

УДК 619:579:637.12

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В МОЛОКЕ-СЫРЬЕ

Г.В. РОДИОНОВ, С.Л. БЕЛОПУХОВ, Р.Т. МАННАПОВА, О.Г. ДРЯХЛЫХ

(РГАУ-МСХА имени КА. Тимирязева)

*Повышенная бактериальная обсемененность ухудшает качество сырого молока и продуктов его переработки и создает определенный фактор риска для здоровья людей. С целью подавления развития микроорганизмов известны различные способы, например, термическое воздействие. Известны также способы получения молока заданного качества за счет химического воздействия на микроорганизмы. Для изучения влияния на развитие микроорганизмов молока предлагается метод получения молока и молочных продуктов заданного качества, включающий обработку молока электрохимически активированной водой. Процесс электрохимической активации воды сопровождается значительным уменьшением количества бактерий и вирусов. Для получения электрохимически активированной воды был использован электрокондиционер, который работает на принципах электроуправляемой сорбции и способствует снижению концентраций в воде микрочастиц минералов, гумуса и иных инородных материалов, микроорганизмов и токсичных компонентов. Установлено, что на общую бактериальную обсемененность молока наибольшее воздействие оказывает добавление в молоко воды, обработанной на электрокондиционере (катод), и при промывке емкости для хранения молока водой, обработанной на электрокондиционере (катод+анод). Все изучаемые рабочие растворы воды подавили рост бактерий *Escherichia coli*. Исследуемые растворы оказали значительное воздействие на развитие *Staphylococcus aureus* при промывке емкости для хранения молока и снизили их количество в 2,6-5,2 раза. На рост и развитие дрожжеподобных грибов из рода *Candida albicans* и микроскопических плесневых грибов из родов *Penicillium* и *Aspergillus* наибольшее влияние оказала вода, обработанная на электрокондиционере (катод+анод). С целью снижения бактериальной обсемененности молока авторы рекомендуют промывку емкости для хранения и транспортировки молока водой, обработанной на электрокондиционере (катод+анод).*

Ключевые слова: безопасность молока-сырья, качество, патогенные микроорганизмы, бактерии, электрохимически активированная вода, электрокондиционер воды.

В молочной промышленности микробиологическая безопасность молока-сырья закладывает основу технологий производства высококачественной продукции. Повышенная бактериальная обсемененность ухудшает качество сырого молока и продуктов его переработки и создает определенный фактор риска для здоровья людей.

Молоко является хорошей питательной средой для различных микроорганизмов. Обычно в молоке имеются молочнокислые, колиформные, маслянокислые, пропионовокислые и гнилостные бактерии [1]. При использовании полезных микроорганизмов в производстве можно получать продукты с хорошими органолептическими и лечебно-диетическими свойствами. Это прежде всего очень большая группа естествен-

ных полезных микроорганизмов. К ним относятся, например, молочнокислые бактерии, которые применяются при производстве таких продуктов, как кефир, творог, сметана, сыр. К молочнокислым бактериям относят кокки и палочки, не образующие спор.

К вредным относятся все патогенные микроорганизмы, обнаруженные в молоке, вызывающие инфекционные заболевания животных и человека. Вредны также непатогенные или условно патогенные бактерии, выделяющие токсины в молоко, например, стафилококки. Нежелательно наличие в молоке кишечной палочки, сенной палочки, флуоресцирующих бактерий, некоторых микрококков и др.

С целью подавления развития микроорганизмов используются различные способы получения молока и молочных продуктов заданного качества за счет внешнего воздействия на развитие микроорганизмов [10]. Гибель бактерий в молоке и молочных продуктах происходит, в частности, при воздействии на них некоторых физических факторов. Физические методы консервирования основаны на применении высоких и низких температур, ультразвука, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, ионизирующих излучений и др. [5].

Повышенная температура вызывает гибель микробов, что увеличивает стойкость продукта, поэтому сохранение молока таким способом получило широкое распространение. В зависимости от цели производства молочных продуктов используют пастеризацию и стерилизацию. Консервирование посредством использования низких температур заключается в подавлении жизнедеятельности микроорганизмов, снижении активности ферментов, замедлении биохимических процессов.

