УДК 637.1:661.491
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-10

Об особенностях использования пероксида водорода на молочных предприятиях

Борис Владиленович Маневич, канд. техн. наук, заведующий лабораторией санитарной обработки оборудования
Елена Александровна Бурыкина, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности
E-mail: b_manevich@vnimi.org

Обосновано использование растворов пероксида водорода в качестве стерилянта в процессах асептического розлива на предприятиях молочной промышленности. Рассмотрены потребительские качества перекиси водорода с оценкой его токсикологических свойств и потенциальной опасности. Проведен краткий анализ рынка пероксида водорода в России и намечены задачи дальнейших исследований, направленных на снижение негативных эффектов от применения концентрированных растворов перекиси водорода.

Ключевые слова: *пероксид водорода, стерилизация, асептический розлив, стабилизация перекиси водорода, упаковочные материалы.*

Manevich B. V., Burykina E. A. Peculiarities of hydrogen peroxide use in dairy enterprises
All-Russian Dairy Research Institute

The article substantiates the use of hydrogen peroxide solutions as a sterilant in the dairy industry enterprises in the processes of aseptic bottling. The consumer qualities of hydrogen peroxide with the estimation of the toxicological properties and potential danger of this substance have been considered. The brief analysis of the hydrogen peroxide market in Russia was carried out and the tasks of further research aimed at reducing the negative effects of the use of concentrated hydrogen peroxide solutions were outlined.
Key words: *hydrogen peroxide, sterilization, aseptic filling, hydrogen peroxide stabilization, packaging materials.*

При проведении санитарно-гигиенических мероприятий на предприятиях молочной промышленности важная роль отводится заключительному этапу санитарной обработки — дезинфекции, который можно охарактеризовать как комплексное использование специальных способов и средств для уничтожения (обеспечения гибели) микроорганизмов в соответствии с установленными показателями качества и безопасности (ГОСТ Р 56994–2016 «Дезинфектология и дезинфекционная деятельность. Термины и определения»). Дезинфекции подвергаются не только поверхности технологического оборудования, непосредственно контактирующие с сырьем, ингредиентами и готовой продукцией, но зачастую речь идет об обеззараживании используемой на предприятии воды, воздушной среды, всех поверхностей производственных и подсобных помещений, выполнении правил (стандартных операционных процедур — СОП) личной гигиены персонала и т. д. В более широком смысле сюда же относятся дератизационные и дезинсекционные мероприятия.

При производстве молочных продуктов с длительным сроком хранения помимо качественной мойки и дезинфекции требуется создать асептические условия путем стерилизации всех задействованных в этом процессе объектов окружающей среды. Стерилизация в отличие от дезинфекции подразумевает обеспечение гибели всех видов микроорганизмов на всех стадиях развития, включая споры. Таким образом, если рассматривать химические средства стерилизации, то основным критерием их эффективности является спороцидное действие. Тем более что в соответствии с существующей классификацией микроорганизмов по устойчивости к химическим дезинфицирующим средствам препараты, эффективные в отношении споровых форм бактерий, будут проявлять вирулицидные, фунгицидные и бактерицидные свойства. К спороцидным препаратам могут быть отнесены альдегидсодержащие, кислородактивные и некоторые хлорактивные средства [1]. Дезинфицирующие средства на основе альдегидов и фенолов не регламентированы к применению на молокоперерабатывающих предприятиях, а хлорсодержащие препараты требуют тщательного удаления остаточных количеств с обработанных поверхностей, в том числе дезактивации воздушной среды.

На сегодняшний день для использования в различных процессах санитарной обработки на предприятиях молочной промышленности кислородактивные продукты являются наиболее востребованными высокоэффективными средствами. Важнейшим представителем этой группы является пероксид водорода, масштабно применяемый в качестве стерилянта.

Пероксид водорода (перекись водорода, дигидропероксид, пергидроль) в виде водных растворов с различным содержанием основного вещества широко применяется во многих областях промышленности в качестве отбеливателя, окислителя, дезинфектанта, очистителя, химического сырья, одно- и двухкомпонентного ракетного топлива, в косметике и медицине как антисептическое, дезинфицирующее и дезодорирующее средство. Любопытно, что среди областей его применения в соответствии с информационной картой Роспотребнадзора (медицина, микроэлектронная, электронная, радиотехническая, химическая, фармацевтическая, текстильная, целлюлозно-бумажная, нефтяная, газовая, стекольная, металлургическая и энергетическая промышленность) пищевая и, в частности, молочная не указаны [2].

