

# Дезинфекция. Повышение эффективности средств на основе катионных биоцидов

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

**П**роизводство безопасной, качественной и конкурентоспособной продукции невозможно без ответственного проведения комплекса регламентированных санитарно-гигиенических мероприятий. Одна из важнейших операций при этом – санитарная обработка, включающая мойку, очистку и дезинфекцию различных поверхностей оборудования и производственных помещений. Дезинфекция обеспечивает соблюдение необходимых гигиенических нормативов и направлена на уничтожение (удаление) патогенной, условно-патогенной, сапрофитной микрофлоры и микроорганизмов порчи пищевых продуктов. Как правило, является заключительным этапом санитарной обработки, значительно влияющим на конечный результат и требующим наибольшего внимания ответственных работников предприятия.

Используют различные способы дезинфекции:

- физические (тепловая обработка горячей водой, насыщенным, перегретым или острым паром; ультрафиолетовое и ионизирующее излучение; ультразвуковое воздействие; радиационная обработка, облучение короткоимпульсным тормозным рентгеновским излучением и др.);
- химические с применением различных действующих веществ (галоидактивных, кислородоактивных, четвертичных аммониевых соединений (ЧАС), производных гуанидинов, третичных аминов, низших жирных спиртов, органических и неорганических кислот, щелочных электролитов и др.).

Известно, что эффективность дезинфицирующих средств, применяемых для обработки поверхностей оборудования, в немалой степени зависит от свойств используемой на производстве воды. Негативно на качестве мойки и дезин-

фекции сказывается повышенная жесткость воды за счет высокого содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  [4].

Отложения кристаллического карбоната кальция, образовавшиеся из-за жесткой воды, требуют проведения дополнительного цикла обработки поверхности оборудования растворами кислотных средств для удаления минеральных отложений, способствующих развитию биопленок и влияющих на качество выпускаемой продукции. При использовании на молокоперерабатывающем предприятии воды жесткостью свыше  $3,5 \text{ }^\circ\text{Ж}$  (мг-экв/л) необходимо применять дезинфицирующие средства с достаточным содержанием комплексообразователей [1].

На практике достаточно часто используют низкие (0,1–3 %) концентрации дезинфицирующих средств, обеспечивающие их целевую эффективность. Таким образом, более 97 % рабочего дезинфицирующего раствора составляет вода. Повышенная жесткость воды и высокое значение краевого угла смачивания могут способствовать значительному ухудшению качества дезинфекции.

Известно, что введением в рецептуры препаратов ряда функциональных добавок и компонентов возможно не только изменить физико-химические свойства конечного продукта, но и значительно расширить его технологическое использование и повысить эффективность. Известно, что бактерицидная способность ЧАС может быть значительно повышена в соединении с неионогенными ПАВ и комплексообразователями [2, 3].

Обеспечение хорошего смачивания обрабатываемой поверхности дезинфицирующим раствором является одним из важнейших условий качественного обеззараживания. Поверхностное натяжение между раствором и поверхностью оборудования должно быть уменьшено настолько, чтобы обеспечивалась максимальная степень смачивания обрабатываемого объекта

дезинфектантом. Основной характеристикой смачиваемости являются поверхностное натяжение и краевой угол смачивания. Смачивающая способность дезинфицирующих растворов зависит от таких факторов, как химические и физические свойства дезинфектанта, температура рабочего раствора, обрабатываемый материал (его вид и шероховатость). Как правило, при повышении температуры раствора поверхность смачивается лучше. Для снижения поверхностного натяжения и обеспечения быстрого смачивания необходимо, чтобы молекулы смачивателя обладали высокой скоростью диффузии и занимали большую площадь в поверхностном слое.

Универсальных смачивателей нет, и степень смачивания зависит от физико-химических свойств ПАВ и их концентраций. При этом следует учитывать устойчивость ПАВ и комплексонов по отношению к активно действующему дезинфицирующему веществу. Зачастую в этих процессах наблюдается избирательность как ПАВ, так и комплексонов.

Дезинфектанты на основе ЧАС получили достаточно широкое распространение, поскольку являются эффективными бактерицидными средствами в отношении грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов, некоторых видов дрожжей и плесеней. Эти препараты индифферентны к любым материалам: нержавеющей, хромированной, а также низкоуглеродистой стали, алюминию, латуни, меди, стеклом, пластмассам, резине, стеклу, полимерным и керамическим покрытиям. Они отличаются высокой стабильностью и не разлагаются при хранении. Срок годности – 3–5 лет. Средства практически не имеют запаха, по степени воздействия на организм по ГОСТ 12.1.007–76 относятся к умеренно опасным и малоопасным веществам. В соответствии с инструкциями по применению возможно многократное использование рабочих растворов. Однако не все дез-

инфицирующие средства этой группы можно использовать при механизированном (циркуляционном) способе обработки ввиду высокой пенообразующей способности [2, 5, 6].

