

Из-за участвовавших случаев кишечных инфекционных заболеваний и пищевых отравлений среди населения Правительство РФ обязало руководителей администраций субъектов Федерации ужесточить требования по санитарно-гигиеническим нормам на всех этапах изготовления продуктов питания, не допускать производства пищевых продуктов с нарушением требований технологии, санитарно-гигиенических и противоэпидемических норм и правил [1]. Уровень гигиены получения молока, условия его хранения и транспортирования отражает содержание микроорганизмов в сыром молоке. Известны два пути обсеменения молока микроорганизмами: эндогенный и экзогенный. Количество бактерий в молоке, полученном от здоровых коров, незначительно и колеблется в интервале 10^3 – 10^4 клеток/мл. В основном это сапрофиты – непатогенные микрококки, корине-бактерии. При нарушении санитарных правил в молоко может попасть много микроорганизмов из окружающей среды. Помимо обычных кишечных палочек, это могут быть патогенные микроорганизмы. При длительном хранении сырого молока (при температуре выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит количественный рост микроорганизмов и смена фаз микрофлоры парного молока. Первая фаза – бактерицидная, когда жизнедеятельность микроорганизмов в молоке подавляется за счет собственных защитных свойств молока. Вторая фаза – фаза смешанной микрофлоры – характеризуется активным размножением микроорганизмов. Скорость развития микробов зависит от первоначального их количества и температуры хранения молока. В этой фазе различают флору низких температур (криофлору), средних (мезофлору) и высоких температур (термофлору) [2]. При низкой температуре хранения молоко длительное время может оставаться в фазе криофлоры. Мезофлора в молоке развивается при его хранении без предварительного охлаждения, для нее характерно быстрое развитие микроорганизмов и увеличение количества молочнокислых бактерий. Термофлора лучше развивается при температуре молока 40 – $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом развиваются термофильные молочнокислые палочки и термофильные стрептококки. Третья фаза – фаза молочнокислых бактерий. В этот период возрастающая концентрация молочной кислоты (65 – $70\text{ }^{\circ}\text{T}$) приводит к постепенному отмиранию молочнокислых стрептококков и замещению их на молочнокислые палочки. Четвертая фаза – фаза дрожжей и плесеней, устойчивых к кислой реакции среды и метаболизирующих молочную кислоту. В результате снижения кислотности создаются благоприятные условия для развития гнилостных бактерий, которые разлагают белковые вещества молока до летучих и газообразных продуктов. Микрофлора молока и молочных продуктов делится на специфическую и неспецифическую. К специфической микрофлоре относятся молочнокислые бактерии: молочнокислые стрептококки, молочнокислые палочки. Основными возбудителями спиртового брожения в молоке и молочных продуктах служат некоторые дрожжи, которые встречаются в кисломолочных

