагрузки. Очищаемое молоко движется от центра через направляющую тарелку (9) к восходящим каналам (6) пакета тарелок.</p> <p>Многочисленные параллельно расположенные между тарелками пакета отдельные области сепарации делят поток молока на множество тонких слоев. Этим обеспечивается минимальный путь осаждения. Твердые частицы можно считать извлеченными при достижении ими нижней поверхности расположенной сверху тарелки. Здесь поток жидкости очень мал и, таким образом, частицы не увлекаются течением, но скользят от центра под действием центробежных сил. Они выходят из области сепарации с края тарелки.</p> <p>Диаметр самой мелкой удаляемой частицы, которая может быть определенно удалена на пути сепарации (I-II), называется предельным диаметром. Отдельная область сепарации показана на рис. 12.</p>

На рис. 11 дано схематическое изображение очистителя для молока.

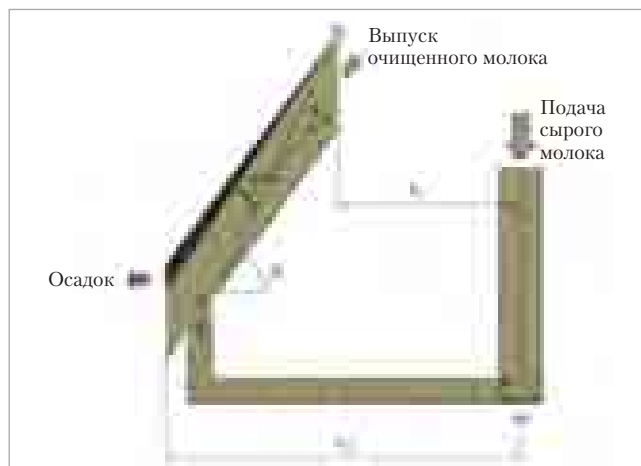
Рис. 11 Сечение барабана очистителя MSD 60-06-076

- 1 Питающий патрубок
- 2 Центростремительный насос
- 3 Камера центростремительного насоса
- 4 Впускная камера
- 5 Пакет тарелок
- 6 Восходящие каналы
- 7 Подача в пакет тарелок
- 8 Шламовое пространство
- 9 Направляющая тарелка
- 10 Камера закрывающей воды
- 11 Канал открывающей воды
- 12 Выпуск очищенного молока



Очищенное молоко движется к центру в камеру центростремительного насоса (3) и выпускается без образования пены под давлением из барабана центрифуги при помощи центростремительного насоса (2). Загрязнения скользят к периферии и скапливаются в шламовом пространстве (8) двойной конической формы. В случае саморазгружающихся центрифуг гидравлическая система (10, 11) выгружает твердые вещества из барабана с установленной периодичностью. Разгрузка барабана выполняется на его полной скорости.

Рис. 12 Отдельная область сепарации

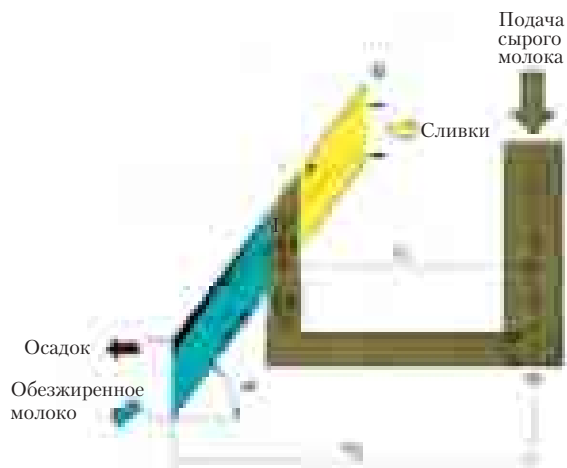


Как отмечалось в главе 2.2, эффективность очистки сепараторов-сливкоотделителей существенно хуже, чем у очистителей. Это связано, главным образом, с более коротким путем осаждения.

Соответствующие пути сепарации (I-II) на рис. 13 для удаления «частиц загрязнений», как правило, составляет лишь 1/4 пути сепарации (I-II), показанного на рис. 11. Следовательно, в выходящих сливках будет высокое содержание частиц немолочной природы. Затем, когда сливки снова смешиваются с молоком, эти частицы немолочной природы попадают обратно в молоко.

На рис. 13 показана отдельная межтарелочная область сепаратора-сливкоотделителя.

Рис. 13 Отдельная межтарелочная область сепаратора-сливкоотделителя



2.6.2 Типы и производительность

Типы и производительность очистителей для молока приведены ниже на рисунках.

Рис. 14 Типы и производительность очистителей для молока с саморазгружающимся барабаном

Тип	Номинальная производительность макс. [л/час]
MSB 7-06-076	4.000
MSD 20-06-076	15.000
MSD 45-06-076	20.000
MSD 60-06-076	30.000
MSE 140-06-076	40.000
MSE 300-06-077	60.000
MSE 500-06-077	90.000

Если будут очищаться другие продукты, а не сырое молоко, соответствующие показатели производительности будут предоставлены по требованию.

2.7 Метод измерения эффективности очистки

Следующий метод может использоваться для определения степени очистки молока.

1 литр молока пропускается через подходящий ватный или тканевый фильтр. Частицы загрязнений застревают и остаются на фильтре. После высушивания фильтр сравнивается с образцами американского стандарта.

Предусмотрена следующая классификация:

A – 7,5 мг; B – 15 мг; C – 22,5 мг; D – 32,5 мг,

где класс C, например, соответствует уровню загрязнений макс. 0,00225% относительно объема молока.

Другим возможным методом определения «эффективности очистки» является изменение количества соматических клеток (SC).

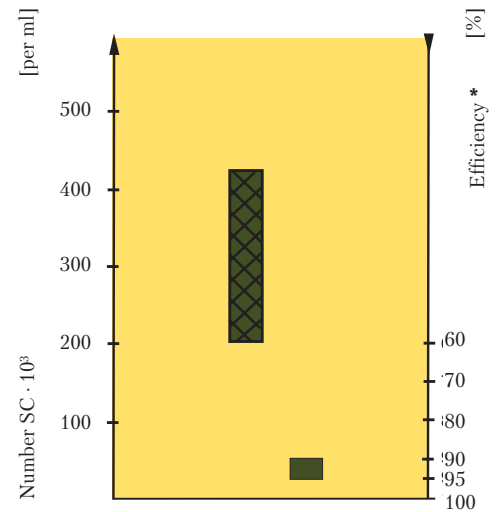
На рис. 15 показаны результаты, полученные на очистителях для молока

Рис. 15 Сепарация соматических клеток в очистителе для молока

$$* = \frac{SZ_0 - SZ_1}{SZ_0} \cdot 100$$

SZ = Соматические клетки

-  Feed (0)
-  Discharge (1)



Сравнение с рис. 10 показывает, как велико различие при очистке молока в зависимости от того, используется ли сепаратор или очиститель для молока.

3 Центробежная очистка молока от бактерий

3.1 Введение

Первые попытки центробежной очистки от бактерий можно отметить в 1950-х годах. Однако успех на промышленном уровне пришел лишь в 1970-х годах при удалении бактерий из молока для сыроделия. Прорыв в этих технологиях был совершен в 1980-х годах. Основой для него стала разработка центрифуги для удаления бактерий с высокой эффективностью очистки и большой пропускной способностью макс. 25000 л/час.

В последние годы центрифуги для удаления бактерий с успехом используются и в других отраслях молочной промышленности.

Хотя в области удаления бактерий выполняются различные задачи, но все они имеют одну общую цель «максимально возможное снижение количества отдельных конкретных микроорганизмов в молоке путем центрифугирования». Так, например, сегодня спорообразующие микроорганизмы могут создать большие проблемы при переработке молока. В производстве питьевого молока аэробные спорообразующие микроорганизмы (*Bacillus cereus*) снижают показатели сохранности из-за свертывания сладкого молока. В случае производства сухого молока, в особенности, из продуктов с «низкотемпературной обработкой» порчу продуктов вызывают аэробные и анаэробные спорообразующие микроорганизмы (*Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*).

При определенных условиях удаление бактерий обеспечивает сохранность продуктов из мягкого сыра, например, когда так-называемые аскоспоры плесени *Byssoschlamys nivea* или *Byssoschlamys fulva* оказывают негативное влияние на качество.

Удаление бактерий имеет особое значение в переработке сыворотки, когда необходимо получить белки сыворотки в виде концентрата сывороточного белка из очищенной и отсепарированной сыворотки методами ультрафильтрации. Из-за большого времени пребывания продукта внутри установки при оптимальной для их развития температуре, можно ожидать резкого увеличения количества бактерий.

Нам известны стандарты качества, согласно которым, например, количество анаэробных спор не должно превышать 5 спор/г в 80% концентрате сывороточного белка.

Из сказанного очевидно, что удаление бактерий при центрифугировании может решить проблемы, связанные с повышением требований к качеству.

Обезжиренное молоко также может перерабатываться в высококачественный казеин / казеинат бактериологически безупречного состава.

Анаэробные спорообразующие микроорганизмы, участвующие в ферментации лактата, которые не были уничтожены при обычном нагревании молока, могут вызвать образование масляной кислоты в сыроделии. В последние годы особое внимание было уделено спорообразующему штамму *Clostridium tyrobutyricum*, вызывающему вспучивание сыра⁵⁾.

Молочнокислые бактерии⁶⁾ также следует удалить при производстве так называемого сыра из сырого молока, поскольку в ходе всего процесса молоко не нагревается выше 50 °С, и, таким образом, молочнокислые бактерии, которые могут вызвать порчу сыра, не уничтожены.

3.2 Удаление бактерий из молока для сыроделия

3.2.1 Принципы

На рис. 16 показаны места и пути распространения *Clostridia tyrobutyricum*. На рис. 17 приведены примеры распространения *Clostridia* в сыром молоке и соответствующие метаболические характеристики.