Одна из актуальных задач – возможность интенсификации бактерицидных свойств дезинфектантов за счет повышения смачивающей способности рабочих растворов. Это обеспечивает максимальное взаимодействие с поверхностью обрабатываемого объекта и микробными клетками. При наличии перерывов между технологическими процессами свыше 6 ч согласно требованиям СанПиН и санитарных планов предприятий необходимо проводить повторную дезинфекцию оборудования. Использование дезинфицирующего средства с моющим действием в этом случае не оправдано. Появляется необходимость применения дезинфектантов, обладающих высокой бактерицидностью, обеспечиваемой соответствующими смачивателями-синергетиками.

Изучение физико-химических свойств различных видов ПАВ и дезинфектантов позволило выявить следующее: наиболее востребованными можно считать неионогенные ПАВ (НПАВ) за счет большей экологичности (биоразлагаемости), широкого спектра разнообразия видов по пенообразованию, смачиваемости, диспергированию и мощному действию. Неионогенные ПАВ стабильны в жесткой воде и широком интервале pH. Они превосходят диспергирующие агенты, содействуют длительной стабильности дисперсий загрязнений [7]. Неионогенные ПАВ часто применяются в сочетании с различными анионоактивными и катионоактивными ПАВ для повышения эмульгирующих, смачивающих и моющих свойств. При этом достаточно часто проявляется эффект синергизма ПАВ. Для удаления содержащих жир загрязнений эффективными являются смеси катионоактивных и неионогенных ПАВ. Адсорбционные свойства каждого класса ПАВ наиболее полно проявляются в определенных условиях [6].

Рациональными с позиций экологичности следует признать НПАВ, созданные на основе спиртов Гербе с различным содержанием оксипропилированных спиртов. Использование этого вида ПАВ имеет ряд преимуществ. Главное, что они могут быть использованы для интенсификации бактерицидных свойств ЧАС.

К жидким дезинфектантам предъявляют ряд требований: они должны быть высококонцентрированными, содержать не более 3–6 % активных веществ в виде комплексонов и ПАВ, быть однородными, не расслаиваться и не иметь осадка. Основное требование – неограниченное (полное) растворение (смешивание) с водой, а также разбавленными (рабочими) растворами щелочей или кислот (в зависимости от назначения). ПАВ является основным компонентом, обеспечивающим смачивающую способность электролитам, в том числе и дезинфектантам. Однородность и стабильность достигаются за счет соответствующего соотношения различных по классу и гидрофильности химических соединений.

По химическим свойствам исследуемые дезинфектанты (катионные ПАВ, амфотензиды) относятся к поверхностно-активным веществам. Высокая поверхностная активность их препятствует диффузии продуктов обмена и питательных веществ у микроорганизмов и тем самым способствует их гибели. Кроме бактерицидного действия они обладают определенной моющей способностью, малотоксичны, хорошо растворимы в воде. Наибольшее распространение получили ЧАС, в том числе четырехзамещенные соединения аммония, которые также обладают значительной поверхностной и бактерицидной активностью. В последние годы появились новые виды ЧАС с различной пенообразующей способностью. Они активны в широком диапазоне pH, в том числе проявляют выраженные бактерицидные свойства в щелочной среде.

В табл. 1 представлены результаты исследований бактерицидных свойств по отношению к микробной суспензии *Escherichia coli* ( $10^7$ – $10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup>) одного из ЧАС непенного характера при различных концентрациях и экспози-

циях 3, 6 и 10 мин в интервале температур 20–60 °С. Дезинфицирующая субстанция – дидецилдиметиламмония хлорид (ДДАХ) относится к группе катионных поверхностно-активных веществ (КПАВ), содержит 50±1 % действующего вещества (ДВ).

Известно, что неионогенные ПАВ (НПАВ) повышают бактерицидное действие ЧАС (в частности, алкилдиметилбензиламмония хлоридов) в 2–3 раза. По результатам исследований пенообразующей способности ПАВ при циркуляционных способах мойки предпочтительнее использовать блоксополимеры, ПАВ на основе спиртов Гербе и алкилгликозиды ввиду слабого пенообразования и низкой пеноустойчивости их растворов.

Изучение устойчивости тест-микроорганизмов *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* в растворах ПАВ показало, что ни одно из тестируемых НПАВ и анионных ПАВ не обладало выраженными бактерицидными свойствами. Целесообразно использовать ЧАС (ДДАХ) в смеси с алкилгликозидом (НПАВ), результаты исследований эмульгирующей способности которого полностью удовлетворяли нашим требованиям по сравнению с другими неионогенными ПАВ.

После выбора ПАВ и определения его рационального соотношения с ЧАС были проведены исследования бактерицидности оптимизированной смеси. Она представляет собой однородную прозрачную жидкость от бесцветного до желтоватого цвета со слабым запахом ПАВ, хорошо смешивающуюся с водой в любых соотношениях.