Консервирование ионизирующей радиацией позволяет наиболее полно сохранить природные пищевые и биологические свойства молока и обеспечить его продолжительную сохранность. Особенностью консервирования ионизирующей радиацией является наличие стерилизующего эффекта без повышения температуры [3]. Облучение ультрафиолетовыми лучами (УФЛ) с длиной волны 60-400 нм приводит к гибели микрофлоры, обусловленной адсорбцией УФЛ нуклеиновыми кислотами и нуклеопротеидами, что вызывает их денатурацию. Особенно чувствительны к УФЛ патогенные микроорганизмы и гнилостные бактерии [2].

Консервирование ультразвуком (более 20 кГц) вызывает ряд физических, химических и биологических явлений: инактивацию ферментов, витаминов, токсинов, разрушение одноклеточных и многоклеточных организмов. Поэтому этот метод используют для пастеризации молока в бродильной и безалкогольной промышленности для стерилизации консервов.

Стерилизация фильтрованием представляет собой механическое отделение продукта от возбудителей порчи с использованием фильтров с микроскопическими порами, т.е. процесс ультрафильтрации. Этот способ позволяет максимально сохранить пищевую ценность и органолептические свойства товаров и применяется для обработки молока. Он основан на использовании специальных стерилизующих асбестовых или керамических фильтров, через которые под давлением пропускают молоко.

Известен также способ, включающий обработку жидкостей, в которых находятся бактерии (*Escherichia coli K12*), электрическими импульсами с напряженностью электрического поля не более 6-20 кВ/см [4]. При данном способе внешнее импульсное электрическое поле может индуцировать наложенный трансмембранный потенциал, который вызовет необратимое увеличение мембранной проницаемости после превышения электрическим полем критического значения. Это, в свою очередь, приведет к изменению и потере содержимого клетки, к ее биологическому расщеплению и необратимому разрушению.

В настоящее время существует способ обработки, позволяющий увеличить сроки хранения продуктов, сохранить или даже улучшить их исходные качества за счет реализации механизма инактивирующего действия на микроорганизмы, включающий обработку жидкостей и жидкотекучих продуктов импульсами электромагнитного поля [6].

При реализации данного способа возникает возможность подавляющего воздействия на систему управления клеткой, на генетический материал клетки микроорганизма как непосредственно полем, так и свободными электронами, образованными в клетке за счет этого сильного поля.

Короткие импульсы сильного электромагнитного поля могут необратимо разрушить за время, существенно меньше, чем 0,1 с, множество слабых, но важных для нормального функционирования системы управления клеткой связей, нарушить синтез ДНК, что в конечном итоге приведет к гибели клетки. При этом сохраняются исходные качества продуктов, а степень стерилизации по сравнению с традиционной тепловой обработкой возрастает. Исследования показали, что при изменении параметров импульсов происходит полное или выборочное подавление жизнедеятельности микроорганизмов молока [7].

Для реализации вышеописанного способа с целью получения молока и молочных продуктов заданного качества предлагается устройство, снабженное генератором импульсов тока с пультом управления, регулирующим длительность импульсов, пауз и выходное напряжение импульса, и молокоприемным баком, выполненным в виде соленоида [8], а также устройство, в котором источник импульсов электромагнитного поля помещен в молокоприемный бак [9].

Основные результаты исследований

С целью повышения качества молока за счет подавления развития микроорганизмов в период с 2010 по 2012 гг. в Испытательной лаборатории по качеству молока РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева были проведены исследования по изучению влияния различных способов обработки молока электрохимически активированной водой на развитие бактериальной микрофлоры в молоке.

Электрохимическая активация воды — это индуцированное электрическим током направленное отклонение активности электронов в среде от равновесного состояния с последующей релаксацией возмущений среды. Наиболее изучена электрохимическая активация воды, которая является разновидностью других активационных процессов, таких как омагничивание, быстрое замораживание и оттаивание, механическое разбрызгивание [11].

Сущность электрохимической активации воды состоит в том, что разбавленные растворы минеральных солей при обработке электрическим током получают и отдают электроны, переходя в метастабильное состояние, характеризующееся аномальной физико-химической активностью, которая постепенно убывает во времени (релаксирует).

При электрохимической активации воды меняется ее окислительно-восстановительный потенциал, который является мерой свободной энергии реакции окисления — восстановления химических веществ и выражается разновидностью потенциалов, возникающих в настоящей окислительно-восстановительной системе. Кроме того, процесс электрохимической активации воды сопровождается уменьшением в тысячи раз количества бактерий и вирусов.