↓ Путь <i>Clostridia tyrobutyricum</i>	Защита от вспучивания		Место
Почва	Химический:	Муравьиная, пропионовая кислота и т.д.	
Силос *)	Биологический:	завяливание, кукуруза, инокуляция, отказ от использования силоса	
Рубец, фекалии, сырое молоко		Гигиена работы с молоком	Производитель молока
Котловое молоко	Физический:	Центрифуга	
	Химический:	Каталаза	
Сыр *)	Химический:	Нитрат, лизоцим, ризин	Молочная ферма
Вспучивание	Микробиологический / Технологический:	рН, соль, температура	
*) места размножения <i>Clostridia tyrobutyricum</i> ⁷⁾			

Рис. 16 Пути и места размножения *Clostridia tyrobutyricum*⁷⁾

№.	Штамм	Клостридии, тип	Метаболические характеристики
1	35 %	<i>Clostridium-sporogenes</i>	Разложение белка (протеолит)
2	12 %	<i>Clostridium-perfringens</i>	Разложение белка (протеолит)
3	11 %	<i>Clostridium-butyricum</i>	Разложение лактозы (лактолит)
4	8 %	<i>Clostridium-tyrobutyricum</i>	Ферментация лактата (соль молочной кислоты)
5	6 %	<i>Clostridium-beijerinckii</i>	-----
6	7 %	<i>Clostridium-tetanomorphum</i>	-----
7	4 %	<i>Clostridium-pasteurianum</i>	-----
8	4 %	<i>Olostridium-tertium</i>	-----
9	2 %	<i>Clostridium-novy</i>	-----
10	ок. 11%	не идентифицированы	

Рис. 17 Распространение клостридий в сыром молоке и их метаболические характеристики

Появление отдельных штаммов в критические месяцы года показано на рис. 18. Эти данные можно считать репрезентативными для многих регионов, производящих молоко.

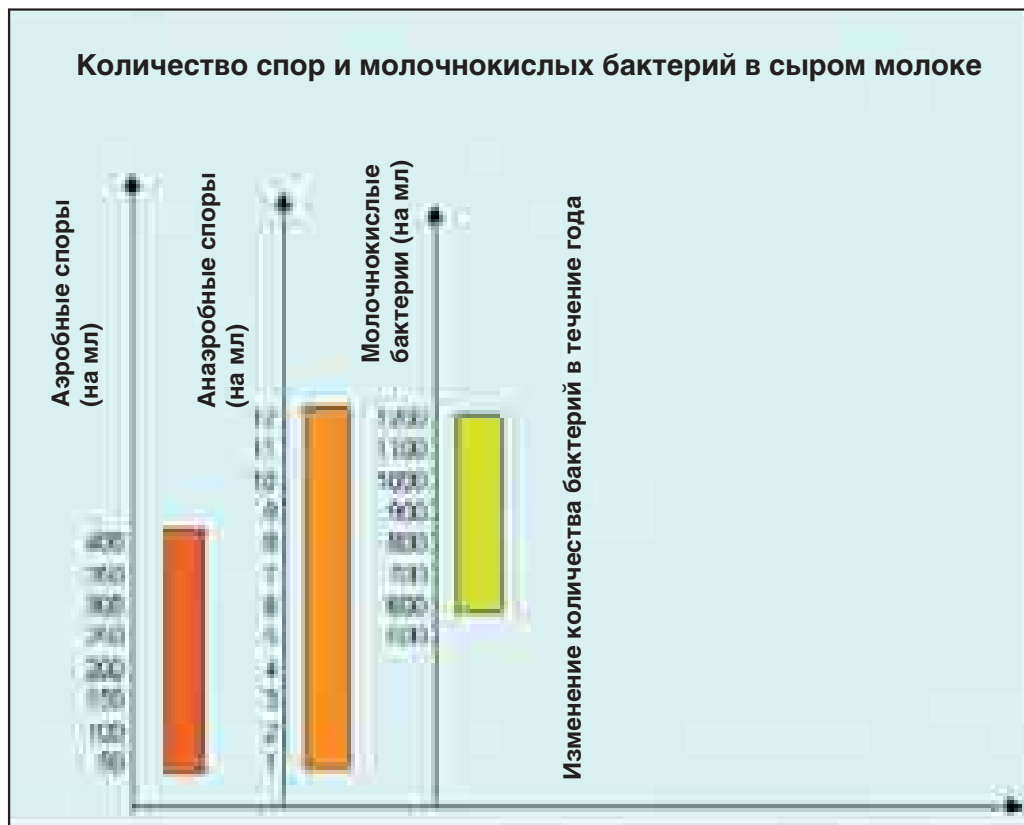


Рис. 18 Количество спор и молочнокислых бактерий в сыром молоке

Конечно, существуют исключения. Общее количество анаэробных и аэробных спор такое же, как на рис. 18, но отношение числа анаэробных спор к числу аэробных спор существенно менее благоприятное. В Австрии, например, в общем, количестве спор отмечают до 50% анаэробных спор. У молочного стада в Северной Германии их обнаруживают до 15%. В отличие от этих экстремальных значений, опыты, проведенные компанией Вестфалия Сепаратор, показали, что чаще всего количество анаэробных спор составляет 2-5%.

Выбор подходящих аналитических методов очень важен для определения количества спор в стерилизованном молоке и в молоке, нуждающемся в стерилизации. Компания Вестфалия Сепаратор использует аналитические методы, описанные в настоящей брошюре, когда приводит численные значения.

Кроме того, были проведены многочисленные исследования. Полученные значения дают ясную картину содержания спор до удаления бактерий и после него. Таким образом, представляются проверенные данные об эффективности удаления бактерий.

Результаты последних исследований, проведенных независимыми институтами на сыродельных заводах, представлены на рис. 19 и 20.

Образец No.	Описание образца	Температура	Производительность л/час	Непр. фаза концентрата	Период. фаза концентрата	Общее количество бактерий		Аэробные споры		Анаэробные споры	
						мл	%	мл	эффект	мл	эффект
1	Сырой	58	35,000			210,000		670		2	
2	Выгрузка			1,200	60	43,130	79.5	54	91.9	0.02	99.0
3	Сырой	60	35,000			140,000		280		7	
4	Выгрузка			1,200	60	18,500	86.8	17	93.9	0.05	99.3
5	Сырой	56	35,000			350,000		530		5.4	
6	Выгрузка			1,200	60	62,700	82.1	28	94.7	0.04	99.3
7	Сырой	58	35,000			190,000		230		3.8	
8	Выгрузка			1,200	60	31,160	83.6	21	90.9	0.02	99.5
9	Сырой	58	35,000			245,000		580		1.2	
10	Выгрузка			1,200	60	45,800	81.6	17	97.1	0.02	98.3

Рис. 19 Эффективность удаления бактерий, полученная при использовании центрифуги для удаления бактерий CNE 300

Образец No.	Описание образца	Температура	Производительность л/час	Непр. фаза концентрата	Период. фаза концентрата	Общее количество бактерий		Аэробные споры		Анаэробные споры	
						мл	%	мл	эффект	мл	эффект
1	Сырой	58	15,000			320,000		210		3.2	
2	Выгрузка			400	50	56,640	82.3	18.5	91.2	0.03	99.1
3	Сырой	62	15,000			190,000		180		4.1	
4	Выгрузка			400	50	38,760	79.6	14.2	92.1	0.05	98.9
5	Сырой	58	15,000			220,000		410		2.7	
6	Выгрузка			–	50	43,780	80.1	40.2	90.2	0.03	99
7	Сырой	60	15,000			290,000		390		1.5	
8	Выгрузка			–	50	64,090	77.9	25	93.6	0.02	98.4

Рис. 20 Эффективность удаления бактерий, полученная при использовании центрифуги для удаления бактерий CNE 300

Что касается анаэробных спор, оставшихся в молоке, очищенном от бактерий, то не ясно, можно ли полностью обойтись без нитратов.

Это частично объясняется различными стандартами, определяющими максимально допустимое количество спор в котловом молоке, если нитраты не используются. Диапазон ограничен 5 и 40 анаэробными спорами на литр.

Рис. 21 показывает, какое количество нитратов следует внести в определенные сорта сыра при различных вариантах технологического процесса.

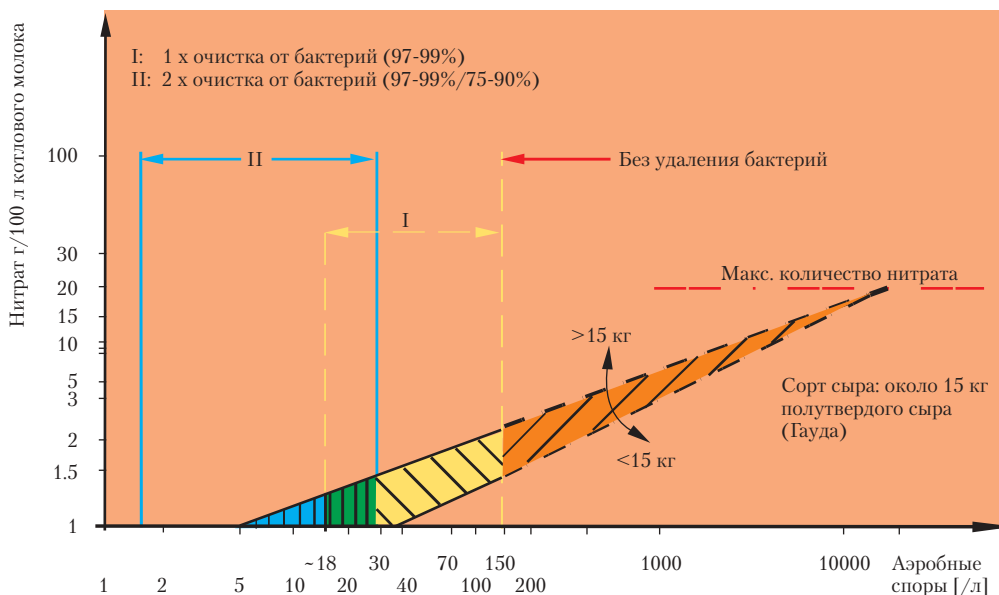


Рис. 21 Внесение нитрата в зависимости от количества аэробных спор

3.2.2 Варианты технологического процесса

3.2.2.1 Одноступенчатое удаление бактерий

Очищаемое от бактерий молоко проходит через питающий патрубок (1) в центрифугу для удаления бактерий (2), где бактерии извлекаются. Очищенное от бактерий молоко далее проходит по выпускной линии (6) в стерилизатор концентрата. Дисперсная фаза концентрата бактерий (4) также как и непрерывная фаза концентрата (4) далее подается в танк для концентрата (5).