Массовое потребление пероксида водорода определяет значительный объем рынка этой субстанции в России, оцениваемый около 130 тыс. т с перспективами ежегодного роста около 3,5–4,0 %, при этом доля импорта по некоторым оценкам достигала 50 %. Основными экспортерами пероксида водорода до недавнего времени были компании Kemira Chemicais OY, Solvay Chemicals, Arkema,

AkzoNobel, Eka Chemicals, Evonic и др. [3]. В условиях санкций и сформировавшегося дефицита в срочном порядке в России запущено строительство химического производства H_2O_2 на площадке ПАО «Химпром» в Новочебоксарске (https://www.himprom.com). Выпуск запланирован на конец текущего — начало следующего года. Производство высококонцентрированной 100 % перекиси водорода будет осуществляться новым предприятием ООО «Волжская перекись» по современной технологии антрахиноновым методом, позволяющим улучшить качественные показатели продукта и снизить затраты на энергоносители. Начальная планируемая мощность должна составить 50 тыс. т в год, к концу 2024 г. прогнозируется увеличение объемов до 75 тыс. т, что полностью покроет потребности отечественного рынка [4].

При выборе любого дезинфектанта или стерилянта необходимо принимать во внимание безопасность их использования по отношению как к обрабатываемым поверхностям и окружающей среде, удалению остаточных количеств с контактных поверхностей оборудования и упаковочных материалов, не допуская контаминации продукции, так и, безусловно, по воздействию на организм работников предприятия.

В значительном количестве публикаций указывается, что перекись водорода обладает множеством технологических преимуществ, относится к немногим окислителям, применение которых не сопровождается экологически вредными последствиями и не отмечается токсикометрическими показателями [5–7]. Достаточно часто пероксид водорода описывается как безвредный «зелёный» окислитель, разлагающийся на воду и атомарный кислород, и нередко о нем складывается мнение, как о простом и безопасном химическом продукте [8].

При этом не стоит забывать, что пероксид водорода включен в Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ и относится ко 2-му классу опасности высокоопасных веществ. Кроме этого, установлена предельно допустимая концентрация H_2O_2 по степени воздействия на водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — 0,1 мг/л (2-й класс опасности). В регистре описана способность пероксида водорода поражать жизненно важные органы и системы человека, показана клиническая картина острого отравления этим веществом. Пероксид водорода оказывает раздражающий эффект на слизистые оболочки глаз, кожно-резорбтивное, репротоксическое, тератогенное и мутагенное действие, подтверждено его канцерогенное действие на животных [2]. Пероксид водорода является пожаро- и взрывоопасной жидкостью, требующей особых условий транспортировки, хранения и использования, что необходимо постоянно учитывать в производственной практике.

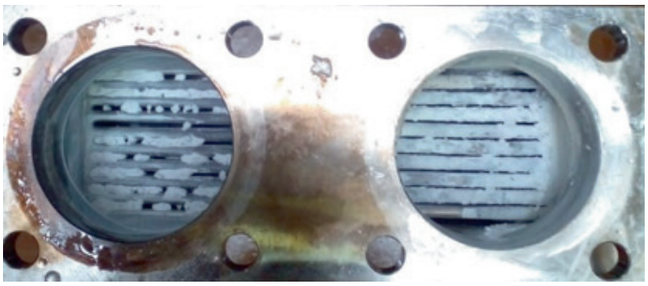
На молочных предприятиях пероксид водорода в основном используется для стерилизации упаковочных материалов или обеззараживания упаковки и тары. Являясь дезинфектантом и стерилянтом быстрого действия, не требующим длительной экспозиции для воздействия на микроорганизмы, с широким спектром антимикробных свойств, пероксид водорода активно используют в машинах асептического розлива для стерилизации поверхностей упаковки перед розливом продукта [9, 10].

Перекись водорода разлагается при контакте с органическими и неорганическими веществами, к которым относятся некоторые упаковочные материалы, и остаточные количества на поверхности упаковки потенциально могут контаминировать продукцию, приводя к порокам и потере качества [11]. Выступая в роли сильнейшего окислителя, H_2O_2 контактирует с поверхностью упаковочных материалов и, вступая во взаимодействие с его полимерными составляющими, может привести к образованию кетонов, альдегидов и других соединений, что неоднократно отмечалось учеными ВНИМИ [12, 13]. Эти соединения опасны для организма человека главным образом из-за своих токсикологических характеристик, в том числе с отдаленным проявлением действия.

К качеству перекиси водорода, используемой на линиях асептического розлива и упаковки пищевых сред, предъявляются гораздо более жесткие требования, чем при использовании в медицинских целях. Поскольку речь идет о применении водных растворов H_2O_2 с содержанием основного вещества от 27 до 37 % (преимущественно 30–36 %), важную роль играет качество воды для приготовления растворов. На основании предварительных исследований можно сделать вывод о возможности применения для этих целей только деионизированной (деминерализованной) воды, полученной путем дополнительной очистки дистиллированной воды с помощью технологии ионообменной фильтрации и/или обратноосмотических мембранных систем.

В идеальных условиях пероксид водорода достаточно стабилен, но в реальных практических с учетом транспортировки и хранения это довольно сложно обеспечить. Нестабильная природа растворов перекиси водорода обусловлена растворенными или взвешенными каталитическими примесями, главным образом ионами металлов (железа, олова, свинца, марганца и др.), поэтому для их стабилизации вводятся различные комплексообразователи, коллоиды или хелаты. Согласно ГОСТ 177–88 «Водорода перекись. Технические условия» (с Изменением № 1, с Поправкой), это могут быть пирофосфорнокислый натрий или однозамещенный фосфорнокислый натрий.

