

УДК 634.11:631.563

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ СИНТЕЗА ЭТИЛЕНА
ПРИ ХРАНЕНИИ ПЛОДОВ**

А.М. Криворот, А.В. Гурин

РУП «Институт плодородства»,

ул. Ковалева, 2, пос. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,

e-mail: belhort@it.org.by

РЕФЕРАТ

Важнейшей задачей после уборки плодов является торможение их созревания для увеличения продолжительности хранения, сохранения качества и уменьшения потерь. Для этого необходимо уменьшить выделение плодами этилена – химического соединения, ускоряющего созревание плодов.

На сегодняшний день используется несколько способов для выполнения данной задачи: пониженная температура, измененная атмосфера хранения, удаление этилена из среды хранения методом абсорбции, применение антиоксидантов.

Один из перспективных способов сокращения потерь плодов при хранении – применение ингибиторов этилена. Все более широкое применение находит ингибитор этилена 1-МЦП (1-метилциклопропен), который в сочетании с измененной атмосферой позволяет продлить срок хранения, снизить потери и сохранить высокое качество плодов.

Ключевые слова: яблоня, плоды, хранение, ингибиторы этилена, 1-метилциклопропен, Беларусь.

Сроки съема являются одним из решающих условий устойчивости плодов к болезням хранения. Как рано, так и поздно снятые плоды обладают повышенной восприимчивостью к болезням.

Наиболее достоверным интегрированным показателем оптимального срока съема плодов является эндогенное содержание этилена в плодах. В незрелых плодах содержание этилена составляет около 0,1 ppm, однако затем в течение нескольких дней происходит резкое увеличение его уровня до 10 ppm. Этот скачок называется автокаталитическим и указывает на созревание плодов. С этого момента производство этилена в плодах невозможно затормозить [1]. Для длительного хранения В.А. Гудковский рекомендует использовать партии плодов, содержащие 0,2-1 ppm (при хранении в РГС 0,2-0,5 ppm) [2].

Среди физиологических эффектов действия этилена на первом месте стоит ускорение созревания плодов. Этилен увеличивает проницаемость мембран и цитоплазмы клеток плода, чем облегчает проникновение кислорода внутрь клетки и усиливает окислительные процессы, способствующие постепенному снижению содержания органических кислот и сахаров. Этим же объясняется распад хлорофилла и превращение зеленой окраски в окраску, свойственную зрелым плодам. Под влиянием этилена активизируется деятельность многих ферментов, что ускоряет гидролиз крахмала, пектиновых веществ и размягчение плодов. Однако самое главное физиологическое действие

этилена заключается в усилении процесса дыхания и ускорении наступления климактерического криза, вслед за которым следует резкое созревание плодов [3].

Важнейшей задачей после уборки плодов является торможение их созревания для увеличения продолжительности хранения, сохранения качества и уменьшения потерь. В обычных холодильных камерах это достигается за счет понижения температуры (0...+3°C). Однако наилучшие результаты получаются при использовании контролируемой газовой среды с повышенным содержанием углекислого газа и пониженным – кислорода. Т.А. Мкртчяном установлено, что в начальный период хранения образование этилена плодами незначительно увеличивается, затем снижается и остается на низком уровне некоторое время. Продолжительность данного периода, при котором содержание этилена минимально, определяет лежкость плодов и зависит от сорта и условий хранения. Использование измененной атмосферы и пониженной температуры позволяет продлить данный период [4, 5].

Действие этилена как гормона созревания проявляется при наличии в тканях металлсодержащего рецептора, к которому поочередно присоединяется кислород и этилен. Установлено, что углекислый газ является конкурентным ингибитором этилена, вытесняя его из соединения с рецептором [6, 7]. Поэтому между содержанием углекислого газа и этилена в среде хранилища существует тесная зависимость. Увеличение концентрации углекислого газа с 1 до 6% замедляет синтез этилена плодами на 50%. Заметное подавление синтеза этилена отмечено после снижения концентрации кислорода в среде хранения ниже 5%. Опыты, проведенные на яблоках, показали, что при концентрации кислорода 21% синтез этилена в плодах активизируется уже через 3 дня, при 4% кислорода – через 7, а при 1% – через 140 дней [8].

