

УДК 554.838.7:631.5

ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗОНА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И САНИТАРИИ

Корко В.С., к.т.н.,

Челомбитько М.А., к.с-х.н.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Озон – газ синего цвета, характерного запаха, представляющий собой трехатомную форму кислорода, имеет длительную историю использования как биоцид широкого спектра действия против вирусов, бактерий, грибков и простейших, ни один из которых не может создать резистентную устойчивость к озону, поскольку озон дезинфицирует за счет процессов окисления. С 1893 года его начали использовать в качестве дезинфицирующего средства для питьевой воды, с 1909 года – пищевого консерванта для холодного хранения мяса, а в 1939 году – для предотвращения роста дрожжей и плесени при хранении фруктов.

Существует ряд химических реакций, в процессе которых озон распадается с образованием атомарного кислорода, инициирующего сильное окисление продуктов. Благодаря своим высоким окислительным свойствам озон в 3...5 раз эффективнее ультрафиолетового излучения и в 500 раз лучше хлора. Поэтому реакции взаимодействия озона с воздухом, водой, жидкими средами, микроорганизмами используют для обработки и обеззараживания различных сред и оборудования [1, 2].

Для производства озона разработаны различные методы: химический, термический, химико-ядерный, электролитический. Чаще используют метод коронного разряда и ультрафиолетовое излучение.

Коронный разряд получают в установке, содержащей высоковольтный источник питания и два электрода с керамической вставкой, образующих узкий разрядный зазор. Коронный разряд в газе возбуждает электроны кислорода и, таким образом, индуцирует расщепление молекул кислорода. Атомы при распаде кислорода соединяются с другими молекулами кислорода, образуя озон. Производительность установки зависит от напряжения, частоты тока, свойств диэлектрического материала, толщины разрядного зазора, концентрации кислорода и абсолютного давления. При пропускании воздуха через генератор можно получить в исходном объеме воздуха 1...4 % озона. Использование чистого кислорода позволяет повысить выход озона до 6...14 %. При хранении озон самопроизвольно снова разлагается до кислорода.

Метод коронного разряда имеет ряд положительных достоинств: обеспечивает высокую концентрацию озона, быстрое удаление

органических запахов веществ; лучше всего подходит для обработки воды; оборудование может работать годами без технического обслуживания. Энергоемкость современных озонаторов составляет 20...30 кВт·ч/кг озона, что несколько больше затрат на производство других окислителей и дезинфицирующих средств [1].

Ультрафиолетовое излучение также эффективно воздействует на молекулы кислорода, содержащиеся в атмосфере, производит расщепление молекул и разделение их на свободные атомы кислорода, которые сталкиваются с другими молекулами кислорода, образуя, таким образом, молекулы озона.

Ультрафиолетовые излучатели имеют простую конструкцию, более низкую стоимость, при работе образуется меньше побочных продуктов по сравнению с установками коронного разряда, производительность озона почти не зависит от влажности.

Озон уничтожает микроорганизмы за счет прогрессирующего окисления жизненно важных клеточных компонентов, используя два основных механизма [2, 3]:

1. за счет окисления сульфгидрил групп и аминокислот ферментов, пептидов и белков в более короткие пептиды.

2. путем разложения ненасыщенных липидов, окисления внутренних клеточных белков, повреждения нуклеиновых кислот, что приводит к разрушению клеток и последующей утечке клеточного содержимого.

Восприимчивость микроорганизмов к озону зависит от физиологического состояния культуры, pH среды, температуры, влажности и наличия добавок (соли, сахара, поверхностно-активных веществ и др.).

Основные области применения озона [2...4].

1. Санитарная обработка свежих продуктов для повышения безопасности и продления срока годности. Озон относительно бережно относится к продуктам. Важным преимуществом озона является то, что он снижает количество микроорганизмов, вызывающих порчу, в промывочной воде, а также на поверхности продукта, что продлевает срок хранения продукта, сохраняя при этом чистоту промывочной воды сокращая ее использование. Продукты с более высоким содержанием жира (мясо и курица) требуют более высоких концентраций озона, чем продукты с низким содержанием жира (например, фрукты и овощи). При обработке мяса и курицы следует избегать чрезмерного уровня озона и связанного с этим окисления, чтобы не ухудшить вкус мясных и куриных продуктов.