Для изучения влияния электрохимически активированной воды на микробиологический состав молока был использован электрокондиционер, который работает на принципах электроуправляемой сорбции и способствует снижению концентраций в воде микрочастиц минералов, гумуса и иных инородных материалов, микроорганизмов и токсичных компонентов, содержащихся в воде.

Важной особенностью электрокондиционеров является то, что они в отличие от фильтров многих других типов обеспечивают существенное снижение окислительно-восстановительного потенциала воды, что делает последнюю более благоприятной для употребления в пищевых целях.

Аппарат представляет собой проточный электрохимический реактор со штуцерами для подвода и отвода обрабатываемой воды. Внутри колб реакторов расположены специального вида химически инертные электроды. Пространство между пластинами электродов заполнено гранулированным материалом, который в электрическом поле приобретает необходимые для очистки воды свойства. При начале водоразбора блок электропитания автоматически подает напряжение на электроды, за счет чего в пространстве между ними создается электрическое поле.

Вода, подлежащая очистке, проходит через слой гранулированной насадки при подавном на электроды аппарата рабочем напряжении, очищается от вредных компонентов и далее поступает к водоразборному крану пользователя. Загрязняющее вещество и микроорганизмы разрушаются под действием электрического поля за счет электрохимических процессов или задерживаются гранулированной насадкой. При промывке поток воды в отсутствие электрического поля удаляет загрязнения, удерживаемые насадкой.

Для изучения влияния воды, приготовленной различными способами на электрокондиционере с добавлением различных присадок к этой воде, на микробиологический состав молока коров были проведены следующие исследования.

В 1-м опыте емкости для хранения молока были обработаны специально подготовленными растворами:

- № 1 — вода, обработанная на электрокондиционере (катод);
- № 2 — вода, обработанная на электрокондиционере (анод);
- № 3 — вода, обработанная на электрокондиционере (катод+анод).

Во 2-м опыте в молоко были добавлены специально подготовленные растворы в количестве 5% от общего объема молока:

- № 1 — вода, обработанная на электрокондиционере (катод);
- № 2 — вода, обработанная на электрокондиционере (катод+анод), с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^3 %;
- № 3 — вода, обработанная на электрокондиционере (анод);
- № 4 — вода, обработанная на электрокондиционере (катод+анод), с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^2 %;
- № 5 — вода, обработанная на электрокондиционере (катод+анод).

В качестве присадки в исследованиях использовали полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, который используется в медицине для дезинфекции, защиты от повреждения микроорганизмами различных промышленных изделий, защиты сельскохозяйственных растений от болезней, а также в промышленности для очистки воды.

В табл. 1 представлены данные об общей бактериальной обсемененности исследуемых образцов, из которых видно, что в контрольном образце была высокая бактериальная обсемененность молока, но под действием воды, обработанной на электрокондиционере, общая бактериальная обсемененность значительно снизилась. Причем наиболее существенное снижение, вплоть до полного уничтожения

Т а б л и ц а 1

Общая бактериальная обсемененность исследуемых образцов*

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	Сплошной рост
Обработанная на электрокондиционере (катод)	$13 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (анод)	$14,5 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	Отсутствие роста

* емкости для хранения молока обработаны водой (здесь и в табл. 2-4).

бактерий, произошло при обработке емкости для хранения молока раствором воды, полученной в смеси с анода и катода.

В табл. 2 представлены данные о количестве колоний дрожжеподобных и микрогрибов, жизнедеятельность которых приводит к порче продукта. Полное уничтожение бактерий произошло в молоке, емкость для хранения которого обрабатывали водой, полученной на электрокондиционере с анода и катода.

Т а б л и ц а 2

Количество колоний дрожжеподобных грибов из вида *Candida albicans* и микроскопические плесневые грибы из родов *Penicillium* и *Aspergillus**

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	Обильный рост
Обработанная на электрокондиционере (катод)	$6 \cdot 10^2$
Обработанная на электрокондиционере (анод)	$1,3 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	Отсутствие роста

В табл. 3 приведены данные о количестве колоний *Staphylococcus aureus*, из которых видно, что исследуемые растворы оказали значительное воздействие на развитие *S. aureus* и снизили их количество в 2,6-5,2 раза по сравнению с контрольным образцом.