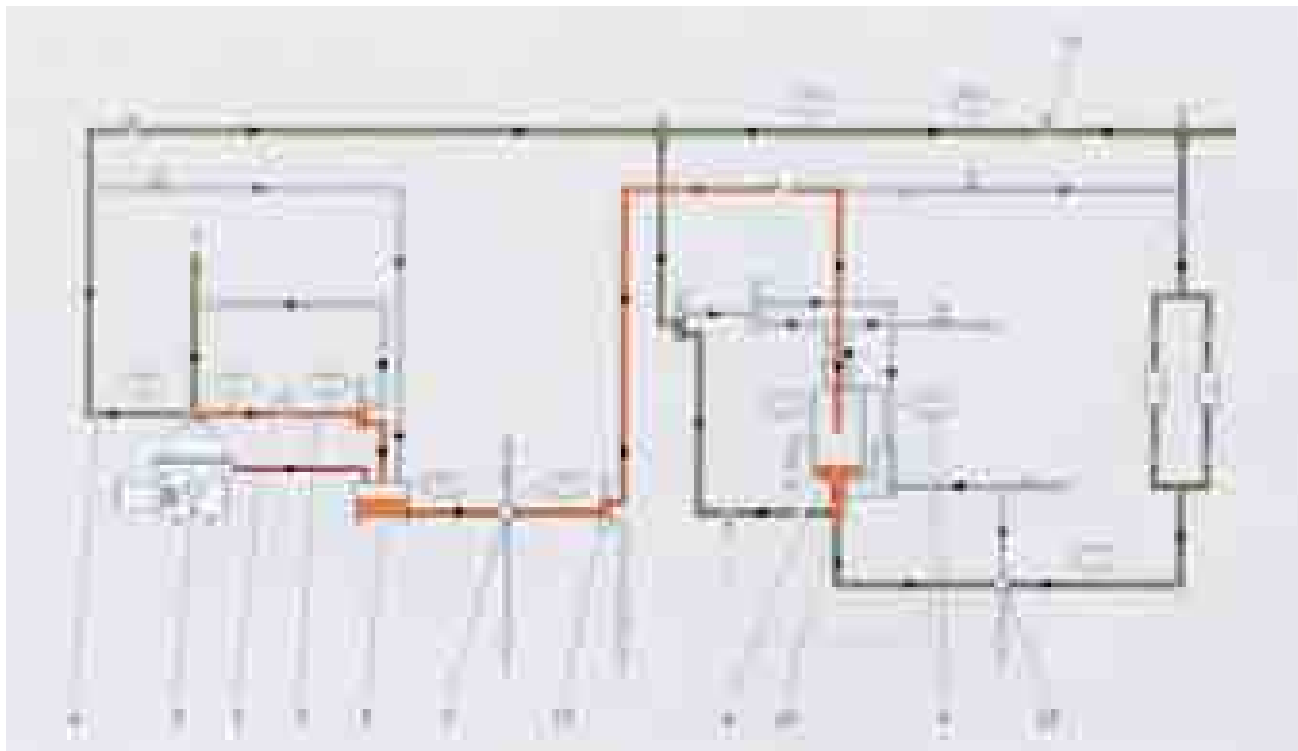
Насос (7), управляемый датчиком уровня, закачивает концентрат в танк стерилизатора (8), где операция стерилизации выполняется с использованием острого пара (с качеством питьевой воды). Устройство контроля уровня (9) обеспечивает постоянный уровень в танке стерилизатора. Оно также управляет подачей очищенного от бактерий молока в смесительную камеру (10).

Клапан постоянного давления (11) на главной линии обеспечивает необходимый показатель расхода молока, подаваемого в смесительную камеру. Насос для концентрата (12) перемещает молоко обратно в главную линию. Если температура падает ниже установленного значения, подача «охлаждающего молока» перекрывается до тех пор пока не будет восстановлена заданная температура.

Вся линия удаления бактерий может быть включена в контур безразборной мойки (CIP).

При выполнении операции полной выгрузки в ходе химической очистки центрифуги (CIP) автоматический клапан, находящийся за танком для концентрата, открывается на одну минуту. Этим исключается вторичное заражение установки при высокой концентрации твердого вещества во время операции полной выгрузки.

На рис. 22 показана стандартная установка для очистки от бактерий



- | | | |
|-------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1 Подача молока | 6 Молоко, очищенное от бактерий | 12 Насос для концентрата |
| 2 Центрифуга для удаления бактерий | 7 Насос для концентрата | 13 Автоматический клапан |
| 3 Непрерывная фаза жидкого носителя | 8 Танк стерилизатора | |
| 5 Периодическая фаза концентрата бактерий | 9 Устройство контроля уровня | |
| | 10 Смесительная камера | |
| | 11 Клапан постоянного давления | |

Fig. 22 Bacterial clarification installation with bacteria removing centrifuge and sterilizing device

Следует отметить следующее обстоятельство, касающееся концентрата бактерий, получаемого в центрифуге для удаления бактерий. Его количество должно составлять 2,5-3,5% (в среднем 3%).

В центрифуге для удаления бактерий средних размеров это достигается благодаря следующему соотношению:

- выгрузка при помощи центростремительного насоса для концентрата порядка 90% (непрерывная фаза)
- удаление при частичных выгрузках порядка 15% (периодическая фаза).

Содержание сухого вещества в общем количестве концентрата бактерий составляет 12-14%. 6-9% от этого количества составляют исходные белки, т.е. белок в растворе.

На рис. 23 дается пример содержания бактерий в двух частях потока

Рис. 23 Содержание бактерий в концентрате центростремительного насоса и в концентрате, удаляемом при частичной выгрузке

Количество спор	Анаэробные [на мл]	Аэробные [на мл]
Выгрузка		
Центростремительный насос, n = 5	прибл. 150	прибл. 3000
Частичная выгрузка n = 5	прибл. 1250	прибл. 40000

Из таблицы видно, что большая часть бактерий удаляется при частичных выгрузках. Установить ясную корреляцию и баланс числа бактерий не представляется возможным. При частичной выгрузке концентрат бактерий мгновенно удаляется. При этом в значительной степени разрушаются большие колонии бактерий.

Эффективность очистки от бактерий зависит от следующих факторов:

– **Температура молока**

Она должна быть в пределах от 58 °С до 62 °С. При таких температурах вязкость относительно низкая. Согласно закону Стокса скорость осаждения удаляемых при центрифугировании бактерий будет выше, чем при низких температурах:

Закон Стокса определяет:

$$v = \frac{D^2 \cdot \Delta\rho}{18 \cdot \eta} \cdot g \quad \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{м}}{\text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^2} \right]$$

v = Скорость осаждения [м/с]

D = Диаметр бактерии [м]

$\Delta\rho$ = Разность плотностей молока и бактерии [кг/м³]

η = Динамическая вязкость молока [кг/мс]

g = Ускорение силы тяжести [м/с²]

Согласно этой формуле скорость осаждения « v » в центрифуге для удаления бактерий пропорциональна квадрату диаметра бактерии, разности плотностей молока и бактерии, ускорению в поле силы тяжести и обратно пропорциональна вязкости молока.

– **Подача продукта в центрифугу**

Превышение номинальной пропускной способности в ряде случаев существенно снижает эффективность удаления бактерий, при этом уменьшение пропускной способности ниже номинального значения лишь незначительно повышает эффективность.

– **Частичная выгрузка осадка**

Временной интервал между частичными выгрузками определенно оказывает большое влияние на эффективность удаления бактерий. В зависимости от степени «заражения» и температуры молока интервал должен быть от 10 до 20 минут.

– **Исходное количество бактерий**

Этот показатель лишь незначительно влияет на эффективность удаления бактерий в процентах. В то же время, он имеет большое значение для абсолютного конечного числа бактерий определенного вида.

Время работы центрифуг не влияет на эффективность удаления бактерий. Как правило, операция безразборной мойки (CIP) для центрифуги вместе с пастеризатором выполняется через 8 – 10 часов.

3.2.2.2 Двухступенчатое удаление бактерий

Если одноступенчатого процесса удаления бактерий недостаточно, следует использовать двухступенчатое удаление бактерий.

На рис. 24 показана технологическая установка, которая находит применение, главным образом, в Европе.

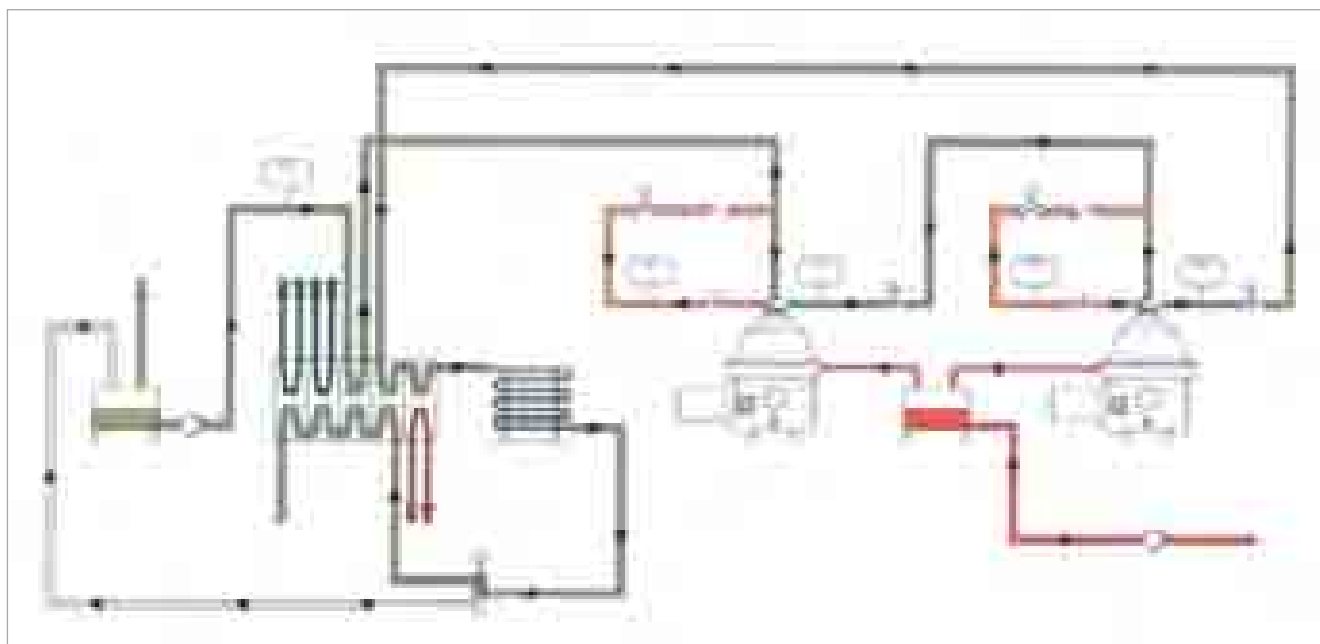


Рис. 24 Схематическое изображение двухступенчатого процесса удаления бактерий

Рис. 25 Линия удаления бактерий с саморазгружающейся центрифугой для удаления бактерий типа CNB 130 и стерилизатором



Показана необходимая схема технологического процесса, при которой в стерилизатор подается минимальное количество концентрата.

