

что максимум пропускной способности находится в диапазоне окружных скоростей вальцов от 8,25 до 10,1 м/с при зазоре 0,9 мм. Однако для получения хлопьев отвечающих отраслевому регламенту, следует принять окружную скорость вальцов 8,25 м/с и зазор 0,5 мм.

Результаты исследований показали, что величину распорного усилия механизма стабилизации межвальцевого зазора, с учетом коэффициента запаса устойчивости, следует принимать равным 21,6 кН, что в пересчете на 1см длины вальца составит 720 Н.

#### Литература

1. Гусаков, В.Г. Организационно-технологические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграр. экономики; разработ. В.Г. Гусаков [и др.] – Минск: Белорусская наука, 2007. – 283с.

УДК 635.21:631.8

### **ХРАНЕНИЕ ПЛОДОВООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЗОНА**

**Мартынова М.А.**<sup>1</sup>, к.х.н, зав. лабораторией, **Князева Е.В.**<sup>1</sup>, к.б.н, уч. секретарь,

**Троцкая Т.П.**<sup>2</sup>, д.т.н., профессор, **Миронов А.М.**<sup>3</sup>, к.т.н., доцент;

**Вабищевич А.Г.**<sup>3</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси

<sup>2</sup>Гродненский государственный аграрный университет

<sup>3</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет

Проблема хранения выращенного урожая носит комплексный характер и включает обширный спектр вопросов, начиная от селекции, предпосевной подготовки семян, соблюдения севооборотов и всех приемов агротехники, и заканчивая своевременной уборкой с последующей закладкой на хранение здорового материала. При этом очень важная роль принадлежит именно технологии длительного хранения сельскохозяйственной продукции.

Одним из перспективных подходов к решению комплексной проблемы сокращения потерь плодоовощной продукции при хранении является обработка закладываемого материала озono-воздушной смесью. Принципиально новым подходом к разработке озонной технологии хранения продуктов сельскохозяйственного производства явилось создание таких схем обработки плодов и овощей озono-воздушной смесью, которые не только позволяют успешно подавлять патогенную микрофлору, но и влияют на метаболизм самой продукции [1, 2]. В институте фотобиологии АН БССР установили молекулярно-мембранные механизмы действия  $O_3$  на клетки микроорганизмов; было обнаружено, что биологическая активность озона обусловлена, прежде всего, его взаимодействием с плазматической мембраной клетки, а не внутриклеточными структурами, другими словами, действие  $O_3$  носит поверхностный, а не объемный характер [3, 4, 5]. В связи с тем, что различные виды плодоовощной продукции обсеменены своей гетерогенной и специфической для каждого вида популяцией микрофлоры, куда входят как чувствительные, так и высокорезистентные микроорганизмы, то для достижения эффекта асептирования, как можно было бы ожидать, потребуются очень мощные дозы  $O_3$ . Однако они крайне нежелательны, так как могут приводить к химическим ожогам плодов и овощей, а кроме того требуют больших энергетических затрат. Отсюда вытекает необходимость разработки эффективных режимов подавления поверхностной микрофлоры низкими дозами озон. Для этих целей весьма важным оказался установленный в процессе фундаментального изучения биологической активности озона факт бифазного действия  $O_3$  на клетки микроорганизмов [6]. Это свойство озона легло в основу разработанного сотрудниками Института фотобиологии АН БССР режима дробного (периодического) озонирования. Проверку эффективности режима дробного озонирования для подавления поверхностной микрофлоры в условиях ее естественного обитания проводили путем прямого учета жизнеспособных

клеток бактерий и грибов в смывах картофеля, моркови и винограда. В результате проведенных исследований было обнаружено, что многократные кратковременные обработки плодов и овощей низкими дозами озона приводят к снижению их метаболизма и одновременному повышению механической прочности поверхностного слоя – кожицы.

Важным аспектом работы оказалось исследование влияния озона на естественные защитные системы сельскохозяйственных культур, активность которых, по существу, определяет устойчивость хранимого урожая к микробному поражению, его лежкоспособность. Особая важность усиления иммунологического барьера вытекает и из того факта, что независимо от способа и степени подавления поверхностной микрофлоры в условиях обычного хранения для ее восстановления на поверхности плодов и овощей достаточно 5 – 10 дней. В общем метаболизме плодоовощной продукции особую роль играют поверхностные кутикулярные структуры потому, что именно они являются местом синтеза биологически активных веществ – гликозидов, фенолов, альдегидов и др., противодействующих развитию инфекционных заболеваний. В этих же структурах локализованы и процессы биосинтеза более специфических соединений – фитоалексинов, т.е. веществ, токсичных для фитопатогенов, которые растительный организм вырабатывает в ответ на возникновение очага инфекции. Таким образом, эффективность иммунных реакций растений является важнейшим фактором, способствующим длительному хранению.