В результате проведенных исследований В.А. Гудковским установлено, что при содержании этилена в камерах с РГС в пределах 0,5-0,9 ppm удается снизить развитие загара у плодов сорта Антоновка обыкновенная и полностью исключить его у сортов Мартовское и Северный Синап [9]. Сходные результаты были получены Е. Kupferman [10].

G. Bufler установил, что действие повышенных концентраций углекислого газа как ингибитора этилена проявляется только при невысоких начальных концентрациях этилена: при содержании в атмосфере хранения 200 ppm этилена, уровня углекислого газа в 5% недостаточно для того, чтобы нейтрализовать действие этого химического соединения. Это характерно также и в отношении кислорода [11].

Однако даже в регулируемой газовой среде плоды продолжают выделять этилен, который постепенно накапливаясь в воздухе камеры, приводит к ускоренному созреванию хранимой плодово-овощной продукции. Это привело к появлению новой технологии хранения: контролируемая газовая среда с удалением этилена. Отличие от обычной контролируемой атмосферы состоит в наличии поглотителя этилена, где действующее вещество или реагент – перманганат калия или бромистый калий. Данный способ хранения позволяет снизить содержание этилена в камере до 1 ppm [12].

Согласно исследованиям, проведенным в Польше, плоды положительно реагируют на удаление этилена из атмосферы хранения. Плоды сорта Макинтош были более твердыми и имели меньшую степень зрелости при использовании поглотителей этилена [1].

Однако данный способ не нашел широкого применения из-за высокой стоимости дополнительного оборудования, необходимости частой замены поглотителя и значительных трудностей в поддержании этилена в среде хранения ниже физиологически активного уровня (<1 ppm). Кроме того, эндогенное содержание этилена в плодах намного выше, чем в окружающей атмосфере.

Один из перспективных способов сокращения потерь плодов при хранении – применение защитных химических веществ (антиоксидантов, ингибиторов этилена), позволяющих управлять качеством плодов и регулировать продолжительность их хранения.

Предшественником этилена в плодах является метионин. Установлено, что превращение последнего в этилен в тканях подавляется денитрофенолом – разобщителем окислительного фосфорилирования и 1-каналом, который является ингибитором пиродоксальзависимых реакций. Плоды, обработанные ингибиторами на ранней стадии созревания, в дальнейшем не образуют этилен, и процесс их дозревания задерживается [8]. Поэтому поиск и применение веществ-конкурентов на различных стадиях прохождения химических процессов в плоде позволяет регулировать созревание плодов.

Так, для подавления синтеза этилена применяют обработку плодов аминоксивинилглицином (АВГ). Дифениламин (ДФА) ингибирует процессы свободно-радикального окисления в кутикулярном комплексе плодов. Обработка им исключает появление мокрого ожога на плодах [13].

Сегодня все более широкое применение находит ингибитор этилена 1-метилциклопропен (1-МЦП), который в сочетании с измененной атмосферой позволяет продлить срок хранения, снизить потери и сохранить высокое качество плодов. 1-МЦП по своим ингибирующим свойствам значительно превосходит известные препараты [14, 15, 16, 17]. Данный препарат был разработан Е. Sisler и S. Blankenship в 2003 г. в университете штата Северная Каролина (США) и теперь распространяется основанной в Филадельфии компанией Agro-Fresh. Препарат, продаваемый под торговой маркой SmartFresh и применяемый в газовой форме, подавляет производство этилена при хранении плодов и овощей [18]. В 2004 г. был запатентован новый способ получения 1-метилциклопропена, изобретенный в России и основанный на обработке 2-метилаллилхлорида сильными основаниями. Для удобства хранения и применения 1-МЦП непосредственно после синтеза поглощают порошкообразным циклодекстрином. Полученный продукт получил название «Фитомаг».