продуктах, масле, сырах. Отдельные их виды сбраживают лактозу и являются постоянной микрофлорой кефира. При нарушении санитарных и технологических правил при производстве и переработке молока в молочных продуктах встречается неспецифическая микрофлора: гнилостные бактерии, маслянокислые бактерии, бактерии группы кишечной палочки, плесневые грибы, а также болезнетворные микроорганизмы. Аэробные споровые микроорганизмы разлагают белок и придают ему горький вкус. Они вызывают гнилостные процессы и участвуют в маслянокислом брожении, которое сопровождается обильным газообразованием. В результате накопления продуктов жизнедеятельности этих бактерий молочные продукты приобретают неприятный вкус и запах. Молочные продукты при несоблюдении санитарных норм могут поражаться плесенью, которая разлагает молочный жир, придавая продукту прогорклый вкус. Бактерии группы кишечной палочки вызывают изменения вкуса и запаха молока, а некоторые разновидности – его ослизнение [3, 4]. При пастеризации погибает большинство микроорганизмов, снижается количество терморезистентных и термофильных бактерий. Термофильные бактерии способны развиваться при высоких температурах. Пастеризация не оказывает губительного действия на терморезистентные бактерии, и уничтожать их можно только стерилизацией. Одним из узких мест в технологии производства молочных продуктов является создание условий биологической стабилизации исходного сырья, обеспечивающих необходимый уровень содержания микрофлоры в молоке и заданное качество готового продукта. Для этого необходимо в первую очередь предотвратить размножение микроорганизмов. Первой стадией торможения развития микроорганизмов, ферментативных и физико-химических процессов должно быть охлаждение молочного сырья до температуры 4–6 °С и хранение при этой температуре до переработки. Вторая стадия – очистка молока от естественных и механических примесей, которые являются благоприятной средой для развития микроорганизмов. Третья стадия – тепловая обработка, температурный режим которой определяет исходная обсемененность молока. Предварительная очистка молока, как важная стадия стабилизации качества сырья, преследует цель оперативного удаления естественных и механических примесей и снижение обсемененности сырья. В РФ количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) нормируется в интервале от $3,0 \cdot 10^5$ до $4,0 \cdot 10^6$ КОЕ/см³. Реальные показатели КМАФАнМ в молоке на приемке может составлять $2,0 \cdot 10^6$ – $1,0 \cdot 10^7$ КОЕ/см³. Европейским союзом (ЕС) с января 1993 г. установлены следующие микробиологические показатели на молоко, обеспечивающие безопасность здоровья людей и животных [5]:

Наименование продукта	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Сырое молоко	менее $1 \cdot 10^5$
Сырое молоко, хранящееся в силосе на молочном заводе более 36 часов	менее $2 \cdot 10^5$
Пастеризованное молоко	менее $3 \cdot 10^4$

Пастеризованное молоко после выдержки в течение 5 дней при температуре 8°C менее $1 \cdot 10^5$ Стерилизованное молоко после термостатирования в течение 15 дней при температуре 30°C менее 10 В соответствии с требованиями мировых стандартов в новом ГОСТ 13264-2001 «Молоко коровье. Требования при закупках» [6] допустимый уровень содержания микроорганизмов в молоке высшего сорта значительно снижен (до 1×10^5 КОЕ /см³). В новом стандарте предусмотрен контроль содержания в молоке соматических клеток (клетки эпителия и лейкоциты из вымени). Согласно стандартам ЕС молоко считается нормальным, если количество соматических клеток составляет от $2,5 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ клеток/мл. С января 1994 г. эти пределы были сокращены до $4 \cdot 10^5$ клеток/мл [5]. Соблюдение этих требований позволит повысить конкурентоспособность отечественных молочных продуктов при интеграции России с Европейским экономическим сообществом. Для очистки молока от естественных и механических примесей предназначены фильтры различных конструкций (пластинчатые, дисковые, цилиндрические) [7]. В качестве фильтрующего материала используют лавсановую ткань, металлическую сетку, которые необходимо периодически заменять, иначе фильтры становятся источником контаминации молока нежелательной посторонней микрофлорой. Опасность повторной контаминации молока-сырья возникает в результате того, что при фильтровании, образующийся на фильтре осадок остается в потоке молока в течение нескольких часов, и через этот слой загрязнений прокачивается сырое молоко. Таким образом, растущая бактериальная флора осадка может повторно инфицировать молоко. Для обеспечения поточности производства в технологическую линию монтируют обычно два фильтра-очистителя параллельно. Использование фильтров рекомендуют при условии высокого качества исходного молока по микробиологическим показателям. В условиях низкого качества молока-сырья рекомендуется использовать центробежную очистку как более эффективную. В ходе центробежной очистки из молока удаляются мельчайшие частицы загрязнений, в том числе частицы бактериального происхождения и нетермостойкие скоагулированные белковые частицы. Для достижения эффективности центробежного очистителя, размер отверстий механического фильтра должен быть не более 25 мкм. При данном размере фильтр даже толщиной 1 мм создаст высокое гидравлическое сопротивление. При падении пропускной способности или при достаточно высоком давлении насосов для перекачки молока уже отфильтрованные частички могут быть продавлены через фильтр и, таким образом, попасть в очищенное молоко. Центробежная очистка молока требует дополнительных энергетических и эксплуатационных затрат, поэтому ее часто совмещают с процессом сепарирования. Однако первичная центробежная очистка молока на стадии приемки обеспечивает повышение стойкости молока при хранении и сохранение качества сырья на всех этапах дальнейшей переработки. Проблема