В целом, комплекс фундаментальных исследований молекулярно-мембранных механизмов действия озона на микроорганизмы и плодоовощную продукцию, позволил выяснить общие закономерности бактерицидно-фунгицидного действия озонированной атмосферы, понять причины различной чувствительности микрофлоры к  $O_3$ , и на этой основе разработать эффективную технологию хранения плодов и овощей путем обработки озон-воздушной смесью, основные положения которой заключаются в следующем: а) действие озона носит бифазный характер: низкие дозы  $O_3$  стимулируют рост и развитие микроорганизмов, высокие – оказывают бактерицидно-фунгицидное действие через повреждение плазматических мембран и нарушение ионного гомеостаза клеток; б) низкие дозы озона стимулируют прорастание высокорезистентных для любых химических и физических воздействий спорных форм грибов и превращают их в высокочувствительные вегетативные формы клеток; в) озон в разработанном масштабе доз взаимодействует только с поверхностными структурами клеток (в том числе и плодоовощной продукции) и не проникает в их объем; г) многократные кратковременные обработки различных видов продукции низкими дозами озона приводят к модификации структурно-функционального состояния кутикулярных образований плодов, вызывая: появление газоселективных свойств покровных тканей; снижение скорости испарения воды; торможение метаболических процессов и уменьшение биоэнергетических потерь в результате «самосжигания» ценных питательных веществ; д) обработка корне- и клубнеплодов озоном в послеуборочный период приводит к длительному (месяцы) повышению активности их иммунной системы.

Для реализации технологии хранения плодоовощной продукции с использованием озонированной атмосферы необходимы генераторы озона высокой производительности. В Республике Беларусь такое оборудование производит НП ООО «ЭВОЗОН» (Рисунок–1). Микробиологический контроль производственных испытаний показал, что розовая обработка озон-воздушной смесью картофеля приводит к снижению общей микробной обсемененности сырья на 88,2 %, общего числа дрожжей и плесневых грибов на 42,5 %. Результаты исследований влияния обработки на технологические и качественные показатели картофеля в период хранения показали, что качество картофеля, обрабатываемого в период хранения озон-воздушной смесью, соответствует требованиям, предъявляемым к картофелю свежему для переработки на продукты питания (ГОСТ 26832-86).

Таким образом, с экономической и технологической точки зрения целесообразность применения озона не вызывает сомнений. Озон-воздушная смесь снижает концентрацию этилена и патогенов, замедляет старение овощей и фруктов, тем самым сохраняя их вкус, запах, плотность, т.е. качество. Путем электросинтеза в генераторах озона его легко получать

## Секция 2: Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции

в любом месте потребления непосредственно из кислорода воздуха. Среди основных достоинств  $O_3$  – безотходность производства и использования, обусловленная взаимопревращением кислород – озон – кислород, экологическая совместимость озона с окружающей средой, отсутствие токсических продуктов, отсутствие необходимости закупки, хранения, приготовления рабочих растворов и их последующей утилизации, что характерно для обработки другими химическими реагентами. Кроме того, обладая мощным обеззараживающим эффектом,  $O_3$  не вызывает привыкания у микроорганизмов.



Рисунок 1 - Генератор озона «ЭВОЗОН-50»

### Литература

1. Selma M.V., Beltran D., Allende A., Chacon-Vera E., Gil M.I. Elimination by ozone of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water// *Food Microbiology*, 2007, V. 24 (5), P. 492-499.
2. S.B. Young, P. Setlow. Mechanisms of *Bacillus subtilis* spore resistance to and killing by aqueous ozone// *Journal of Applied Microbiology*, 2004, V. 96, P. 1133-1142.
3. Матус В.К. Молекулярно-мембранные механизмы действия озона на клетки микроорганизмов. Дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.02. – Минск, 1990. 275 С.
4. Коней С.В., Матус В.К. Біялагічная эфектыўнасць азонна-аэраіонных струменняў і праблема захавання сельскагаспадарчай прадукцыі // *Весці Акад. навук БССР. Сер. біял. навук*. 1982. № 6. С. 66-72.
5. Скоринко Е.В. Механизмы действия озона на дрожжевые грибы *Candida utilis*. Дис. канд. биол. наук. 03.00.02. – Минск. 2004. 141 С.
6. Разнонаправленное действие низких и высоких доз озона на репродуктивную способность и активность дыхания дрожжевых клеток *Candida utilis* /А.М.Мельникова, Г.В.Калер, Г.В.Бабич, С.Л.Романов, В.К.Матус, С.В.Конев // *Журнал общей биологии*. 1989. Т. 1, № 6. С. 815-818.