

Галоидактивные дезинфицирующие средства

Канд. техн. наук **Б.В.МАНЕВИЧ**,
д-р техн. наук **Ж.И.КУЗИНА**,
Т.В.КОСЬЯНЕНКО
ВНИИ молочной промышленности

Дезинфекция является неотъемлемым процессом повседневных санитарно-гигиенических мероприятий на молокоперерабатывающих предприятиях. На практике используют различные способы дезинфекции:

- физические (тепловая обработка горячей водой; насыщенным, перегретым или острым паром; ультрафиолетовое и ионизирующее излучение; ультразвуковое воздействие; радиационная обработка и др.);
- химические с различными действующими веществами (галоидактивные, кислородактивные, четвертично-аммониевые соединения, производные гуанидинов, третичные амины, низшие жирные спирты, органические и неорганические кислоты, фенольные и альдегидсодержащие соединения, щелочные электролиты и др.).

На предприятиях молочной промышленности для обеззараживания достаточно широко использовали и продолжают использовать горячую воду и острый пар. Необходимо отметить, что обработка горячей водой малоэффективна, так как не обеспечивает должного результата по отношению ко многим термоустойчивым и спорообразующим микроорганизмам.

Кроме этого технически достаточно сложно обеспечить постоянную температуру (95 ± 2 °С), особенно на протяженных маршрутах, состоящих из трубопроводов, емкостного оборудования, насосов и арматуры. После обработки, при охлаждении, внутрь емкостей и трубопроводов попадает воздух производственного помещения [5]. Постоянное использование горячей воды для обработки оборудования провоцирует образование водного камня, способствующего развитию биопленок.

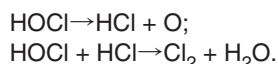
Эффективность острого пара не вызывает сомнений, однако необходимо

учитывать, что для многих видов оборудования этот способ дезинфекции использовать нельзя. Следует заметить, что при высокотемпературной обработке происходит деструкция уплотнений и прокладок, а рост цен на энергоносители определяет экономическую нецелесообразность обработки острым паром и горячей водой.

Применение средств химической дезинфекции на современном предприятии – необходимое условие в комплексе профилактических санитарно-гигиенических мероприятий. К галоидактивным дезинфицирующим средствам относятся хлор-, бром- и йодактивные соединения.

Наиболее изученной группой препаратов, применяемых более 100 лет, являются хлорсодержащие дезинфектанты. Их привлекательность объясняется эффективностью и высокой активностью, широким спектром антимикробного действия [7]. Кроме этого они относятся к наиболее доступным и дешевым средствам дезинфекции.

В основе дезинфицирующего действия любого хлорсодержащего средства лежат окислительные процессы. При растворении в воде эти препараты образуют хлорноватистую кислоту, которая, в свою очередь, разлагается на атомарный кислород и хлор:



Выделившийся кислород обладает сильным окислительным действием на оболочку микробной клетки. Хлор также является сильным окисляющим веществом, что выражается в отнятии электронов от органических веществ, входящих в состав клетки. Кроме этого хлор проникает через бактериальную оболочку, разрушает протоплазму и свертывает аминокислоты протеинов клетки, что приводит к ее гибели [4].

Осветленные растворы хлорной извести практически не используются на молочных предприятиях для дезинфекции поверхностей оборудования, контактирующих с пищевой продукцией и

ингредиентами, так как с 1998 г. их применение в этих целях запрещено. Формула $\text{Ca}(\text{Cl})\text{OCl} \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaCl}_2$ лишь схематично отражает основной состав хлорной извести – смешанной соли соляной и хлорноватистой кислот. Продукт хлорирования гидроокиси кальция является сложной смесью, состоящей из гипохлорита, хлорида и гидроокиси кальция. Основные составляющие компоненты хлорной извести: $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$; $3\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$; $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaCl}_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Таким образом, основой хлорной извести является водонерастворимая гидроокись кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, которая присутствует в осветленных растворах в виде тонкодисперсной взвеси, осаждающейся на обрабатываемых поверхностях, образуя белесый налет, который можно удалить только с помощью кислотных растворов.

Гипохлориты натрия (NaClO) или кальция являются достаточно эффективными и дешевыми препаратами, но в то же время крайне нестабильными. По ГОСТ 11086–76 «Гипохлорит натрия. Технические условия» при хранении концентрированных растворов в течение 10 сут при 20 °С возможна потеря активного хлора до 30 % от первоначального содержания.

Гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, или кальциевая соль хлорноватистой кислоты, представляет собой кристаллический порошок белого или желтоватого цвета с запахом хлора, содержащий до 80–90 % активного хлора. На практике чаще встречается основная кальциевая соль хлорноватистой кислоты, так называемая двутретиосновная соль гипохлорита кальция – $3\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot x \cdot 2\text{Ca}(\text{CH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$, с массовой долей активного хлора 35–52 %. По свойствам и способу приготовления рабочих растворов гипохлорит кальция аналогичен хлорной извести.

Хорошо известно дезинфицирующее средство «Хлорамин Б» – натриевая соль хлорамида бензолсульфоуксусной кислоты

($C_6H_5SO_2NNaCl \cdot 3H_2O$). Содержание активного хлора в «Хлорамине Б» – 24–29 %. Водные рабочие растворы имеют слабощелочную реакцию среды (рН ~7,5) и более стабильны, чем растворы хлорной извести и гипохлоритов.

Применение для дезинфекции таких давно известных и ранее широко используемых хлорсодержащих препаратов, как хлорная известь, гипохлорит натрия или кальция и «Хлорамин Б», документально не регламентировано органами Роспотребнадзора для молокоперерабатывающих предприятий. Отсутствие Свидетельства о государственной регистрации с областью применения – «Пищевая (или молочная) промышленность», декларации о соответствии и прочей сопроводительной НТД исключает использование данных препаратов на молочных производствах в контексте внедрения ХАССП и является нарушением санитарного законодательства РФ [5].

Из хлорсодержащих препаратов, разрешенных для применения на предприятиях молочной промышленности, выделяются средства на основе дихлоризоциануровой и трихлоризоциануровой кислот. Трихлоризоциануровая кислота (ТХЦК) – $C_3O_3N_3Cl_3$ – желтоватый кристаллический порошок со слабым запахом хлора, содержащий 86–91 % активного хлора. ТХЦК очень плохо растворяется в воде (0,6–0,8 % по акт. Cl). Более широко применяется дихлоризоцианурат натрия (ДХЦН), или натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты, – $C_3N_3O_3Cl_2Na \cdot 2H_2O$. ДХЦН представляет собой порошок белого или светло-кремового цвета с незначительным запахом хлора, хорошо растворяющийся в воде (25 %). Обычно он содержит не менее 52 % (до 71 %) активного хлора. Бактерицидные концентрации в среднем в 2 раза ниже, чем у «Хлорамин Б».

Для дезинфекции ВНИМИ рекомендует использовать высокоэффективные дезинфицирующие средства на основе дихлоризоцианурата натрия или натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты, разрешенные органами Роспотребнадзора для применения на предприятиях молочной промышленности. Средства на основе ДХЦН по сравнению с большинством хлорсодержащих препаратов обладают меньшей токсичностью, не вызывают аллергических реакций и выраженного раздражения кожи рук и верхних дыхательных

путей; рабочие растворы не приводят к коррозии металла, не вступают во взаимодействие с покрытиями и не оставляют на них следов; их можно применять в присутствии людей; обладают высокой растворимостью, стабильностью при длительном хранении (3–5 лет).

Но главным достоинством этих препаратов является возможность выпуска в удобной таблетированной форме и достаточно длительное развитие резистентности к ним микроорганизмов. Кроме активно действующего вещества – натриевой соли дихлоризоциануровой кислоты в состав подобных препаратов входят функциональные компоненты – адипиновая кислота, углекислый натрий и пр. В конечном счете действующим веществом является свободный активный хлор (ионы гипохлорита ClO и (или) молекулы хлорноватистой кислоты) [8].

Биоцидная активность хлорноватистой кислоты максимальна в слабокислых растворах. Поэтому важное значение приобретает поддержание стабильного уровня рН в этих пределах. В дезинфицирующих препаратах стабильность хлорноватистой кислоты в рабочем растворе обеспечивается поддержанием рН 6,0 [2]. Кроме того, спороцидное действие активного хлора особенно сильно проявляется в диапазоне рН от 5,5 до 7,5. Этот эффект достигается благодаря наличию в рецептуре адипиновой кислоты. Поэтому биоцидная активность рабочих растворов препаратов с ДХЦН выше, чем у «традиционных» хлорсодержащих средств.

Хлорноватистая кислота обладает способностью к образованию метастабильных универсальных по спектру антимикробного действия смесей оксидантов. Так, в организме человека в особых клеточных структурах синтезируется хлорноватистая кислота и высокоактивные метастабильные хлоркислородные и гидропероксидные соединения (метастабильная смесь оксидантов) для борьбы с микроорганизмами и чужеродными субстанциями [1, 3].

Дезинфицирующие средства на основе дихлоризоцианурата натрия являются высокоэффективными антимикробными препаратами по отношению ко многим видам микроорганизмов: микобактериям, бактериям группы кишечных палочек, стафилококкам, стрептококкам, сальмонеллам, плесневым грибам, грибам рода *Candida*, дрожжам, вирусам (включая вирусы гепатитов и ВИЧ) [5].

