

УДК 631.563

ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ЭТИЛЕНА ПРИ ХРАНЕНИИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ (ОБЗОР)

В.И. ПОЛЕГАЕВ

(Кафедра хранения и переработки плодов и овощей)

Приведены сведения о влиянии различных факторов на выделение хранящимися плодами и овощами этилена, о воздействии накопившегося этилена на обмен веществ и качество продукции при хранении. Рассматриваются способы нейтрализации этилена в помещениях хранения.

При созревании многие виды плодов и овощей выделяют этилен. Накапливаясь в воздухе хранилищ, этилен активизирует процессы их дозревания и укорачивает сроки хранения. Поэтому исследование выделения созревающей продукцией этилена и его накопления в хранилище или в камерах холодильника имеет большое значение для разработки технологий хранения.

Интенсивность выделения этилена учитывается уже при уборке продукции. Так, по количеству выделяемого этилена устанавливают оптимальные сроки съема яблок. При этом анализ проводят сразу после уборки в течение 1 ч при температуре 20°С, для чего плоды помещают в герметично

закрываемую емкость. Оптимальным сроком считают период, когда интенсивность выделения этилена плодами минимальна и составляет около 30 мл/кг в 1 ч [14]. В Великобритании для оценки степени зрелости яблок анализируют воздух, взятый при помощи шприца из семенной камеры плодов прямо в саду. Для этого используют переносной хроматограф, а анализ выполняют в течение 2 мин. Согласно данному тесту, на хранение следует закладывать яблоки, когда в воздухе их семенной камеры содержание этилена составляет 0,1—0,5 мл/кг. При содержании этилена 0,5—1 мл/кг яблоки пригодны для хранения средней продолжительности, при 1—5 мл/кг — лишь для

кратковременного хранения, а если содержание этилена превышает 10 мл/кг, то плоды можно применять только для переработки [15]. Таким образом, данный показатель позволяет не только определять оптимальные сроки уборки яблок, но и диагностировать их лежкоспособность.

Аналогичным образом определяется лежкоспособность дынь. Рекомендуется закладывать их на хранение, когда интенсивность выделения плодами этилена составляет менее 0,1 мл/кг в 1 ч. Лежкоспособность дынь низкая, если плоды выделяют этилен с интенсивностью более 0,3 мл/кг в 1 ч [4, 8].

Этилен выделяют не только плоды, но и другие органы растений. Различные виды овощной и плодоягодной продукции в разной степени способны выделять этилен при хранении. По этому показателю выделяется 4 группы: 1 — очень низкая активность выделения этилена — 0,01—0,1 мл/кг в 1 ч при температуре 20°С (виноград, цитрусовые плоды, вишня, земляника, репчатый лук, морковь, свекла, кочанная капуста); 2 — низкая активность — 0,1—1 мл/кг в 1 ч (ананасы, перец, голубика); 3 — средняя активность — 1—10 мл/кг в 1 ч (бананы, манго, томаты); 4 — высокая активность — более 10 мл/кг в 1 ч (яблоки, груши, персики, абрикосы, сливы). Выделение этилена и ускорение созревания наблюдается при повышенных температурах, при 0°С эти процессы почти не проявляются [1, 3, 7, 9, 16].

Продукция, выделяющая этилен, отрицательно влияет на ка-

чество других видов плодов и овощей, хранящихся с ней в одном помещении. Так, корнеплоды, длительное время находящиеся в одной камере с яблоками, грушами, томатами, приобретают горьковатый привкус, что связано с накоплением в их тканях фенолов. Опыты, проведенные в Канаде, показали, что в корнеплодах пастернака под действием этилена содержание фенолов за 2 мес увеличивается с 13 до 23 мл на 100 г сырой массы, т.е. в 1,8 раза. Максимальное количество фенолов накапливается в кожуре корнеплодов, несколько меньше — во флоеме, а минимальное количество — в ксилеме [12]. Аналогичные результаты получены в опытах с морковью и столовой свеклой.

Продукцию, у которой необходимо сохранить натуральный зеленый цвет (огурцы, кабачки, перец, зеленные овощи), также нельзя размещать в одном помещении с семечковыми плодами или томатами, активно выделяющими этилен. При совместном хранении с яблоками и томатами ухудшается вкус даже у капусты и лука, а картофель и корнеплоды к тому же раньше прорастают [2, 5]. Все виды салата очень чувствительны к этилену, при его воздействии на листьях появляются ржавые пятна, ухудшающие качество продукции. Баклажаны реагируют на этилен увяданием, затем начинается гниение плодов, которое обычно прежде всего затрагивает чашечку.