Благодаря этому содержание денатурированного сывороточного белка может поддерживаться ниже критического значения. Это обусловлено высокой температурой в емкости стерилизатора до 130 – 150 °С.

Как правило, количество стерилизованного концентрата, составляющее 2,5-3,5% от объема на входе установки для удаления бактерий, может быть возвращено в молоко для сырделия.

В современной схеме непрерывной рециркуляции фазы концентрата бактерии могут быть использованы обе центрифуги. Таким образом, общее количество стерилизуемого концентрата бактерий может быть уменьшено до $\leq 0,5\%$.

3.3 Удаление бактерий из питьевого молока

В данном технологическом процессе удаление *Bacillus cereus* представляет особый интерес. Эти бактерии термостабильны и, таким образом, активны после пастеризации. Результатом является свертывание сладкого молока.

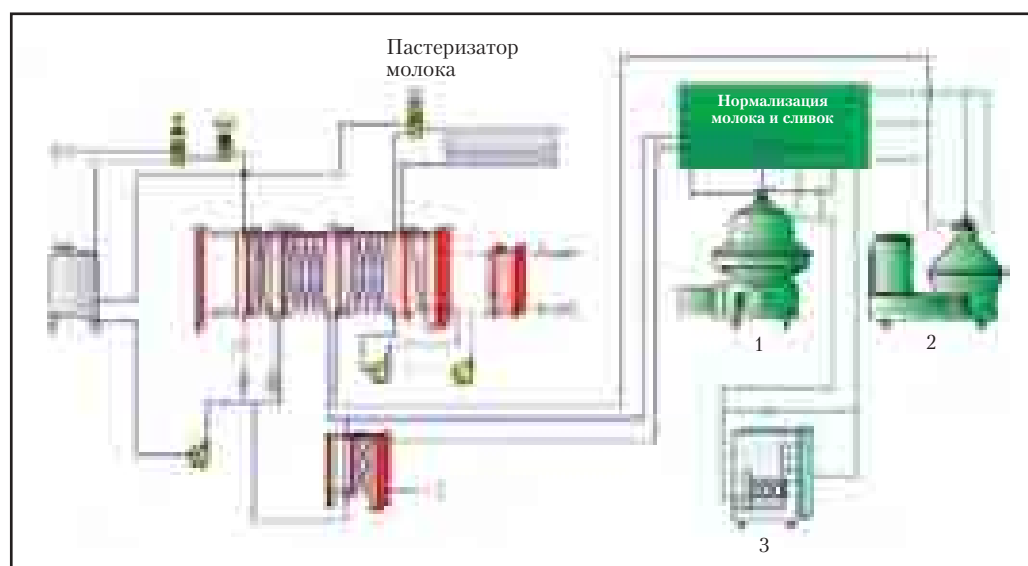
Удельный вес и размер этих бактерий усложняют сепарацию в поле центробежных сил. Регулируя пропускную способность в соответствии с особыми условиями, можно получить значение эффективности удаления бактерий, превышающее 90%.

В исследованиях пастеризованного молока обнаруживалось 300 спор штамма *Cereus* на литр молока ⁸⁾.

При температуре хранения 8 – 10 °С и жизненном цикле порядка 6 часов количество спор бактерий за 6 дней увеличивалось с 1 шт./мл до более 10^7 шт./мл. Что приводит к свертыванию сладкого молока.

Отсюда следует вывод, что необходимо поддерживать качество молока по уровню содержания бактерий, не превышающем 1 спору/мл, например, при содержании бактерий 1 спора/л в течение приблизительно 2,5 дней они могут пройти 10 циклов размножения. Низкие температуры хранения стерилизованного и пастеризованного молока (например, 4 – 6 °С) могут увеличить срок хранения до 10 суток. При центробежном удалении бактерий количество спор может быть уменьшено на порядок. Это соответствует $\leq 3,5$ циклам.

Технологический процесс удаления бактерий из питьевого молока показан на рис. 26.



1 Сепаратор для обезжиривания молока 2 Центрифуга для удаления бактерий 3 Гомогенизатор

Рис. 26 Схематическое изображение установки для удаления бактерий из питьевого молока (центрифуга для удаления бактерий установлена в конце линии)

После нагревания, например, до 55 °С. молоко разделяется на обезжиренное молоко и сливки в молочном сепараторе.

Молочный сепаратор следует отрегулировать таким образом, чтобы содержание жира в сливках составляло 43%. Значение такой регулировки состоит в удалении большого процента спор вместе с обезжиренным молоком, поскольку они не могут далее находиться в сливках такой жирности (большое различие плотностей).

Обезжиренное молоко подается в центрифугу для удаления бактерий, где оно очищается в оптимальных условиях.

При нормализации в обезжиренное молоко, прошедшее центрифугу для удаления бактерий, сливки добавляются или сразу или после разбавления и гомогенизации. Эта операция выполняется устройством автоматической нормализации.

Если для технологического процесса не нужны сливки с жирностью $\geq 43\%$, то жирность доводится до нужного уровня путем смешивания с очищенным обезжиренным молоком.

Концентрат, выходящий из технологического процесса, должен стерилизоваться в специальном устройстве, охлаждаться и отводиться для отдельной переработки. После пастеризации и охлаждения очищенное молоко упаковывается.

Часто при определении степени очистки питьевого молока от бактерий рассматривается сепарация для общего количества бактерий. Здесь следует отметить тот факт, что, как правило, содержание полезной флоры в различных штаммах бактерий неизвестно, что может существенно повлиять на эффективность сепарации.

Причиной этого является наличие мелких и легких бактерий, содержание которых может быть относительно низким в одно время и относительно высоким в другое время.

На рис. 27 приведены результаты, полученные в последние годы. Они дают относительно полную картину обычно получаемого спектра эффективности сепарации, определенного для всего количества бактерий.

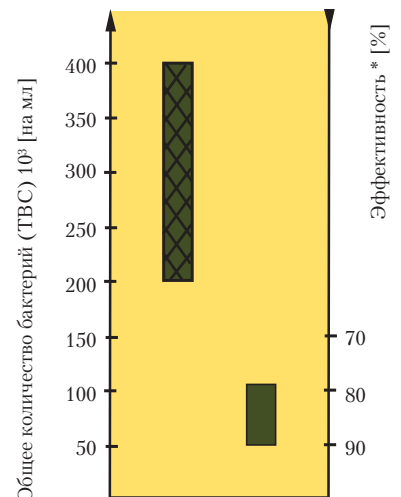
Рис. 27 Эффективность сепарации для общего количества бактерий в современных центрифугах для удаления бактерий

$$\text{эффektivность} * = \frac{GKZ_0 - GKZ_1}{GKZ_0} \cdot 100$$

ТВС = Общее количество бактерий

 Подача

 Выпуск



Технологическая схема такая же как на рис. 26.

Дисперсные фазы обеих центрифуг должны собираться по-отдельности и обрабатываться так, как предписано нормативами по обработке осадка центрифуг.

3.4 Варианты удаления бактерий из молока для сыроделия

Проблема:

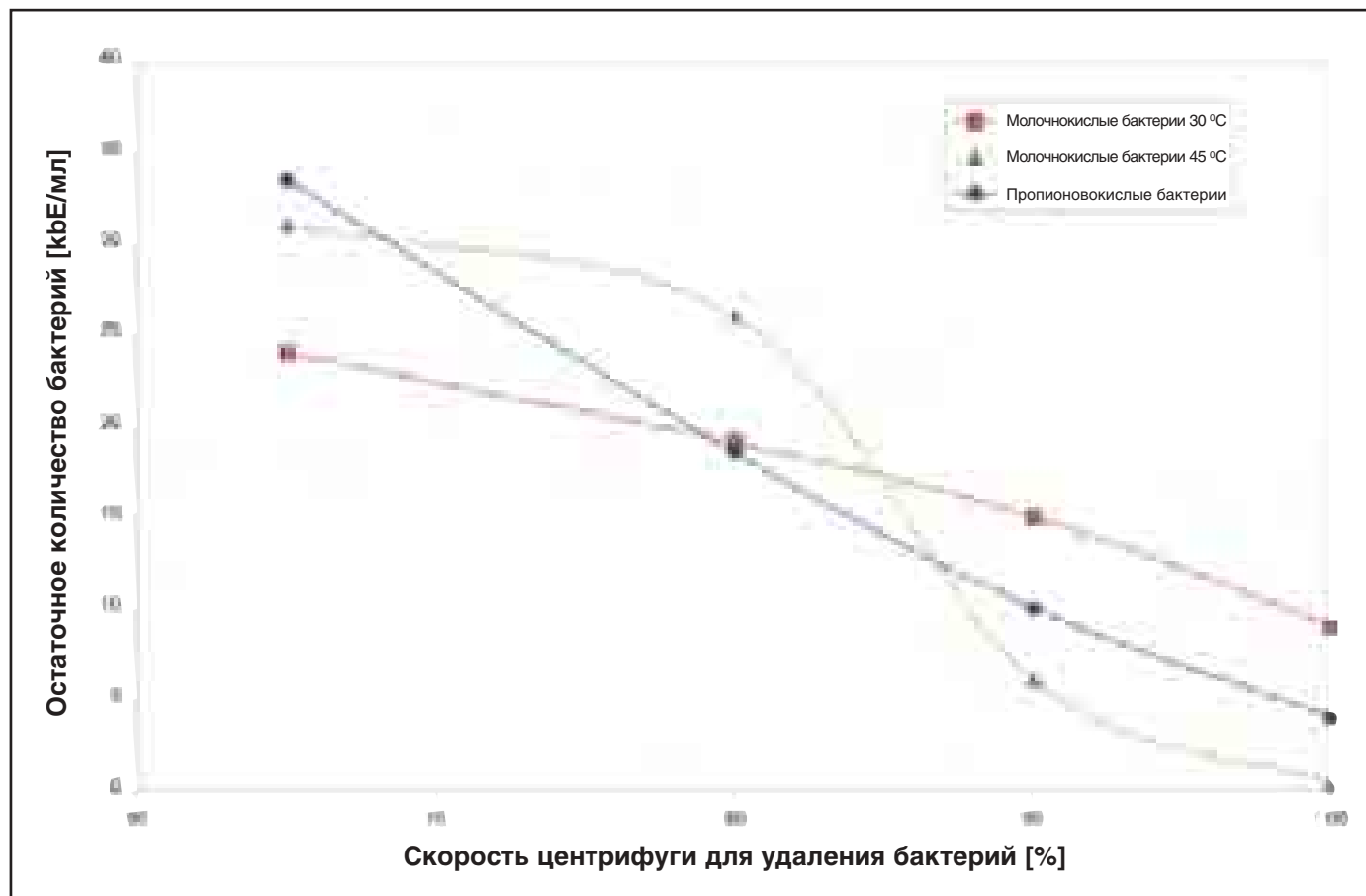
Из-за возрастающего использования на фермах силоса в качестве корма качество молока с учетом количества бактерий и, в особенности, спорообразующих типов, снижается. Эти спорообразующие бактерии не могут быть полностью уничтожены при термообработке, что является причиной все более широкого использования в последнее время центрифуг для удаления бактерий. Они позволили решить проблему качества, а именно, проблему позднего вспучивания сыра. Однако недостатком данного метода для ряда сортов сыра стало избыточное удаление бродильной флоры в центрифугах для удаления бактерий и связанное с этим более продолжительное созревание, что может быть компенсировано дополнительным количеством вводимых культур или добавлением сырого молока к очищенному молоку.