Для обработки плодов 1-МЦП их помещают в герметичное помещение с препаратом, предварительно растворенным в определенном количестве воды. Постепенно препарат выделяет в виде газа весь поглощенный 1-МЦП [15].

1-МЦП ингибирует биосинтез этилена, накопление продуктов окисления фарнезена. Плоды лучше сохраняют твердость, содержание органических кислот, растворимых сухих веществ. Обработка 1-МЦП обеспечивает комплексную защиту плодов от загара, грибных гнилей, побурения кожицы от механических повреждений. Устойчивость плодов, обработанных 1-МЦП, к физиологическим заболеваниям сохраняется и при доведении их до потребителя [13].

При хранении плодов сорта Антоновка обыкновенная при повышенной температуре (+20...+22°C) в течение 14 суток содержание эндогенного этилена в контрольных плодах составляло 148,7 ppm, а в обработанных – 1,37 ppm. Твердость плодов в контроле – 4,5 кг, в опыте – 6,3 кг, а исходное значение – 6,6 кг [14].

Ученые из ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина (Россия) определили, что концентрация, защищающая плоды от преждевременного созревания, ничтожно мала. В атмосферу герметичной камеры надо добавить меньше одной миллионной доли этого газа (на уровне 0,5-1,0 ppm) и продержать там плоды в течение суток. После этого фрукты можно перевозить и хранить значительно дольше. Были установлены и точные сроки, когда следует снимать плоды и обрабатывать их этим препаратом [19, 20].

После такой обработки плоды могут транспортироваться потребителям без потерь или храниться в холодильных камерах с обычной или регулируемой атмосферой до следующего урожая. Механизм действия препарата состоит в отключении биологического процесса созревания и старения в результате блокирования рецепторов на клеточной мембране, предназначенных для взаимодействия с гормоном созревания – этиленом. Этилен не может присоединиться к рецепторам и образовывать активные комплексы, так как прочность связи 1-метилциклопропена с рецепторами в 10 раз выше, чем у этилена. Накопление в камере до 10% углекислого газа и 100 ppm этилена не влияет на его присоединение к рецепторам этилена. В применяемых концентрациях препарат безопасен для здоровья человека и окружающей среды, на его применение имеется разрешение Роспотребнадзора и Минздрава Российской Федерации.

Одновременно возможно обрабатывать любое количество продукции: от 100 кг до 200 тонн и более. Эта технология прошла производственные испытания в Агрофирме «Сад-Гигант» Краснодарского края и ЗАО «15 лет Октября» Липецкой области и подтвердила высокую эффективность при её использовании в обычной и регулируемой газовой среде. На основании многолетних исследований и производственной проверки определены основные преимущества использования препарата «Фитомаг»:

- резко снижается или исключается развитие многих физиологических заболеваний плодов (загар, мокрый ожог, распад от старения, внутреннее побурение тканей, побурение сердцевины, побурение и маслянистость кожицы от старения), снижаются потери от грибных гнилей и естественной убыли плодов;

- сохраняется твёрдость, сочность, хрустящая консистенция, товарный вид, вкус плодов в период хранения в обычной и регулируемой газовой среде и доведения до потребителя при разрыве холодильной цепи (товарная обработка, транспортировка, реализация), так как «Фитомаг» контролирует биосинтез этилена и его отрицательное действие даже после выгрузки плодов из камер на стадии доведения их до потребителя;

- качество плодов многих позднеосенних и зимних сортов яблок при хранении в обычной атмосфере в течение 4-5 месяцев не ниже, чем при хранении в регулируемой газовой среде, что значительно повышает эффективность хранения плодов, продлевает сроки хранения и надёжно сохраняет их качество;

- снижается отрицательное действие стрессовых условий хранения плодов (несвоевременное создание рекомендуемой температуры и состава атмосферы, значительные колебания этих параметров), что исключает или резко снижает риск поражения плодов загаром, низкотемпературными (мокрый ожог, низкотемпературный распад, побурение сердцевины) и другими повреждениями и грибными гнилями. При запаздывании с созданием рекомендуемой регулируемой газовой среды в камерах на 2-3 недели качество плодов было эквивалентно качеству плодов, хранившихся в камерах, в которых рекомендуемые условия были созданы своевременно, что позволяет повысить эффективность хранения плодов в камерах с регулируемой газовой средой без использования генератора азота;