Под действием этилена ускоряется созревание плодов и овощей, быстрее снижается их товарное

качество, интенсивнее развиваются болезни. Так, при хранении кочанной капусты в помещении при содержании этилена в воздухе на уровне 0,75 мл/л и температуре 0...+1°С потери от болезней за 4 мес составили 4—5%. В таких же условиях хранения, но при содержании этилена в воздухе 4 мл/л потери от зачистки кочанов возросли до 20—25%. После хранения цветной капусты при высоком уровне этилена крошечные листья опадают, на головках появляются черные пятна гнили, качество продукции резко ухудшается [5, 16].

Многочисленные исследования показали, что плоды и овощи, активно выделяющие этилен, необходимо хранить в отдельных, изолированных камерах. Особенно значительный отрицательный эффект от совместного хранения их с другими видами продукции бывает при температуре выше 6°С, когда выделение этилена усиливается. Вместе с тем при температуре около 0°С или в условиях РГС даже повышенные концентрации этилена не оказывают существенного влияния на качество и сохранность плодов и овощей [3, 7, 11].

Интенсивность выделения этилена продукцией при хранении зависит от действия многих факторов. Прежде всего это вид плодовоовощной продукции и особенности ее биологии, обмена веществ. Велико также влияние особенностей сорта. Так, яблоки сорта Голден Делишес начинают активно выделять этилен сразу же после закладки на хранение, тогда как в плодах сорта Бремли

Сидлинг эти процессы начинаются лишь спустя 2 мес. Значительно влияет на выделение этилена температура в помещении, где хранятся плоды и овощи. Повреждение продукции при уборке и транспортировании усиливает выделение ею этилена, это усиливает старение неповрежденных тканей и ускоряет процесс дозревания, снижая лежкоспособность.

Установлено также, что к факторам, влияющим на интенсивность выделения этилена, относится положение плодов и овощей при хранении. Овощи меньше выделяют этилена и дольше сохраняют свежесть и товарность в случае их вертикального положения, т.е. такого, при котором они формировались на растении до уборки. У яблок интенсивность выделения этилена бывает самой высокой при горизонтальном их положении, а самой низкой — у плодов, хранящихся плодоножкой вверх [13].

Этилен могут вырабатывать также некоторые виды бактерий и грибов, которые развиваются на продукции в процессе хранения. В частности, такой способностью обладает плесень пенициллум дигитатум, поражающая баклажаны, чеснок, цитрусовые плоды и другие виды плодов и овощей. Этилен тормозит в луковицах синтез веществ, подавляющих развитие плесеней. Поэтому считают, что патогенная плесень использует выделяемый ею этилен для ослабления защитных механизмов растительной ткани [3—5].

Основные факторы, вызывающие выделение этилена плодами

и овощами при хранении, — это факторы биологические. При этом любая форма «стресса», которому подвергается продукция в период уборки и при хранении, усиливает процесс выделения этилена. Разновидностями «стресса» являются механические повреждения, поражение микроорганизмами, повреждение насекомыми, воздействие ядохимикатов, слишком низкая температура, сухость воздуха и связанное с ней подвядание тканей [5, 10, 15]. Кроме того, выделение этилена зависит от действия специфических физических факторов. Так, этилен может накапливаться в камерах хранения вследствие неполного сгорания пропана в газогенераторе при регулировании состава РГС, а также в результате использования в камерах холодильника автопогрузчиков с двигателем внутреннего сгорания.

Разработан ряд приемов, замедляющих синтез этилена плодами и овощами при хранении. Одним из наиболее эффективных в этом отношении является понижение температуры до допустимой для конкретного вида и сорта продукции [3, 4, 7]. Углекислый газ также подавляет выделение и действие этилена. Увеличение его концентрации в РГС с 1 до 6% замедляет синтез этилена плодами на 50% [5]. Подавляет выделение этилена обработка яблок и citrusовых плодов углекислым газом в концентрации 15—20% в течение 8—10 сут (углекислотный шок). После этого продукцию хранят в РГС оптимального для сорта состава.

Заметное подавление синтеза

этилена в разных видах плодов и овощей отмечено после снижения концентрации кислорода в помещении хранения ниже 5%. Очень эффективно уменьшение в среде хранения содержания кислорода до 1%. 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.

Хорошие результаты обеспечивает хранение плодов и овощей в разреженной атмосфере (0,1—0,15 атмосферного давления), так как при этом этилен активно удаляется из тканей наружу, что замедляет процесс созревания и выделения продукцией данного газа. С целью удаления из тканей этилена и за счет этого подавления его синтеза применяют тепловую обработку яблок, citrusовых плодов, дынь. Для чего перед закладкой на хранение их выдерживают при высокой температуре (порядка 35°С) в течение 3—4 дней, а затем хранят при оптимальной температуре [1, 7, 11].