Решение:

Для решения этих проблем в сотрудничестве с Государственным образовательным и исследовательским институтом молочных продуктов в Вангене были проведены исследования, целью которых была разработка новой концепции удаления различных видов бактерий с использованием центрифуг для удаления бактерий. Задача этой исследовательской работы состояла в регулировке эффективности удаления бактерий в соответствии с требованиями к котловому молоку и в зависимости от качества сырья. С этой целью компания Вестфалия Сепаратор смонтировала специальную центрифугу для удаления бактерий на опытном производстве исследовательского института, а эксперименты по сыроделию проводились при изменении скорости центрифуги для удаления бактерий.

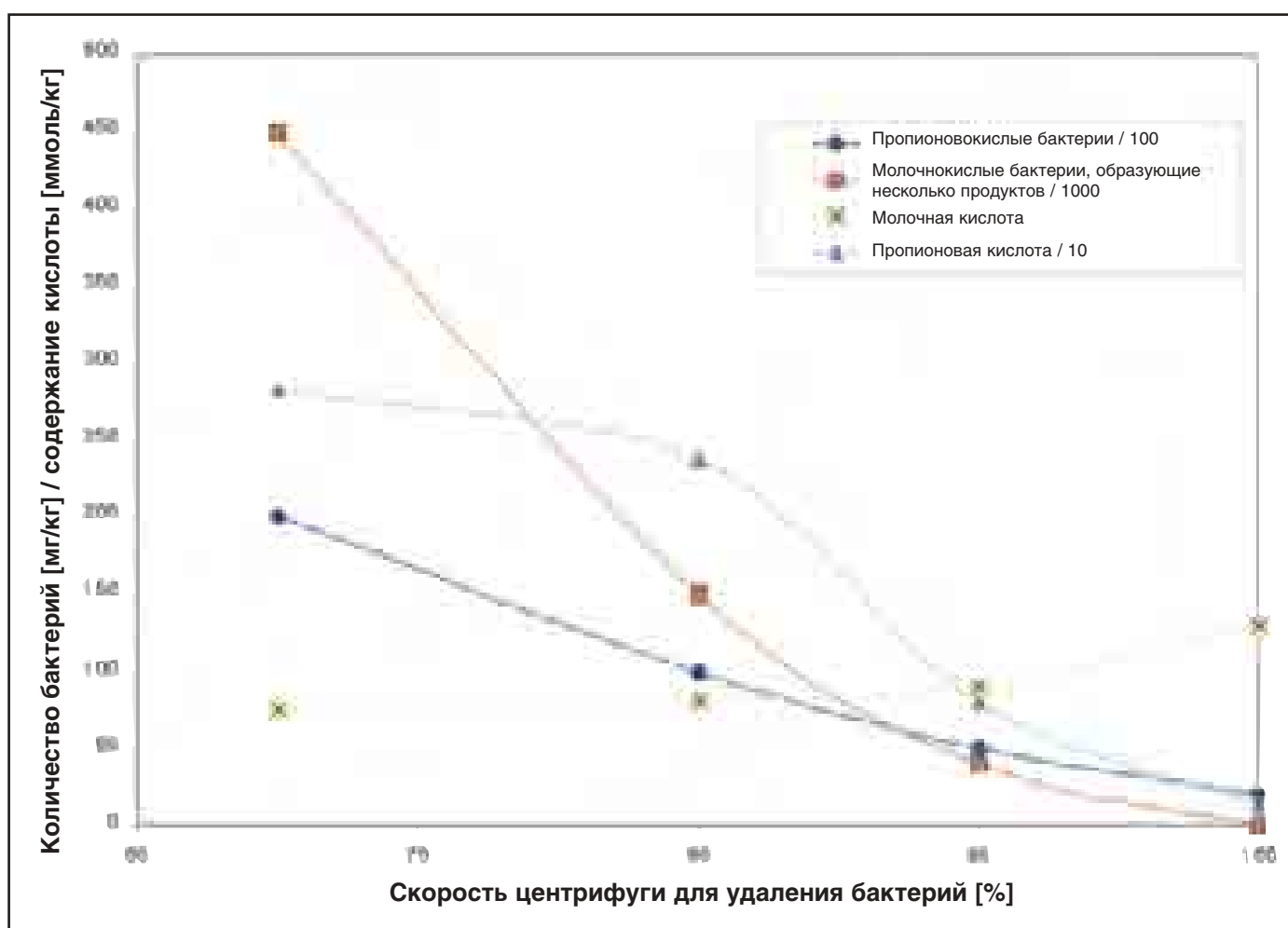
Результаты:

Рис. 28



Из рис. 28 очевидно, что количество как пропионовокислых бактерий, так и молочнокислых бактерий (температура роста 30 °С и 45 °С) резко падает с увеличением скорости центрифуги для удаления бактерий. Удаление клостридий остается оптимальным на пониженных скоростях благодаря их более высокому удельному весу. Из-за уменьшения количества молочнокислых бактерий в котловом молоке превращение лактозы в лактат замедляется. Из-за уменьшенного количества лактата образование пропионовой кислоты и масляной кислоты также идет более медленно. Следствием этого является уменьшение глазков в сыре и ухудшение аромата. Удаление пропионовокислых бактерий при излишнем удалении бактерий из котлового молока также приводит к уменьшению образования пропионовой кислоты. Сокращение количества бактерий обоих типов в опытах при максимальной эффективности центрифуги для удаления бактерий приводит к уменьшению глазков в сыре и к некоторому ухудшению аромата сыра. Снижение эффективности центрифуги для удаления бактерий при уменьшении ее скорости существенно улучшает образование глазков, аромат и консистенцию сыра.

Рис. 29



Как показано на рис. 28, избыточное удаление молочнокислых и пропионовокислых бактерий при более высоких скоростях центрифуги для удаления бактерий приводит к уменьшению образования пропионовой кислоты в сыре. Уменьшение остаточного содержания пропионовокислых бактерий в сыре в меньшей степени влияет на содержание имеющейся и образующейся молочной кислоты, в результате измерения дают более высокое содержание молочной кислоты в сыре.

Выводы:

Опыты, проведенные компанией Вестфалия Сепаратор в сотрудничестве с Государственным образовательным и исследовательским институтом молочных продуктов в Вангене, показали возможность регулирования удаления бактерий путем изменения скорости специальной центрифуги для удаления бактерий от компании Вестфалия

Сепаратор для сохранения качества и одновременной профилактики позднего вспучивания сыра.

Благодаря такому методу регулируемого удаления бактерий компании Вестфалия Сепаратор сегодня появилась возможность обеспечить равномерное формирование глазков в сыре при использовании очищенного котлового молока. Сроки хранения сыра могут быть увеличены, а время созревания может быть стандартизировано по сезонам. Благодаря новому способу мягкого режима удаления бактерий сохраняется большая часть природной бактериальной флоры сыра и, таким образом, характерный аромат. Стало возможным обойтись без методов компенсации, некоторые из которых очень дороги, таких как добавление большего количества заквасочных культур или ввод защитных культур. Кроме того, опыты определенно показали отсутствие каких-либо проблем на поверхности сыра при его созревании в пленке в случае использования способа регулируемого удаления бактерий. Новый способ удаления бактерий в мягком режиме может быть рекомендован без ограничений даже для созревания в пленке.

3.5 Варианты технологического процесса удаления бактерий

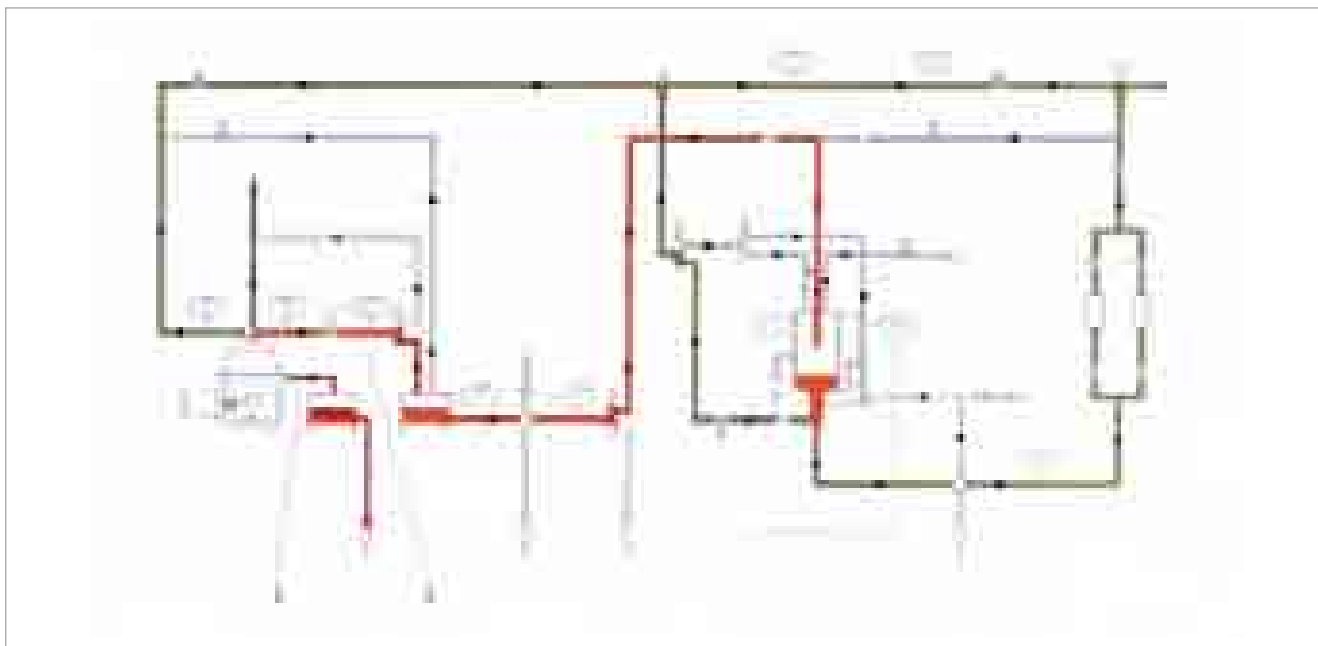
3.5.1 Избирательное использование «фаз»

Если местное законодательство запрещает общее повторное использование всех «потоков концентрата» вместе с молоком, очищенным от бактерий, то могут быть применены методы селективной обработки.