Т а б л и ц а 3

Количество колоний *S. aureus* в опытных образцах*

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	$1,3 \cdot 10^2$
Обработанная на электрокондиционере (катод)	$0,25 \cdot 10^2$
Обработанная на электрокондиционере (анод)	$0,32 \cdot 10^2$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	$0,5 \cdot 10^2$

В табл. 4 приведены данные о количестве бактерий рода *E. coli*. Существенное воздействие на развитие *E. coli* оказали все исследуемые растворы воды.

Количество бактерий рода бактерий *E. coli**

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	$7,5 \cdot 10^2$
Обработанная на электрокондиционере (катод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (анод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	Отсутствие роста

Микробиологический состав молока при добавлении в молоко электрохимически активированной водой также подвергся изменениям. В табл. 5 приведены показатели общей бактериальной обсемененности молока при добавлении в него воды, полученной различными способами ее обработки. Установлено, что вода, обработанная на электрокондиционере с катода и добавленная в молоко, оказала наибольший обеззараживающий эффект по сравнению с другими образцами. Остальные образцы практически не отличались от контроля.

Таблица 5

Общая бактериальная обсемененность*

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	$20 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-3} %	$30 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (анод)	$10 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод), с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-2} %	$10 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	$10 \cdot 10^3$

* в молоко добавлена специально подготовленная вода в количестве 5% от его общего объема (здесь и в табл. 6-8).

В табл. 6 представлены данные об общем количестве дрожжеподобных и микрогрибов в 1 мл молока, из которых видно, что полное уничтожение грибов произошло при добавлении в молоко воды, обработанной на электролизере (катод) и воды, обработанной на электролизере (анод + катод). В образцах под номерами 2, 4 и 5 снижение уровня грибов было в 1,3-4,1 раза.

В табл. 7 представлены данные о количестве золотистого стафилококка в исследуемых пробах молока, из которых видно, что поскольку в контрольной пробе молока не было обнаружено колоний *S. aureus*, исследуемые растворы никак себя не проявили.

Из представленных данных в табл. 8 о количестве бактерий рода *E. coli* видно, что в 1 мл контрольной пробы молока было $6,5 \cdot 10^2$ КОЕ бактерий *E. coli*. Все опытные образцы полностью подавили рост *E. coli*.

Таблица 6

**Количество колоний дрожжеподобных грибов из вида *Candida albicans*
и микроскопические плесневые грибы из родов *Penicillium* и *Aspergillus***

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	$4,5 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод)	$3,4 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-3} %	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (анод)	$1,1 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-2} %	$2,2 \cdot 10^3$
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	Отсутствие роста

Таблица 7

Количество колоний *S. aureus**

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-3} %	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (анод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-2} %	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	Отсутствие роста

Таблица 8

Количество бактерий рода *E. coli**

Способ обработки воды	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл
Контрольная без воздействия	$6,5 \cdot 10^2$
Обработанная на электрокондиционере (катод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-3} %	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (анод)	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод) с добавлением полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в концентрации 10^{-2} %	Отсутствие роста
Обработанная на электрокондиционере (катод+анод)	Отсутствие роста

Таким образом, установлено, что на общую бактериальную обсемененность молока наибольшее воздействие оказало добавление в молоко воды, обработанной на электрокондиционере (катод), и при промывке емкости для хранения молока водой, обработанной на электрокондиционере (катод+анод).

Выводы

1. Все изучаемые рабочие растворы воды подавили рост бактерий *E. coli* независимо от способа обработки молока.

2. В связи с тем, что в исходном молоке-сырье при добавлении в молоко рабочих растворов отсутствовали бактерии рода *S. aureus* невозможно сделать вывод о влиянии этого способа на их развитие. В то же время, как было отмечено выше, исследуемые растворы оказали значительное воздействие на развитие *S. aureus* при промывке емкости для хранения молока и снизили их количество в 2,6-5,2 раза по сравнению с контрольным образцом.

3. Независимо от способа обработки молока на рост и развитие дрожжеподобных грибов из рода *Candida albicans* и микроскопических плесневых грибов из родов *Penicillium* и *Aspergillus* наибольшее влияние оказала вода, обработанная на электрокондиционере (катод+анод).

3. С целью снижения бактериальной обсемененности молока и сохранения других его качественных и количественных характеристик рекомендуется промывка емкости для хранения и транспортировки молока водой, обработанной на электрокондиционере (катод+анод).