Рабочие растворы, используемые на практике (100–300 мг/л активного хлора) с указанной выше величиной рН, не токсичны, достаточно безопасны и не требуют соблюдения специальных мер техники безопасности [6]. При нанесении на кожу и ингаляционном воздействии такие препараты относятся к 4-му классу малоопасных соединений. Препараты не обладают сенсibiliзирующим действием. Фиксирующая и коррозионная активность хлора в рабочих растворах снижена за счет содержания в рецептуре углекислого натрия. Ионы натрия, вытесняя ионы кальция и магния, смягчают воду, что, в свою очередь, увеличивает эффективность проводимой дезинфекции.

Следует отметить, что средства на основе ДХЦН, имея мощное активное действующее вещество в отношении большого спектра микроорганизмов, не могут быть «безвредными», и значит соблюдение мер предосторожности и техники безопасности при работе с ними обязательно в соответствии с отраслевыми инструкциями по применению.

Таблетированные средства на основе ДХЦН технологичны при ручном способе дезинфекции, удобны в применении методом погружения, замачивания, протирания и орошения. При приготовлении рабочих растворов удобно дозировать препарат и подпитывать его при повторном использовании. Средства не требуют особых условий хранения, в оригинальной упаковке практически не пахнут и морозостойкие. В среднем 1 кг таблетированного средства соответствует примерно двум мешкам хлорамин при гарантийном сроке годности 3 года.

Результаты микробиологического контроля смывов с контаминированных тест-объектов, обработанных средством, содержащим в качестве действующего вещества натриевую соль дихлоризоциануровой кислоты (52–63 % активного хлора), представлены в табл. 1.

Хлорсодержащие (преимущественно гипохлоритные) действующие вещества часто используются в комбинациях со щелочными электролитами и такими функциональными компонентами, как комплексоны и поверхностно-активные вещества. При создании стабильных рецептур таких средств необходимо учитывать совместимость компонентов с нестабильными гипохлоритами. Сбалансированные составы подобных препаратов обладают одновременно моющими и дезинфицирующими свойствами

Таблица 1

Тест-микроорганизм	Концентрация активного хлора в растворах, %	Количество клеток при экспозиции 10 мин		RF
		КОЕ	log	
<i>Escherichia coli</i> (суспензия)	0,008–0,009	$4,9 \cdot 10^3$	3,69	4,99
	0,011–0,012	< 10	1,00	7,68
	0,017–0,018	5	0,70	7,98
	Контроль	$4,8 \cdot 10^8$	8,68	–
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (суспензия)	0,008–0,009	$1,6 \cdot 10^3$	3,20	4,88
	0,011–0,012	< 10	1,00	7,08
	0,017–0,018	< 5	0,70	7,38
	Контроль	$1,2 \cdot 10^8$	8,08	–
<i>Salmonella typhimurium</i> (суспензия)	0,008–0,009	$1,7 \cdot 10^3$	3,23	4,97
	0,011–0,012	< 10	1,00	7,20
	0,017–0,018	≤ 5	0,70	8,50
	Контроль	$1,6 \cdot 10^8$	8,20	–

Примечание. Критерий эффективности средства при обеззараживании тест-объектов – RF>5; рост тест-культур – RF<5 или $>10^3$ – 10^5 КОЕ; отсутствие роста тест-культур – RF>5.

Таблица 2

Тест-микроорганизм	Массовая доля активного хлора в рабочем растворе, мг/л	Количество клеток при экспозиции 10 мин		RF
		КОЕ	log	
<i>Escherichia coli</i> (суспензия)	300–315	$\leq 1,0 \cdot 10^4$	$\leq 4,00$	$\geq 4,26$
	490–505	$\leq 2,2 \cdot 10^3$	$\leq 3,34$	$\geq 4,92$
	610–630	≤ 70	$\leq 1,85$	$\geq 6,41$
	Контроль	$1,8 \cdot 10^8$	8,26	–
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (суспензия)	300–315	$\leq 1,0 \cdot 10^4$	$\leq 4,00$	$\geq 4,08$
	490–505	$\leq 2,0 \cdot 10^3$	$\leq 3,30$	$\geq 4,78$
	610–630	< 50	< 1,70	$\geq 6,38$
	Контроль	$1,2 \cdot 10^8$	8,08	–
<i>Salmonella typhimurium</i> (суспензия)	300–315	$\leq 8,0 \cdot 10^3$	$\leq 3,90$	$\geq 4,21$
	490–505	$\leq 1,5 \cdot 10^3$	$\leq 3,18$	$\geq 4,93$
	610–630	≤ 40	1,60	$\geq 6,51$
	Контроль	$1,3 \cdot 10^8$	8,11	–