повторного инфицирования молока-сырья бактериальной флорой отсутствует при использовании саморазгружающихся сепараторов молокоочистителей, поскольку молочный осадок удаляется с заданной периодичностью. Широкое применение получила холодная очистка молока при температуре 5–10°C. Данные центрифуги легко интегрируются в систему, в отличие от механических фильтров [6]. Общее содержание осадка в молоке в разных случаях может быть различным, но обычно составляет около 1 кг/т [8, 9]. Объем отсека для накопления осадка зависит от размеров сепаратора-молоко-очистителя, обычно он составляет 10–20 литров. Выброс твердой фракции происходит через 30- или 60-минутные интервалы в процессе сепарации молока. При правильном ведении центробежной очистки можно значительно снизить общую бактериальную загрязненность молока. Правда, удалить соматические клетки таким способом не возможно. Поэтому в районах со сложной экологической ситуацией применяют и фильтры и молокоочистители. Для полного удаления из молока бактериальных клеток, в том числе и споровых форм, лейкоцитов применяют бактофугирование.

Обсуждение результатов. В качестве объекта исследования была выбрана стадия пастеризации технологической линии стерилизации молока. Анализировалась эффективность работы механических фильтров грубой очистки (марка – 2LKVF, фильтрующий элемент металлическая рабица, размер пор – 0,85 мм) на стадии приемки молока. Согласно инструкции по обслуживанию фильтры грубой очистки должны каждые три часа промываться, что не соблюдается. Проведен биохимический контроль молока на всех технологических этапах пастеризации (рис. 1). Рис. 1 – Технологическая схема пастеризации молока

Анализ работы механических фильтров сразу после их промывки показал, что качество молока после фильтрования не снижается и молоко по качеству соответствует высшему сорту (содержание соматических клеток – $3,2 \cdot 10^5$ клеток/мл, КМАФАнМ – $3,0 \cdot 10^5$ КОЕ/мл) (табл.1). Спустя три часа непрерывной работы фильтров, молоко, отнесенное по показателям качества при приемке к молоку высшего сорта (КМАФАнМ $2,5 \cdot 10^5$ КОЕ/мл), пройдя через фильтр, соответствует только первому сорту (КМАФАнМ $4,0 \cdot 10^5$ КОЕ/мл). Причиной тому является повторная контаминация молока-сырья на фильтре. Через шесть часов непрерывной работы фильтра качество отфильтрованного молока ухудшается. Отобранное из автоцистерны молоко и соответствующее, по показателю качества высшему сорту ($1,4 \cdot 10^5$ КОЕ/мл), после прохождения через фильтр становится несортным – КМАФАнМ $2,5 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод (табл. 2), что эффективность работы фильтров неудовлетворительная. Уже через три часа непрерывной работы фильтров происходит снижение сортности поступающего молока в результате повторной контаминации. При непрерывной работе фильтров в течение шести часов происходит полное падение качества сырья. Нормативная микробиологическая чистота готового продукта обеспечивается за счет