2. Санитарная обработка поверхностей, контактирующих с пищевыми продуктами. Включение озонсодержащей воды в циклы безразборной мойки дает производителям пищевых продуктов возможность с большей эффективностью обрабатывать поверхности

производственных предприятий. Водный озон также можно использовать в качестве дезинфицирующего ополаскивателя для поверхностей, контактирующих с пищевыми продуктами (разделочные столы, доски), а также для поверхностей, не контактирующих с пищевыми продуктами (например, полы). Озон также можно использовать для обработки асептических упаковочных материалов для пищевых продуктов с целью дезинфекции поверхностей.

3. Обработка хранящегося зерна и других пищевых продуктов для борьбы с грибами и микотоксинами, а также для борьбы с насекомыми в качестве альтернативы химической обработке.

Преимущества озоновой технологии:

- озон, как сильнейший окислитель и дезинфицирующее средство, коммерчески доступен для обработки водных растворов и газовых смесей, загрязненных окисляемыми загрязнителями и/или микроорганизмами;

- обладает простотой и доступностью в производстве на месте;

- является экологически чистым продуктом, быстро разлагается до кислорода, не оставляя никаких следов;

- в реакциях не образуются токсичные галогенированные соединения;

- действует быстрее и эффективнее, чем другие распространенные дезинфицирующие средства;

- быстро и эффективно реагирует на все штаммы всех видов микроорганизмов;

- хотя озон лишь частично растворим в воде, он достаточно растворим и стабилен, так что его окислительные и/или дезинфицирующие свойства могут быть использованы с полной пользой;

- поскольку озон выполняет свою работу по окислению/дезинфекции, или, когда он саморазлагается, стабильным конечным продуктом самого озона является кислород.

Недостатки озоновой технологии:

- относительно высокие капитальные затраты по сравнению с другими методами окисления/дезинфекции из-за того, что озон должен производиться на месте, тем самым устраняя обычную экономию от химикатов централизованного производства;

- метод коронного разряда представляет собой электрически недостаточно эффективный процесс из-за того, что более 75% электроэнергии, потребляемой генератором коронного разряда, превращается в теплоту и оптическое излучение;

- сложнее использовать озон в пищевой промышленности для уничтожения бактерий внутри органического материала;

- поскольку озон является самым сильным окислителем, он также потенциально обладает повышенной опасностью.

В ответ на петицию о пищевых добавках, поданную в августе 2000 года, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США 21 декабря 2001 г. официально одобрило использование озона в качестве противомикробного агента для обработки, хранения и обработки пищевых продуктов в газовой и водной фазах. Служба безопасности и инспекции пищевых продуктов Министерства сельского хозяйства США (USDA/FSIS) одобрила использование озона при контакте с мясом и птицей, от сырых продуктов до свежеприготовленных и продуктов непосредственно перед упаковкой.

Ожидается, что интерес к озону будет продолжать расти в ответ на спрос потребителей на экологически безопасные технологии обработки пищевых продуктов. В последних публикациях отмечены тенденции внедрения или возможности внедрения озона в пищевой промышленности. Было обнаружено, что озон имеет очень высокие оценки с точки зрения потенциального применения для свежих продуктов, морепродуктов и напитков.

Еще одним перспективным направлением является использование озона для разложения потенциальных остатков пестицидов, включая органофосфаты и хлорорганические соединения. Как и многие технологические процессы, озон также имеет хороший потенциал для использования в качестве барьерной технологии в сочетании с другими технологиями санитарии и дезинфекции для повышения безопасности пищевых продуктов и напитков при одновременном продлении срока их хранения.

Список использованных источников

1. Заяц, Е.М. Электротехнологическое оборудование: учебное пособие / Е.М. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 400с.
2. Zeynep, B. Guzel-Seydim. Use of ozone in the food industry / B. Guzel-Seydim Zeynep, K. Greene Annel, A.C. Seydim. LWT - Food Science and Technology. Volume 37, Issue 4, June 2004, Pages 453-460.
3. Glowacz, M. The practicality of using ozone with fruit and vegetables / M. Glowacz, D. Rees. J Sci Food Agric. 2016 Nov; 96(14): 4637-4643. doi: 10.1002/jsfa.7763. Epub 2016 May 12. PMID: 27097728.
4. Elodie, S. Ozone Treatments for Preserving Fresh Vegetables Quality: A Critical Review Foods / S. Elodie [et al]. Thierry Aussenac. 2021 Mar; 10(3): p. 605.