- за счёт ингибирования процессов жизнедеятельности и выделения углекислого газа и тепла снижаются энергетические затраты для поддержания рекомендуемой температуры и состава атмосферы;

- освоение эффективной технологии хранения плодов в обычной и регулируемой газовой среде с использованием «Фитомаг» позволяет увеличить в промышленном сорimente долю высококачественных сортов яблони и груши осеннего и зимнего сроков созревания;

- наибольшая эффективность препарата проявляется при обработке климактерических плодов и овощей (яблоки, груши, сливы, алыча, абрикосы) с высоким товарным качеством, сбалансированным минеральным составом, оптимальной степенью зрелости;

- «Фитомаг» эффективен не только в холодильных камерах, но и при транспортировке климактерических плодов автомобильным, железнодорожным и водным транспортом [19, 14].

ВЫВОДЫ

1. Этилен является основной причиной ускоренного созревания и старения плодов.
2. Уменьшение уровня этилена в среде хранения – главное условие замедления созревания плодов, уменьшения потерь и сохранения их качества.
3. Наиболее эффективным на современном этапе является применение ингибитора этилена 1-метилциклопропена (1-МЦП), который обеспечивает комплексную защиту плодов от физиологических расстройств и грибных гнилей не только при хранении в различных газовых средах, но и при доведении их до потребителя.
4. В этой связи перспективно изучение действия ингибиторов этилена и в первую очередь 1-метилциклопропена при хранении плодов и последующее внедрение результатов в производство.

Литература

1. Fica, J. Etylen a przechowywanie jablek / J. Fica // Ogrodnictwo. – 1983. – № 7. – S. 7-9.
2. Гудковский, В.А. Результаты и перспективы исследований по вопросам сокращения потерь плодов при хранении / В.А. Гудковский // Проблемы интенсификации современного садоводства: краткие тез. докл. к 4-й обл. науч. конф. молодых ученых, Мичуринск, апр. 1990 г. / ВНИИС им. И.В. Мичурина; редкол.: В.А. Гудковский (гл. ред.) [и др.]. – Мичуринск, 1990. – С. 223-227.
3. Криворот, А.М. Созревание плодов яблони: биохимические аспекты и гипотезы инициации / А.М. Криворот // Плодоводство: науч. тр. / Ин-т плодоводства НАН Беларуси; редкол.: В.А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2002. – Т. 14. – С. 167-184.
4. Мкртчян, Т.А. Некоторые аспекты биохимии хранения плодов / Т.А. Мкртчян, Г.Г. Снапян, М.Г. Снапян // Современные аспекты теории и практики хранения и переработки плодово-ягодной продукции: сб. науч. тр. / Северо-Кавказский ЗНИИСиВ; редкол.: Е.А. Егоров [и др.]. – Краснодар. – 2005. – С. 97-105.
5. Мкртчян, Т.А. Роль этилена при созревании и хранении плодов яблони / Т.А. Мкртчян, Г.Г. Снапян // Изв. агр. науки. – 2004. – № 3. – С. 101-103.
6. Криворот, А.М. Технологии хранения плодов / А.М. Криворот. – Минск: ИВЦ Минфина, 2004. – 262 с.
7. Mathooko, F.M. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide / F.M. Mathooko // Postharvest Biol. Technol. – 1996. – № 7. – P. 1-26.
8. Полегаев, В.И. Проблема регулирования накопления этилена при хранении плодов и овощей / В.И. Полегаев // Изв. ТСХА. – 1998. – Вып. 4. – С. 130-137.