Библиографический список

1. Андреев В.Б., Демидова Л.Д., Пвановцев В.В. Некоторые моменты обеспечения санитарного качества молока. М.: Триада, 2002. 56 с.
2. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Миндишев П.В. Промышленная микробиология. СПб.: изд-во СПХФА, 2003. 220 с.
3. Дегтярев Г. О производстве качественного и безопасного молока // Молочное и мясное скотоводство. 1998. № 6. С. 24-30.
4. Карташова В.М., Титарчук К. Технология получения высококачественного молока // Молочное и мясное скотоводство. 1994. №1-2. 28-30 с.
5. Полищук П.К., Дербинова Э.С. Лабораторный практикум по микробиологии молока и молочных продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 200 с.
6. Родионов Г.В., Ананьева Т., Кулсугет Е. Регулирование содержания микроорганизмов в молоке — сырье // Молочная промышленность. 2012. № 8. 14 с.
7. Способ подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: пат. 2440769 Рос. Федерации, А01J 11/00, А23С 3/07, А23L 3/32. № 2010140127/10; заявл. 01.10.2010; опубл. 27.01.2012. Бюл. № 5. 4 с.
8. Устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: пат. 113114 Рос. Федерация, А01J 11/00, А23С 3/07, А23L 3/32, С02F 1/48. № 2010149472/10; заявл. 06.12.2010; опубл. 10.02.2010. Бюл. № 4. 4 с.
9. Устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: пат. 117775 Рос. Федерация, А01J 11/00, А23С 3/07, А23L 3/32. №2012108023/10; заявл. 05.03.2012; опубл. 10.07.2012. Бюл. № 19. 3 с.
10. Чингина И., Пельц С. Новый подход к лечению и профилактике хронических болезней. Домашняя электротерапия. М., 2008. 144 с.
11. Reinemann D., Mein G., Brav D. Troubleshooting high bacteria counts in farm milk // J. Microbiol. 2000. № 23. P. 65-79.

REGULATION OF THE NUMBER OF MICROORGANISMS IN RAW MILK

G.V. RODIONOV, S.L. BELOPUKHOV, R.T. MANAPOVA, O.G. DRYAKHLYKH

(Russian State Agrarian University — K. A. Timiryazev MAA)

High bacterial population impairs the quality of raw milk and derived products and creates a certain risk factor for human health. There are various ways of suppressing microorganisms development, for instance, thermal action is one of them. As it is known, there also exist some methods of obtaining milk of programmed quality due to chemical treatment of microorganisms. In order to study the influence of microorganisms' development there is offered a method of obtaining milk of the programmed quality, which is based on the treatment of milk with electrochemically activated water. The process of electrochemical water activation is accompanied by significant reduction in the number of bacteria and viruses. For obtaining electrochemically activated water electronic conditioner has been used. It works according to the principles of electrically-operated sorption and favours the decrease in the concentration of mineral micro particles, of humus and foreign matters, of microorganisms and toxins. It was revealed that the adding of water processed on electronic conditioner (cathode) to milk as well as washing of milk storage tanks with water processed on electronic conditioner (cathode + anode) has the greatest impact on the total bacterial count. All studied water solutions have suppressed the development of Escherichia coli. The studied solutions affected considerably Staphylococcus aureus development after having been used for washing the tanks for milk storage and reduced bacteria abundance 2,6—5,2 times in comparison with the test sample. Water processed in the electronic conditioner (cathode + anode) has the greatest impact on growth and development of yeast-like fungi of the genus Candida albicans and microscopic mold fungi of the genus Penicillium and Aspergillus. In order to decrease bacterial population of milk the authors recommend washing tanks for milk storage and transportation with water processed in the electronic conditioner (cathode + anode).

Родионов Геннадий Владимирович — д. с.-х. н., проф., заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, заведующий Испытательной лабораторией по оценке качества молока (127550. г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-40-40; e-mail: mlabor@timacad.ru).

Белопухов Сергей Леонидович — д. с.-х. н., проф., заведующий кафедрой физической и органической химии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Тел.: (499) 976-32-16.

Маннапова Рамзия Тимергалеевна — д. б. н., проф., проф. кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: (499) 976-09-66.

Дряхлых Ольга Геннадьевна — ведущий специалист Испытательной лаборатории по качеству молока РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: (499) 977-71-72; e-mail: mlabor@timacad.ru.