Ведущие компании-производители качественной перекиси водорода не раскрывают используемые ими функциональные компоненты-стабилизаторы, ингибирующие каталитическое разложение перекиси [14]. В литературе встречаются преимущественно такие общие наименования, как комплексообразователи, хелатирующие агенты или защитные коллоиды. Но качество и количество подобных комплексообразователей, прежде всего фосфатов, могут существенно влиять на качество осуществляемой стерилизации с нежелательными последствиями. Для так называемой асептической, упаковочной (или пищевой) перекиси водорода производителями оборудования на основании регламента FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов, США) установлены предельные значения по содержанию фосфатов, хлоридов, общему нелетучему (твердому) остатку и т. д. [14, 15]. При поступлении на молочное предприятие партии асептической перекиси водорода, предназначенной для применения в асептических целях, необходимо проводить входной химико-аналитический контроль. При использовании некачественного реагента на внутренних поверхностях асептических автоматов образуются недопустимые водонерастворимые минеральные загрязнения (см. фото), создающие благоприятные условия (предпосылки) для развития нежелательной микрофлоры.



Загрязнения на внутренней поверхности автомата асептического розлива молока

С высокой долей вероятности можно предположить, что исследования стабильности и поверхностных свойств растворов пероксида водорода с различными функциональными добавками позволят скорректировать концентрации используемой субстанции (по основному веществу) для обработки упаковочного материала без потери эффективности в процессах асептического розлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Шестопалов, Н. В.*** *Федеральные клинические рекомендации по выбору химических средств дезинфекции и стерилизации для использования в медицинских организациях/Н. В. Шестопалов [и др.]. — М., 2015. — 67 с.*
2. ***Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ****. — URL: https://rpohv.ru/online/detail.html?id=420 (дата обращения: 22.02.2023).*
3. ***Анализ рынка перекиси водорода в России в 2017–2021 г.****, прогноз на 2022–2026 г. — URL: https:// businesstat.ru/image /demo/hydrogen_peroxide_russia_demo_businesstat.pdf (дата обращения: 27.02.2023).*
4. ***Vademecum — деловой журнал об индустрии здравоохранения****/В Чувашии за 9,7 млрд рублей запустят производство перекиси водорода. — URL: https://vademec.ru/news/2022/06/17/(дата обращения: 15.03.2023).*
5. ***Рубина, Е. А.*** *Микробиология, физиология питания, санитария/Е. А. Рубина, В. Ф. Малыгина. — М.: ФОРУМ, 2023. — 240 с.*
6. ***Панкратова, Г. П.*** *Особенности применения аэрозольной дезинфекции перекисью водорода/Г. П. Панкратова, А. О. Иванова, М. В. Бидевкина// Дезинфекционное дело. 2022. № 3. С. 5–11.*
7. ***Потапченко, Н. Г.*** *Изучение антимикробного действия пероксида водорода в присутствии различных металлов/Н. Г. Потапченко, В. В. Ильяшенко, В. Н. Косинова [и др.]// Химия и технология воды. 1994. Т. 16. № 2. С. 203–209.*
8. ***Мухортова, Л. И.*** *Химия и технология пероксида водорода: учебное пособие/Л. И. Мухортова, Ю. Т. Ефимов, И. В. Глушков, Т. Г. Константинова. — Чебоксары: Изд-во Чувашского университета, 2020. — 104 с.*
9. ***McDonnell, G.*** *The use of hydrogen peroxide for disinfection and sterilization applications// PATAI»S Chemistry of Functional Groups, John Wiley & Sons, Ltd. 2009. P. 1–34.*
10. ***Von Bockelmann, B.*** *Long-life products: heat-treated, aseptically packed: a guide to quality/B. von Bockelmann., I. A. v Bockelmann. — Akarp, Sweden, 1998.*
11. ***Федотова, О. Б.*** *Упаковка для молока и молочных продуктов. Качество и безопасность/О. Б. Федотова. — М.: Издательство Россельхозакадемии, 2008. — 98 с.*
12. ***Федотова, О. Б.*** *Обеззараживание потребительской тары для молочной продукции/О. Б. Федотова, Д. М. Мяленко// Молочная промышленность. 2006. № 12. С. 76–77.*
13. ***Мяленко, Д. М.*** *Влияние термического, радиационно-химического и фотометрического воздействия на деструкцию и «старение» полимерных материалов/Д. М. Мяленко// Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1. № 1 (1). С. 406–411.*
14. ***Solvay, INTEROX*** *— High quality hydrogen peroxide, https://www.solvay.com/en/brands/(дата обращения: 15.03.2023).*
15. ***United States Food and Drug Administration*** *(FDA), Code of Federal Regulations: Title 21, Part 178: Indirect Food Additives: Adjuvants, Production Aids, and Sanitizers. — URL: https://www.fda.gov/about-fda/(дата обращения: 21.03.2023).*