Гибель указанных групп микроорганизмов, как и следовало ожидать, достигалась в растворах смеси ЧАС (0,005 %) и неионогенного ПАВ (0,005 %). Судя по полученным данным, решающим фактором в устойчивости (гибели) патогенной микрофлоры явля-

Таблица 1

Экспозиция, мин	Бактерицидность дидецилдиметиламмония хлорида при температуре								
	20 °С			40 °С			60 °С		
	Концентрация раствора по ДВ, %								
	0,003	0,005	0,05	0,003	0,005	0,05	0,003	0,005	0,05
3	++	++	++	+-	++	--	--	--	--
6	++	++	-+	+-	+-	--	--	--	--
10	++	++	-+	+-	--	--	--	--	--

Примечание: знак «-» – эффективен (гибель); знак «+» – неэффективен (рост).

Таблица 2

Суспензия тест-микроорганизмов	Бактерицидная активность смеси ЧАС и НПАВ при массовой доли бактерицида в водном растворе, %			
	0,1	0,2	0,25	0,3
<i>E. coli</i> ( $2,4 \cdot 10^8$ КОЕ)	± 99,98	± 99,99	– 100	– 100
<i>Ps. aeruginosa</i> ( $3,0 \cdot 10^7$ КОЕ)	± 99,97	± 99,99	– 100	– 100
<i>St. faecalis</i> ( $7,2 \cdot 10^8$ КОЕ)	± 99,99	– 100	Нет данных	– 100
<i>Staph. aureus</i> ( $1,8 \cdot 10^8$ КОЕ)	± 99,99	– 100	Нет данных	– 100
<i>Oidium lactis</i> ( $6,2 \cdot 10^5$ КОЕ)	– 100	– 100	Нет данных	– 100
<i>Salmonella typh.</i> ( $4,5 \cdot 10^7$ КОЕ)	± 99,99	– 100	– 100	– 100
Контроль	+	+	+	+

Примечание: знак «+» – рост тест-культур, т.е. RF > 10<sup>3</sup>–10<sup>4</sup> КОЕ и эффективность обеззараживания < 99,99 %; знак «±» – бактериостатические свойства, т.е. RF < 10<sup>3</sup>–10<sup>4</sup> КОЕ и эффективность обеззараживания 99,99 %; знак «–» – отсутствие роста тест-культур, эффективность обеззараживания 100 %.

ется концентрация выраженного катионного биоцида (ЧАС) – дидецилдиметил-аммония хлорида.

Ранее было установлено, что бактерицидные свойства ЧАС заметно проявляются при более длительном времени воздействия растворов, поэтому дальнейшие эксперименты проводили при экспозиции не менее 20 мин. Массовая доля (концентрация) смеси в растворах составляла 0,1; 0,2; 0,25 и 0,3 % (по препарату) и соответственно ~0,025; 0,05; 0,0625 и 0,075 % (по ДВ – ЧАС). Дополнительно при концентрации 0,25 % (по препарату) поставили экс-

перименты в отношении ряда тест-микроорганизмов (табл. 2). Температуру испытуемых растворов поддерживали в пределах 20±2 °С.

Результаты проведенных исследований показали, что изученные растворы смеси ЧАС с НПАВ обладают бактерицидными свойствами и обеззараживают поверхности, контактированные *E. coli*, *Ps. aeruginosa*, *St. faecalis*, *Staph. aureus*, *O. lactis* и *Salmonella typh.* на 100 % в концентрации 0,25 % по препарату (~0,06 % по ДВ – ЧАС) при экспозиции 20 мин и 20±2 °С.

Полученные данные позволяют сделать вывод о синергетическом эффекте созданной композиции, выражающемся в повышении бактерицидных свойств ЧАС в смеси с НПАВ в 2–3 раза.



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бочаров В.В.** О биоразлагаемости этоксилатов высших жирных спиртов различного происхождения // *Бытовая химия*. 2006. № 23. С. 32–33.
2. **Ланге К.Р.** Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение; под науч. ред. Л.П.Зайченко. – СПб.: Профессия, 2004. – 240 с.
3. **Маневич Б.В.** Разработка технологических режимов санитарной обработки молочного оборудования с применением жидких моющих средств: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2005. – 164 с.
4. **Маневич Б.В., Кузина Ж.И., Косьяненко Т.В.** Галоидактивные дезинфицирующие средства // *Молочная промышленность*. 2017. № 8. С. 56–58.
5. **Пат. 4131877.3** Германия. 01.04.93. МКИ5 С 11 D 1/722. Применение полиалкиленгликолевых эфиров спиртов жирного ряда с близкими по составу гомологами в очищающих составах, образующих незначительный объем пены.
6. **Плетнёв М.Ю.** Поверхностно-активные вещества и моющие композиции. – М.: Химия, 2000. – 273 с.
7. **Noren K., Loring J.S., Bargar J.R., Persson P.** Adsorption mechanisms of EDTA at the water – iron oxide interface: implications for dissolution // *J. Phys. Chem. C*. 2009. Vol. 113. № 18. P. 7762–7771.