Тем не менее, как правило, молоко после центробежной очистки подается в установку для удаления бактерий. На этом этапе значение имеет то, где будет выполняться операция очистки, в классическом очистителе или во время нормализации в сепараторе для молока.

В первом варианте, т.е. в очистителе, все фазы после очистителя для удаления бактерий следует считать очищенными от веществ немолочной природы (NMS).

В этом случае используется отдельный выпуск фаз, как показано на схематическом изображении, на рис. 30.



1 Выгрузка периодической фазы

2 Выгрузка непрерывной фазы

Рис. 30 Схематическое изображение отдельного выпуска периодической фазы

Здесь не существует затруднений с полным использованием всех фаз в продуктах питания или, как в данном случае, с их возвратом в котловое молоко.

Как уже отмечалось в пункте 2.2, особое внимание следует обратить на периодическую фазу при использовании сепаратора-сливкоотделителя для очистки и нормализации.

3.5.2 Удаление бактерий при минимальном удалении концентрата

Если необходимое количество концентрата более 3%, или количество, требующее стерилизации, должно быть минимальным ($\leq 0,5\%$), то для таких случаев компания Вестфалия Сепаратор может предложить недавно разработанную и запатентованную систему.

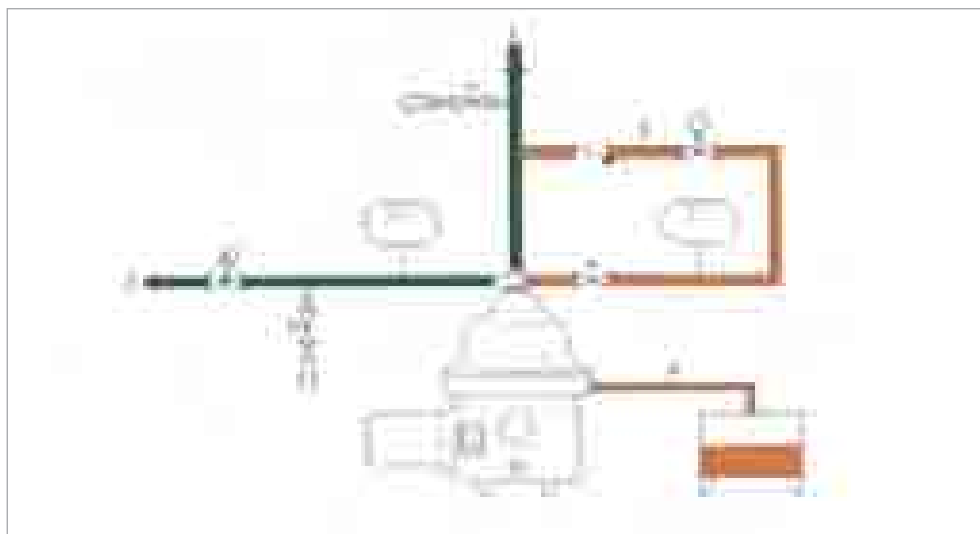
В этом новом процессе непрерывная фаза выполняет, главным образом, функцию «жидкого носителя» бактерий. При высокой эффективности удаления бактерий очень важно иметь подходящий непрерывный «поток жидкости» для «транспортировки» бактерий, в особенности мелких бактерий, в достаточно сильном поле центробежных сил. Здесь на участке с необходимыми центробежными силами «жидкий носитель» отклоняется и выпускается через разделительную тарелку, размеры которой подобраны именно с такой целью.

Поскольку, как правило, «жидкий носитель» с бактериологической точки зрения примерно такой же, как и сырое молоко, то он возвращается прямо в питающий патрубок центрифуги. Количество рециркулирующей жидкости составляет примерно 3-5% от объема подачи.

Увеличение содержания бактерий в подаваемом продукте и последующее влияние на эффективность удаления бактерий исключаются благодаря следующим характеристикам машины и технологического процесса:

- мягкий режим подачи или гидрогерметичная схема подачи исключают разрушение колоний;
- оптимальные характеристики течения во внешнем и внутреннем контуре системы рециркуляции;
- точно отрегулированная, быстродействующая система разгрузки барабана (двойной поршневой клапан);
- конструкция разделительной тарелки и ее расположение относительно шламового пространства барабана;
- количество «жидкого носителя» может быть отрегулировано в зависимости от количества бактерий в питающем патрубке для сырого молока, и оно не должно более чем в два раза превышать количество бактерий в сыром молоке.

При использовании технологического процесса, показанного на рис. 31, стерилизация потребуется только для концентрата, удаляемого при частичных выгрузках (периодическая фаза). Необходимо отметить, что в зависимости от температуры продукта и последовательности операций технологического процесса, выгружаемый продукт соответствует двух- или трехкратному количеству обезжиренного молока из-за высокого содержания белка.



1 Подача продукта

2 Выгрузка очищенного от бактерий молока

3 Рециркулирующий жидкий носитель

4 Периодическая фаза концентрата бактерий

Рис. 31 Схематическое изображение процесса рециркуляции концентрата бактерий

3.6 Особые случаи удаления бактерий

Этот раздел специально посвящен обработке сыворотки в качестве примера широкой области применения проверенных на практике центрифуг для удаления бактерий. Определение типа сыворотки является важным фактором для конструкции центрифуг для удаления бактерий. Различные возможности представлены в качестве примеров.

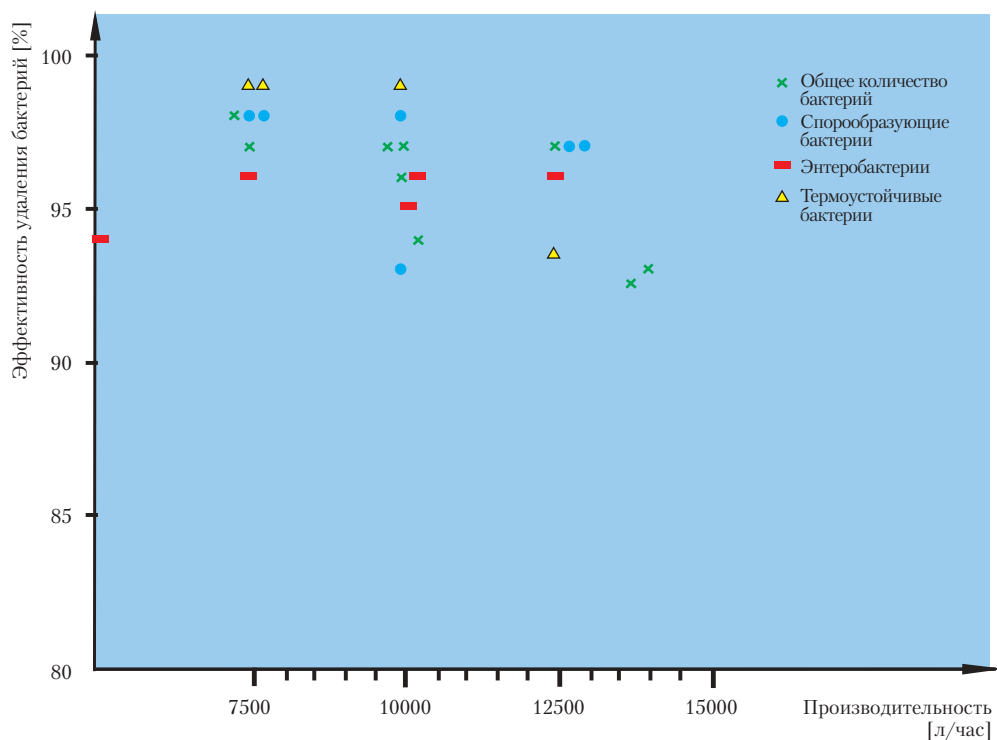


Рис. 32 Эффективность удаления бактерий в зависимости от типа бактерии

На рис. 33 показано влияние исходного количества бактерий на эффективность удаления бактерий

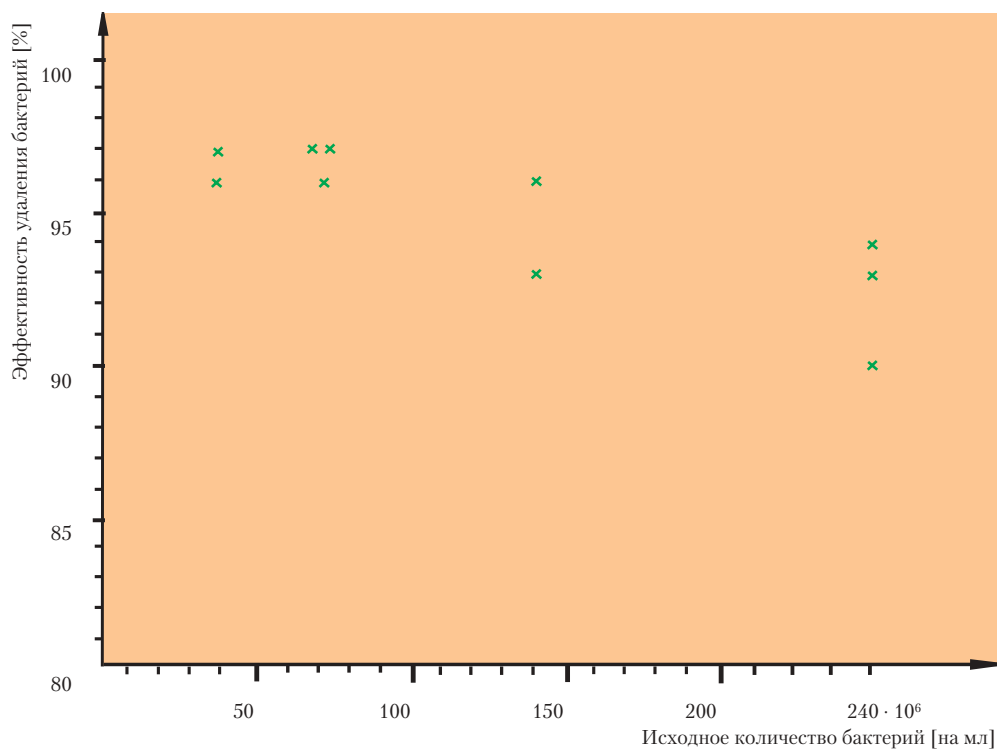


Рис. 33 Эффективность удаления бактерий в зависимости от исходного количества бактерий

Для общего количества бактерий было получено, что существенно более высокое исходное количество бактерий дает более низкую эффективность очистки от бактерий. Такой вывод нельзя сделать для отдельных исследованных типов бактерий (споры, энтеробактерии, термоустойчивые бактерии).