ужесточения режима пастеризации, что вызывает нежелательные изменения компонентного состава молока. Потери белка, как наиболее ценного нутриента молока, после пастеризации составляют в среднем 12%. Экспериментальная часть. Определение кислотности проводилось титриметрическим титрованием по ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности» [10]. Определение массовой доли жира по ГОСТ Р ИСО 2446-2011 «Молоко. Метод определения содержания жира» [11]. Определение термоустойчивости исследуемого молока проводилось в соответствии с ГОСТ 25228-82 «Молоко и сливки. Метод определения термоустойчивости по алкогольной пробе» [12]. Определение точки замерзания молока по ГОСТ 30562-97. Молоко. Метод определения точки замерзания [13]. Определение массовой доли белка проводилось в соответствии с ГОСТ 25179-90 «Молоко. Методы определения белка» [14]. Определение соматических клеток в анализируемой пробе молока по ГОСТ 23453-90 «Молоко. Методы определения количества соматических клеток» [15]. Определение плотности молока проводилось в соответствии с ГОСТ 3625-84 «Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности» [16]. Определение массовой доли лактозы, точки замерзания, сухих веществ и сухого обезжиренного остатка осуществляли с помощью анализатора MilkoScan FT 120, сертифицированного Ассоциация аналитических химиков и IDF (Международная молочная федерация). Метод определения обсемененности по редуктазной пробе с резазурином и определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) осуществляли в соответствии с ГОСТ 9225-84. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа [17].

Таблица 1 – Показатели качества молока на всех этапах технологической обработки в зависимости от времени работы фильтров первичной очистки

Наименование измеряемого параметра	Точка отбора пробы	Автоцистерна (объединенная проба)	Танк сырого молока (после очистки и охлаждения)	Танк сырого молока перед переработкой	На выходе из пастеризатора	Танк пастеризованного молока
Температура, °С	5	6	6	7	7	7
Кислотность, °Т	17-18	17-18	17-18	17-18	17-18	17-18
Массовая доля основных компонентов молока, %						
Жир	4,0	4,0	4,0	3,2	3,2	3,2
Белок	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9
Лактоза	4,24	4,23	4,23	4,22	4,23	4,23
СОМО	8,43	8,40	8,42	7,98	7,98	7,98
Точка замерзания, оС	0,55	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Плотность, г/см ³	1,029	1,029	1,029	1,028	1,028	1,028
Количество соматических клеток в молоке, клеток/см ³	чистый фильтр	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵	2,8·10 ⁵	2,8·10 ⁵
	- третий час непрерывной работы фильтра	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵	2,8·10 ⁵	2,8·10 ⁵
	- шестой час непрерывной работы фильтра	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵	2,8·10 ⁵	2,8·10 ⁵
Обсемененность молока, клеток/см ³ · КМАФАнМ:	чистый фильтр	2,1·10 ⁵	3·10 ⁵	3,1·10 ⁵	2,0·10 ⁴	2,3·10 ⁴
	- третий час непрерывной работы	2,5·10 ⁵	4·10 ⁵	5, ·10 ⁵	2,8·10 ⁴	3,1·10 ⁴
	- шестой час непрерывной работы	1,4·10 ⁵	2,5·10 ⁷	2,9·10 ⁷	8,0·10 ⁴	8,0·10 ⁴
	· по редуктазной пробе:	чистый фильтр	до 3·10 ⁵	до 3·10 ⁵	до 3·10 ⁵	до 3·10 ⁵

3·105 до 3·105 - третий час непрерывной работы до 3·105 3·105-5·105 3·105-5·105
 до 3·105 до 3·105 - шестой час непрерывной работы до 3·105 5·105- 4 ·106 5·105-
 4·106 до 3·105 до 3·105 Таблица 2 – Сравнительные показатели качества молока
 при использовании фильтров спустя 6 часов непрерывной работы (показатели
 качества стандарта исходного молока соответствуют высшего сорту) Точка
 отбора молока Температура, °С Кислот-ность, °Т Количество соматических
 клеток, клеток/ мл КМАФАнМ, КОЕ/мл опыт стандарт опыт стандарт РФ ЕС РФ ЕС
 Автоцистерна 5 18 3,2·105 5·105 4·105 1,4·105 3·105 1·105 Танк сырого молока
 (после очистки) 6 18 3,2·105 5·105 4·105 2,5·107 3·105 1·105 Танк
 нормализованного молока (после пастеризации) 7 18 2,8·105 8,0·104 1·105 3·104