Предшественником этилена в яблоках, грушах, бананах и других плодах является метионин. Установлено, что превращение последнего в этилен в тканях яблок подавляется денитрофенолом — разобщителем окислительного фосфорилирования и I-каналлином, который является ингибитором пиридоксальзависимых реакций. Можно управлять синтезом этилена, воздействуя на отдельные звенья метаболизма метионина. Активно подавляет биосинтез этилена 2-амино-4-меток-

си-транс-бутеновая кислота. Плоды, обработанные ингибиторами на ранней стадии созревания, в последующем не образуют этилен и процесс их дозревания задерживается [3]. Для подавления синтеза этилена применяют специальные препараты. Так, яблоки перед закладкой на хранение обрабатывают аминоэтоксигвинилглицином (АВГ).

Оптимальный уровень содержания этилена в атмосфере хранилища или камеры холодильника, при котором не происходят нарушения обмена веществ и не сокращаются сроки хранения, может быть различным для разных видов продукции. Так, для яблок благоприятно содержание этилена в атмосфере 0,5 мл/л, для капусты — 0,75 мл/л. Для многих видов плодов и овощей оптимальный уровень данного показателя не установлен.

Для всех видов плодоовощной продукции содержание этилена в помещении хранения должно быть низким, как правило, ниже 1 мл на 1 л воздуха или РГС. Поэтому перечисленных ранее приемов, снижающих выделение этилена хранящейся продукцией, обычно бывает недостаточно. В связи с этим применяют следующие способы нейтрализации и удаления этого газа из атмосферы помещений хранения.

Из обычных хранилищ излишек этилена легко удалить при помощи вентиляции наружным воздухом. В камерах холодильника частая замена воздуха на взятый снаружи неэкономична из-за резко возрастающих затрат на охлаждение (особенно осенью и весной). Кроме того, здесь возможны ко-

лебания температуры, которые активизируют развитие болезней. Нельзя также вентилировать камеры с РГС из-за неизбежного нарушения состава газовой среды. В связи с этим в камерах обычных холодильников или холодильников с РГС, в которых накопление этилена происходит довольно быстро и до значительных концентраций, очищают воздух, пропуская его через холодную воду, поглощающую этилен. Можно таким образом очищать от этилена и газовую среду, но в этом случае поглощается углекислый газ и кислород, из-за чего необходимо исправлять РГС по данным параметрам [1, 3].

Более эффективно применение специальных реагентов, разлагающих этилен. Наиболее широко для этих целей используется перманганат калия. Для увеличения поверхности взаимодействия данного реагента с воздухом или РГС 50% водным раствором перманганата насыщают гранулы целита, вермикулита, селкагеля или перлита. За рубежом применяют этисорб и шорафил, которые представляют собой алюминиевые шарики, пропитанные 50% раствором перманганата калия. Пропитанные гранулы или шарики в перфорированных пакетах из пленки помещают в упаковки с продукцией или в камеры холодильника. Работоспособность поглотителя определяют визуально: по мере окисления перманганата калия окраска наполнителя меняется от пурпурно-красной до коричневой и пепельно-серой.

Более результативна очистка забираемой из камер газовой среды или воздуха путем пропуска-

ния их через внешний поглотитель (скруббер) с пропитанным перманганатом калия гранулами перлита. Такие поглотители устанавливаются в коридоре холодильника. Очищенная газовая среда или воздух по трубопроводу возвращаются в камеру. Указанные установки отличаются высокой производительностью, но требуют периодической замены поглотителя. Расход гранул перлита составляет 0,8—1 кг на 1 т продукции. Адсорбент этилена обычно заменяют через 2 мес хранения после побурения гранул [3, 5, 7, 11].

Для поглощения и разложения этилена применяют также сухой порошок перманганата калия. Его смешивают с гигроскопичной солью, содержащей воду. Наличие воды необходимо, так как в ее присутствии перманганат активнее окисляет этилен. Смесь перманганата калия и соли насыпают в поглотительную колонку, через которую пропускают воздух или газовую среду, забираемые из камеры хранения.

Можно связывать этилен и при помощи активированного древесного угля. Атмосферу камеры хранения периодически пропускают через колонку, заполненную углем, пропитанным раствором бромистого калия, который нейтрализует этилен [1, 3].

В России разработан поглотитель этилена сорбилен, основой которого также является перманганат калия. В процессе использования сорбилен 1 г препарата поглощает 3 мл этилена. Для камеры на 100 т яблок на сезон хранения требуется 120 кг поглотителя.

Расход химических нейтрализаторов этилена за сезон хранения бывает довольно значительным. Более экономичны физические способы нейтрализации этилена. Одним из них является продувание воздуха или газовой среды, забираемых из камер хранения, через скруббер с платиновым катализатором, нагретым до 200° С. В таких условиях этилен разлагается с образованием углекислого газа и воды. Недостатком способа является то, что в скруббере воздух или газовая среда подогреваются и поэтому перед возвращением в камеры хранения их необходимо охлаждать до оптимальной температуры [11].