В этих экспериментах были получены следующие результаты:

Споры	3 до 30 x 10 ³ на мл
Энтеробактерии	0.3 до 10 x 10 ⁶ на мл
Термоустойчивые бактерии	10 до 15 x 10 ⁶ на мл

Никаких заметных изменений эффективности удаления бактерий не было отмечено для всего диапазона.

3.6.1 Удаление бактерий из концентрата сыворотки

На рис. 34 представлены результаты исследования удаления бактерий из концентрата сыворотки.

Описание образца	Температура	Производительность л/час	Сухое в-во	Непр. фаза концентрата	Пери-од. фаза концентрата	Общее количество бактерий		Аэробные споры		Анаэробные споры	
						мл	[%]	мл	эффект, %	мл	эффект, %
Подача	15	18,000	27.5			80,000		150		0,15	
Выгрузка				500	50	30,400	62	19.5	87	н.д.	≥ 99
Подача	15	18,000	30			400,000		200		0,04	
Выгрузка				500	50	168,000	58	24	88	н.д.	≥ 99
Подача	12	15,000	22			220,000		110		0,1	
Выгрузка				400	50	55,000	75	9.68	91.2	н.д.	≥ 99
Подача	12	15,000	20.5			310,000		190		0,08	
Выгрузка				400	50	86,800	72	18.43	90.3	н.д.	≥ 99

Рис. 34 Удаление бактерий из концентрата сыворотки

Здесь следует отметить, что лучшие результаты были получены в том случае, когда пропускная способность центрифуги для удаления бактерий была снижена до 50% от номинального значения. Положительный эффект был также получен в том случае, когда содержание сухого вещества в концентрате сыворотки не превышало 25%. В то же время, температура продукта в большинстве случаев должна быть от 10 до 15 °C.

3.7 Альтернативные процессы

3.7.1 Удаление бактерий с использованием фермента лизоцима

На семинарах часто поднимался вопрос об использовании лизоцима для предотвращения вспучивания сыра 9).

Помимо проблемы контроля за действием лизоцима существует также экономический аспект такой альтернативы центрифуге для удаления бактерий, который необходимо рассмотреть.

По информации, имеющейся в нашем распоряжении, при использовании лизоцима стоимость производства 1 кг сыра возрастает в среднем на 0,13 – 0,15 немецкой марки (на 1990 г.).

С другой стороны, при использовании центрифуги для удаления бактерий дополнительные затраты составят лишь 0,04 – 0,06 немецкой марки на кг сыра, в зависимости от способа обработки. Сравнение затрат показывает, что даже двухступенчатая очистка от бактерий экономически более оправдана чем обращение к лизоциму.

3.8 Центрифуги для удаления бактерий

3.8.1 Принцип действия

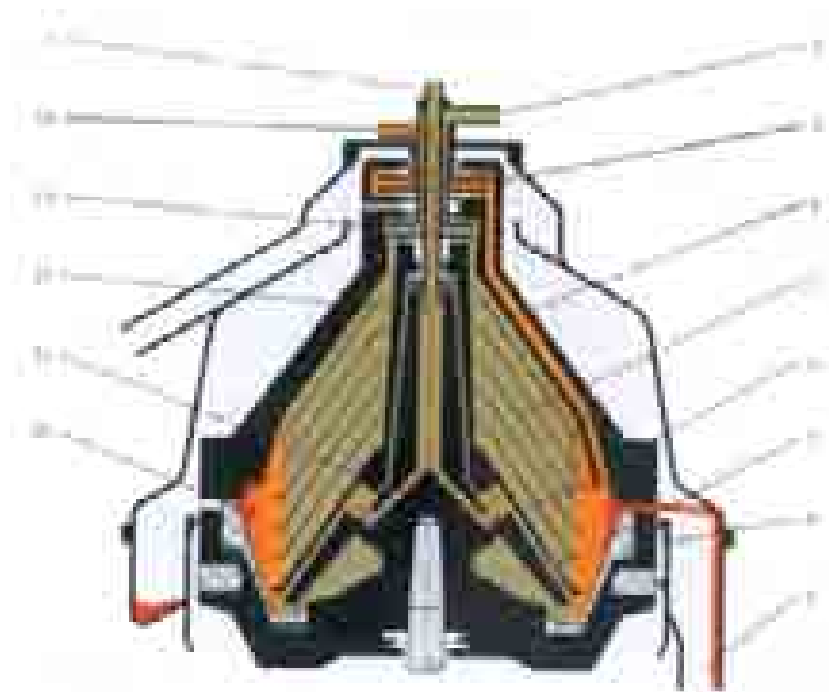
Все центрифуги для удаления бактерий сегодня оснащаются саморазгружающимся барабаном. Поскольку система мягкого режима подачи обеспечивает эффективную защиту продукта от деградации, центрифуги для удаления бактерий также оснащаются данной системой.

Молоко, очищаемое от бактерий, подается с заданным расходом через центральный питающий патрубок (1) во вращающуюся впускную камеру (12). Энергия потока в неподвижном впускном патрубке превращается в энергию давления в оптимально увеличивающейся впускной камере (принцип плавного потока).

Подача (11) в пакет тарелок (5) разработана таким образом, чтобы не допустить вакуума (разрыва потока) и сдвиговых нагрузок.

Молоко, очищаемое от бактерий, движется от центра через направляющую тарелку (6) к восходящим каналам (7) пакета тарелок. Бактерии отделяются в поле центробежных сил и движутся от центра в шламовое пространство для концентрата (10), так как они обладают большим удельным весом.

На рис. 35 дается сечение барабана центрифуги для удаления бактерий с патрубком мягкого режима подачи.



- | | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1 Питающий патрубок | 7 Восходящие каналы | 12 Впускная камера |
| 2 Выпуск молока, очищенного от бактерий | 8 Выдвижной поршень | 13 Насос для молока |
| 3 Центростремительный насос | 9 Выгрузка периодической фазы концентрата | 14 Выпуск непрерывной фазы жидкого носителя |
| 4 Разделительная тарелка | 10 Шламовое пространство для концентрата | |
| 5 Пакет тарелок | 11 Подача в пакет тарелок | |
| 6 Направляющая тарелка | | |

Рис. 35 Сечение барабана центрифуги для удаления бактерий с патрубком мягкого режима подачи

Бактерии либо сразу отводятся к периферии в шламовое пространство для концентрата, либо движутся к центру вместе с жидкостью, если граница раздела нижней тарелки доходит до верхней тарелки.

В этой точке скорость жидкого носителя приближается к нулю и, таким образом, бактерии уже не переносятся в потоке продукта, но скользят от центра к краю тарелки и выходят из области сепарации под действием центробежных сил.

Очищенное от бактерий молоко движется к центру барабана и отводится при помощи центростремительного насоса (13) через выпускной патрубок (2). Чтобы обеспечить постоянное давление выпуска очищенного от бактерий молока, на центрифуге установлен клапан постоянного давления.

Непрерывно удаляемая фаза концентрата бактерий проходит через разделительную тарелку (4) и дроссель в камеру верхнего центростремительного насоса. Центростремительный насос (3) отводит жидкий носитель без образования пены под давлением через выпускной патрубок (4).

Помимо выпуска непрерывной фазы концентрата при помощи центростремительного насоса, частичные выгрузки могут выполняться с заданной периодичностью при гидравлическом открытии и закрытии выдвижного поршня (8).

Поскольку белки также выходят вместе с концентратом бактерий (периодическая фаза) и с несущей жидкостью (непрерывная фаза), то в молоке, очищенном от бактерий, будет содержаться примерно на 0,1% меньше белка. Это имеет место лишь в том случае, если не используется схема рециркуляции, когда концентрат возвращается в молоко.

3.8.2 Типы и производительность

Различные типы центрифуг для удаления бактерий и их соответствующие показатели производительности приведены на рис. 36.

Рис. 36 Типы и производительность саморазгружающихся центрифуг для удаления бактерий

Тип	Номинальная производительность макс. [л/час]
CNB 7-10-076	500
CND 20-01-076	5.000
CND 130-01-076	15.000
CNE 215-01-076	25.000
CNE 300-01-076	30.000
CNE 400-01-777	40.000
CNE 500-01-777	50.000

3.9 Определение эффективности очистки от бактерий

Данные об эффективности удаления бактерий можно получить только для строго определенного метода исследования.

На рис. 37 представлен пример анализа на анаэробные споры.

Ниже приводится подробное описание процедуры определения анаэробных спор в молоке (рис. 37).

– Подготовка питательной среды (6)

Питательная среда (6) состоит из 1000 мл стерильного молока (8) и 100 мл смеси глюкозы и молочной кислоты (7).

Молоко готовится из сухого молока (100 сухого молока/900 мл H₂O) и стерилизуется в течение 15 минут при 115 °С. Смесь глюкозы с молочной кислотой содержит 5 г глюкозы и 20 мл молочной кислоты; ее количество доводится до 100 мл при добавлении дистиллированной воды. Показатель рН питательной среды должен составлять 5,4-5,5. Низкое значение рН, с одной стороны, обеспечивает хорошее развитие анаэробных спор, а с другой стороны, подавляет развитие других микроорганизмов.

– Подготовка пробирок

Парафиновые палочки помещаются в пробирки, которые закрываются ватным тампоном или алюминиевой фольгой. Стерилизацию проводят в течение 15 минут при 121 °С.

– **Выбор серии разбавления**

Серия разбавления зависит от конкретного образца, т.е. она зависит от ожидаемого количества спор.

Пять пробирок (5) используются при каждом разбавлении, например, 5 шт. по 10 мл; 5 шт. по 1 мл; 5 шт. по 0,1 мл; 5 шт. по 0,01 мл. Очень важно, чтобы результат для последнего образца был отрицательным.