Таблица 3

Массовая доля активного хлора в растворе, мг активного хлора/л	Оценка моющей способности	<i>Ps. aeruginosa</i> ($1,2 \cdot 10^8$ КОЕ)	<i>E. coli</i> ($1,4 \cdot 10^8$ КОЕ)	<i>Salmonella typh.</i> ($1,8 \cdot 10^8$ КОЕ)
300–315 (26±1 °С; 7 мин)	Хорошо	± / RF≤5	± / RF≤5	± / RF≤5
490–505 (26±1 °С; 7 мин)	Отлично	± / RF≤5	– / RF>5	± / RF≤5
300–315 (26±1 °С; 10 мин)	Отлично	– / RF>5	– / RF>5	– / RF>5
490–505 (26±1 °С; 10 мин)	Отлично	– / RF>5	– / RF>5	– / RF>5

и позволяют оптимизировать процессы санитарной обработки.

При использовании дезинфицирующих средств с моющим эффектом необходимо помнить, что активность таких субстанций снижается в присутствии органических загрязнений, в первую очередь высокомолекулярных белков [5]. Режимы (концентрация, экспозиция, температурные параметры), при которых инактивируются санитарно-показательные, условно-патогенные, патогенные бактерии и микроорганизмы порчи, в присутствии органического загрязнения являются более «жесткими» и определяются в результате лабораторных и производственных испытаний. Чаще всего требуются более высокие, в среднем в 2 раза выше, концентрации действующих веществ в рабочих рас-

творах по сравнению с отдельно проводимой дезинфекцией после мойки.

Некоторые результаты лабораторно-экспериментальных исследований дезинфицирующего средства с моющим эффектом на основе активного хлора представлены в табл. 2 и 3.

В последние 2–3 года появились рекомендации некоторых изготовителей по применению рабочих растворов щелочных хлорсодержащих дезинфицирующих средств с моющим эффектом при 40–60 °С и даже до 85 °С. Эффективность использования и главным образом бактерицидность при таких режимах значительно возрастает. Но вместе с этим также возрастает коррозионная активность рабочих растворов. Особенно страдают прокладки, уплотнения и химически нестойкие материа-

лы. Кроме этого необходимо помнить о токсикологических характеристиках хлорсодержащих препаратов и в первую очередь об ингаляционном воздействии в насыщающих концентрациях (парах) на организм человека. Эти дезинфектанты относятся к высокоопасным соединениям по степени летучести (ПДК= 1 мг/м³; 2-й класс опасности).

Разработка рецептур и внедрение в практику новых высокоэффективных галоидативных, в том числе хлорсодержащих, дезинфицирующих средств крайне необходима в контексте обязательной ротации средств дезинфекции. Использование галоидативных дезинфектантов при основном применении кислородативных препаратов на основе перекиси водорода, надуксусной и других органических кислот является на сегодняшний день, пожалуй, единственной альтернативой.

Введение различных современных функциональных компонентов и добавок к основным действующим веществам позволяет интенсифицировать процессы санитарной обработки, а иногда и получить синергетический эффект по воздействию на различную микрофлору.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арчаков А.И., Карузина И.И. Окисление чужеродных соединений и проблемы токсикологии // Вестник АМН СССР. 1988. № 1. С. 14–18.
2. Бахир В.М. и др. (ВНИИИМТ МЗ РФ). Эффективные и безопасные антимикробные растворы: эволюция восприятия дезинфекционных мероприятий // Медицинский алфавит. 2003. № 9.
3. Каррер П. Курс органической химии; перевод с нем. – Л.: ГОСХИМИЗДАТ, 1962. – 1216 с.
4. Кирюткин Г.В., Молочников В.В. Мойка и дезинфекция технологического оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 45 с.
5. Кузина Ж.И., Маневич Б.В. Санитарно-гигиенические мероприятия на предприятиях молочной промышленности. МОЛОКО. Переработка и хранение: коллективная монография. – М.: Издательский дом «Типография РАН», 2015. С. 402–439.
6. Попов А.Ю. Дезинфекция чистых помещений. Современные требования // Чистые помещения и технологические среды. 2003. № 4.
7. Фурман А.А. Хлорсодержащие окислительно-отбеливающие и дезинфицирующие вещества. – М.: Химия, 1976. – 88 с.
8. Ходжаев С.С. «Жавель-Клейд», «Ди-Хлор» и... другие хлорсодержащие таблетки // Дезинфекция и стерилизация в ЛПУ // Поликлиника. 2008. № 2. С. 66–68.