Предложено также разрушать этилен ультрафиолетовым излучением, в качестве источника которого применяют ртутные лампы холодного свечения мощностью 30 Вт. Батарею ламп размещают в специальной камере, через которую при помощи воздухопроводов периодически воздух или газовую среду пропускают из камер хранения и возвращают обратно. Аналогичным образом работают установки по окислению этилена при помощи озона.

Одним из перспективных направлений нейтрализации этилена считается хранение плодов и овощей в герметичных камерах при пониженном давлении. При этом обеспечиваются интенсивное удаление этилена из внутренних тканей продукции в атмосферу камеры, а затем его нейтрализация.

Большинство исследователей считают, что полное отсутствие этилена в камерах при длительном хранении отрицательно ска-

зывается на качестве многих видов плодов и овощей, в частности яблок и груш. Плоды в таких условиях длительное время остаются плотными и сочными, но не приобретают специфического аромата. Поэтому в процессе хранения необходимо не полное удаление этилена из помещений хранения, а регулирование его содержания в оптимальных для каждого вида плодовоовощной продукции концентрациях.

Заключение

Неконтролируемое выделение и накопление этилена в атмосфере хранилища или камер холодильника приводит к снижению качества хранящейся плодовоовощной продукции и сокращению сроков ее хранения. Процессы выделения плодами и овощами этилена, а также отрицательное действие накопившегося в помещениях хранения этилена на продукцию изучены недостаточно. Отсутствуют эффективные и дешевые установки для нейтрализации этилена в камерах хранения. При работе над данной проблемой необходимо решить следующие задачи.

1. Изучить влияние биологических, агротехнических, технологических факторов на выделение этилена разными видами плодов и овощей.

2. Установить допустимые концентрации этилена для разных видов плодовоовощной продукции при хранении.

3. Разработать простые в обращении и надежные приборы для определения содержания этилена в воздухе или газовых средах.

4. Разработать эффективные

поглотители и нейтрализаторы этилена в помещениях хранения, способные автоматически в течение длительного времени (8—9 мес) поддерживать заданную концентрацию его в воздухе или РГС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гудковский В.А.* Длительное хранение плодов. Алма-Ата: Кайнар, 1978. — 2. *Кораблева Н.П.* Особенности гормональной регуляции глубокого покоя клубней картофеля. — В сб.: Регуляция метаболизма первичных и вторичных продуцентов фотосинтеза. Пушкино, 1983, с. 76—79. — 3. *Метлицкий Л.В.* Основы биохимии плодов и овощей. М.: Экономика, 1976. — 4. *Ракитин Ю.В.* Ускорение созревания плодов. М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 5. *Furry R.B., Hicks J.R., Jorgensen M.C., Ludford P.M.* Effects of ethylene on controlled atmosphere storage of cabbage. St. Joseph, Michigan, 1979, p. 7. — 6. *Gorini F.* Frutticoltura, 1982, vol. 44, N 9/10, p. 35—38. — 7. *Inaba A., Kubo Y., Nakamura R.* — J. Japan, Soc. Hort. Sci., 1989, vol. 58, N 3, p. 713—718. — 8. *Jourdain J.M.* — Infos., 1989, vol. 49, N 49, p. 44—45. — 9. *Kubo Y., Inaba A., Nakamura R.* — J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1990, vol. 115, N 6, p. 975—978. — 10. *Meinl G., Nuske D., Bleiss W.* Gartenbau (Berlin). 1988, Bd 35, N 9, S. 265. — 11. *Rizzolo A.* Atti. Ist. Sper. Valorizzaz. Tecnol. Prod. Agr. Milano, 1989, vol. 12, p. 85—94. — 12. *Shattuck V.I., Yada R., Loughheed E.C.* — Hort. Sci., 1988, vol. 23, N 5, p. 912. — 13. *Urushizaki S., Nagashima N., Takeda Y., Ota Y.* — IARQ,

1987, vol. 20, N 3, p. 196—201. — 14. *Van Schaik A.C., Schouten S.P.* Groenten en Fruit, 1987, vol. 16, N 43, p. 78—79. — 15. *Wareing P.F.* — J. Agric. Education Association. Great Britain, 1980, vol. 55, N 1, p. 5—15. — 16. *Weichmann J.* — Gemuse, 1987, Bd 23, N 2, S. 120—122.

Статья поступила 23 апреля 1998 г.

SUMMARY

Information about the effect of different factors on secretion of ethylene by stored fruits and vegetables, about the effect of accumulated ethylene on metabolism and quality of produce in storage is presented. The ways of neutralizing ethylene in storage rooms are considered.