– **Смешивание образцов**

10 мл питательной среды (6) заливается в стерильные пробирки (5) с парафиновой палочкой. Добавляется исследуемый образец 1 мл; 0,1 мл или 0,01 мл (3) в зависимости от разбавления.

После заполнения пробирки механически встряхиваются определенным образом. Время от времени проверяется показатель pH. 10 мл образец также проверяется по этой методике. Для этого 1 мл смеси глюкозы с молочной кислотой (7) в качестве питательной среды также добавляется к 10 мл образца молока (4) в 5 пробирках.

– **Нагрев образцов (I)**

Далее образцы нагреваются макс. 5 минут (I) при 80 °С (I). Образец должен быть закрыт слоем воды не менее 1,5 см.

Нежелательные бактерии будут уничтожены. Парафин расплавится и герметично изолирует пробирки от воздуха. Охлаждение проводится в водяной бане при 45 °С (II).

– **Инкубация (III)**

Инкубация длится 4 суток при 37 °С в термостате.

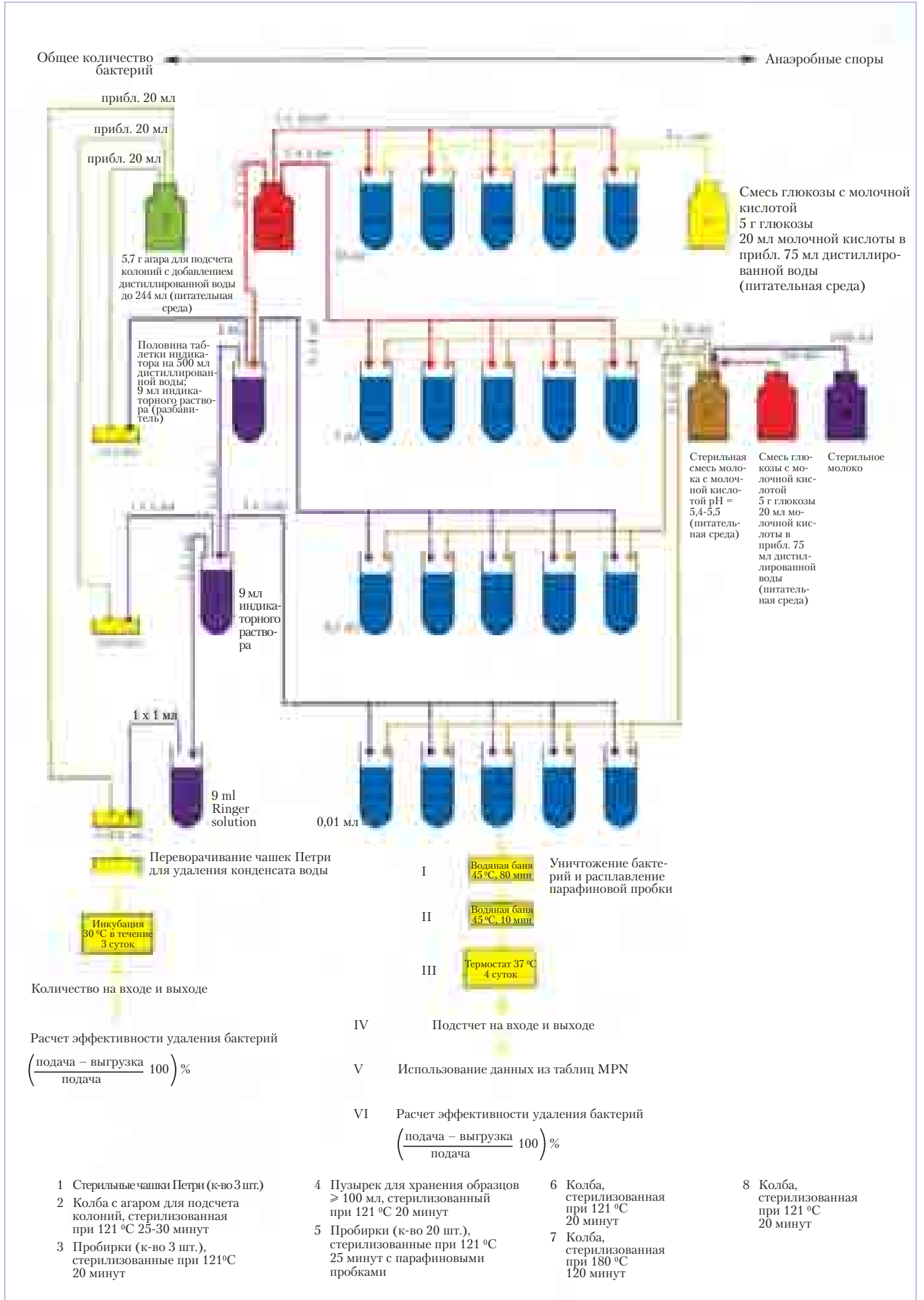
– **Оценка (IV)**

Образец считается положительным, если парафиновая пробка четко отделена от жидкого образца.

Оценка выполняется после подсчета по таблицам MPN.

Рис. 37 Микробиологические тесты для определения эффективности удаления бактерий

* Для определения эффективности удаления анаэробных спор при обработке питьевого молока проводятся специальные испытания



– Пример расчета

Образец применения центрифуги для удаления бактерий

Серия разбавления	Оценка
5 шт. 10 мл	5 шт. положительный
5 шт. 1 мл	5 шт. положительный
5 шт. 0,1 мл	1 шт. положительный
5 шт. 0,01 мл	0

Согласно таблице MPN это соответствует 34,8/10 мл

Образец после центрифуги для удаления бактерий

Серия разбавления	Оценка
5 шт. 10 мл	1 шт. положительный
5 шт. 1 мл	0
5 шт. 0,1 мл	0
5 шт. 0,01 мл	0

Согласно таблице MPN это соответствует 0,199/10 мл

Расчет эффективности удаления бактерий

$$\text{эффективность} = \frac{\text{MPN}_v - \text{MPN}_n}{\text{MPN}_v} \cdot 100$$

MPN_v = значение до очистки

MPN_n = значение после очистки

$$\text{эффективность} = \frac{34,8 - 0,199}{34,8} \cdot 100$$

$$\text{эффективность} = 99,4 \%$$

Тест на аэробные споры

Пастеризация выполняется в лабораторной пробирочной центрифуге при 80 °С в течение 10 минут. Далее образец центрифугируется в чашечной центрифуге (15 мин. при 1000 g). После разбавления осадка 1:10 содержание бактерий определяется при использовании агара для подсчета колоний DIFCO NUTRIENT AGAR.

Чтобы обеспечить точность подсчета, очень важно, чтобы температура инкубации 37 °С была обеспечена как можно быстрее.

Тест на молочнокислые бактерии

Количество молочнокислых бактерий определяется с использованием агара TVG 5.4 AGAR. Время культивирования от 5 до 7 суток при 30 °С.

Рис. 38 Технологическая линия с центрифугами для удаления бактерий типа CNB



4 Библиография

- 1 Кесслер Х.Г. Технология переработки пищевых и молочных продуктов
Изд-во А. Kessler, Freising Weihenstephan
- 2 Леманн Х.-Р. Разрушение сливочных и жировых шариков

История из практики
Немецкий журнал по переработке молока,
№. 21-23/1988
- 3 Изменения в технологии переработки молока
Научно-техническая документация No. 10

Вестфалия Сепаратор АГ, Ольде
- 4 Леманн Х.-Р.,
Цеттиер К.-Х. Молочные сепараторы для молочной промышленности

Научно-техническая документация No. 7
Вестфалия Сепаратор АГ, Ольде
- 5 Лембке А.,
Круш У.,
Прокопек Д.,
Ратьен Г.,
Тойбер М. Применение центрифуг для отделения сыворотки
с целью понижения уровня нитрата в производстве сыров.

Научные статьи по молочной промышленности
тетрадь 1/36, том 1984 (31-63)
Изд-во Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer
- 6 Ван ден Берг Г.,
Даамен К.Б.Г.,
Де Врис Е.,
Ван Гинкель В.,
Стадхоудерс Й. Испытания сепараторов для удаления бактерий,
изготовленных компанией Вестфалия Сепаратор АГ,
в производстве сыра Гауда

Отчет R 127, NIZO, 7/1988
- 7 Тойбер М. Проблема нитрата в производстве сыров.

Немецкий журнал по переработке молока –
Мир молока – 39 Jahrgang, 1985/33
Издание Heinrichs, Hildesheim
- 8 Круш У. Vaccillus Cereus und срок годности молока

Отчет для информационной конференции
для консультантов молочной промышленности 1985 г.
Федеральное ведомство по исследованию молока, Kiel
- 9 Леманн Х.-Р. Отделение сливок и сыворотки при помощи сепаратора
для снятия сливок и получения сыворотки

Обращение к рабочей конференции союза
Союз немецких специалистов по молочной промышленности
в г.Вайенштефан
8.-11.4.1986

Технология производства напитков			Технологии для экологии
Технология переработки молока			Флот
Переработка масел и жиров			Энергетика
Химические вещества Фармацевтика Биотехнология			Нефтепромыслы
Добыча нефти и газа			Промышленность
Технология получения крахмала			Техника
Промышленная биотехнология			Центрифуги, восстановленные в заводских условиях
			Присутствие в мире



**Westfalia Separator
Food Tec GmbH**

Take the Best – Separate the Rest

A company of mg technologies group

Westfalia Separator Food Tec GmbH · Werner-Habig-Straße 1 · D-59302 Oelde (F.R. Germany)

Tel.: +49 (0) 25 22/77-0 · Fax: +49 (0) 25 22/77-2089

Internet: www.westfalia-separator.food-tec.com · E-Mail: foodtec@gea-westfalia.de

105094, Москва, Россия, Семеновский вал, д. 6, стр. 1.

Тел.: +7 095 787 20 05 Факс: +7 095 787 2008; E-mail: secretary.wsmoscow@gea.ru

191123, С-Петербург, Россия, Шпалерная, д. 36, оф. 313

Тел.: +7 812 272 47 71. Факс: +7 812 272 47 71; E-mail: alexeev.wsspb@gea.ru

630099, Новосибирск, Россия, ул. Ленина, 21, оф. 706.

Тел.: +7 3832 23 46 82. Факс: +7 3832 23 56 81; E-mail: ws@online.nsk.su

01135, Киев, Украина, ул. Павловская, 29.

Тел.: +38 044 461 93 55. Факс: +38 044 461 93 60; E-mail: wsua@westfalia.kiev.ua

Ташкент, Узбекистан, ул. Пушкинская, д.65.

Тел.: +99 8712 41 89 41; +99 871 186 02 01 Факс: +99 8712 41 89 41