9. Гудковский, В.А. Развитие технологии хранения в РГС с удалением этилена / В.А. Гудковский, Л.В. Кузнецова // Теоретическая и прикладная карпология: тезисы докл. Всесоюз. конф., Кишинев, 30 окт. – 1 нояб. 1989 г. / Ин-т физиологии и биохимии растений; редкол.: Б.Т. Матиенко [и др.]. – Кишинев: Штиинца, 1989. – С. 254-255.
10. Kupferman, E. The Role of Ethylene in Determining Apple Harvest and Storage Life / E. Kupferman // Post Harvest Pomology Newsletter. – 1986. – Vol. 4. – № 1. – P. 120-124.
11. Bufler, G. Die Regulation der Ethylensynthese von Äpfeln während der Fruchtreife und Lagerung / G. Bufler // Erwerbsobstbau. – 1986. – В. 28. – № 6. – S. 164-166.
12. Криворот, А.М. Хранение плодов: опыт и перспективы / А.М. Криворот. – Минск: Полибиг, 2001. – 215 с.
13. Гудковский, В.А. Влияние предуборочных и послеуборочных обработок агрохимикатами на восприимчивость плодов яблони к физиологическим и грибным заболеваниям / В.А. Гудковский [и др.] // Научные основы эффективного садоводства: сб. науч. тр. / ВНИИС им. И.В. Мичурина; отв. ред.: В.А. Гудковский. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 460-471.
14. Гудковский, В.А. Эффективность ингибиторов этилена в предотвращении поражения плодов физиологическими и грибными заболеваниями в период хранения и доведения до потребителя / В.А. Гудковский // Прогрессивные методы хранения плодов, овощей и зерна: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мичуринск, 27-28 апр. 2004 г. / ВНИИС им. И.В. Мичурина; редкол.: В.А. Гудковский [и др.]. – Воронеж: Кварта, 2004. – С. 3-13.
15. Швец, В.Ф. Применение 1-метилциклопропена при хранении фруктов и овощей / В.Ф. Швец [и др.] // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 28.
16. Bates, B.R. 1-MCP and Fruit Quality / B.R. Bates, H. Warner // Perishables Handling Quarterly. – 2001. – № 108. – P. 10-12.
17. Johnson, D.S. Improvement in the storage quality of apples in the UK by the use of 1-MCP (SMARTFRESH™) / D.S. Johnson // Acta Hort. – 2003. – Vol. 599. – P. 39-47.
18. Wrzodak, A. Czy 1-MCP jest przyszloscia przechowalnictwa / A. Wrzodak // Warzywa. – 2005. – № 11/12. – P. 93-94.
19. Гудковский, В.А. Современные и новейшие технологии хранения плодов (физиологические основы, преимущества и недостатки) / В.А. Гудковский, А.Е. Балакирев, Л.В. Кожина // Научные основы эффективного садоводства: сб. науч. тр. / ВНИИС им. И.В. Мичурина; отв. ред.: В.А. Гудковский. – Воронеж: Кварта, 2006. – С. 309-325.
20. Назаров, Ю.Б. Влияние некорневых подкормок и ингибитора этилена на восприимчивость плодов яблони к физиологическим и грибным заболеваниям / Ю.Б. Назаров, Л.В. Кожина, А.Е. Балакирев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 1. – С. 28-30.

APPLICATION OF INHIBITORS OF ETHYLENE SYNTHESIS TO FRUIT STORAGE

A.M. Krivorot, A.V. Gurin

SUMMARY

The most important goal after fruit harvesting is inhibition of its ripening for prolongation keeping capacity, stable high quality and loss reduction. For this goal the decrease of ethylene synthesis realizing by fruit is needed.

The several methods of this making this task are applied nowadays: low temperature, modified keeping atmosphere, removal of ethylene from the keeping atmosphere by absorption, antioxidants.

One of the prospective traits of loss reduction during fruit storage is application of inhibitors of ethylene synthesis. The inhibitor 1-MCP (1-methiscyclopropen) has been the most widespreadly used. In combination with modified atmosphere it makes possible to prolong keeping capacity, keep high quality and reduce fruit losses.

Key words: apple, fruit, storage, ethylene inhibitors, 1-methiscyclopropen, Belarus.

Дата поступления статьи в редакцию 09.04.2010