

БИОХИМИЧЕСКИЕ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ

Бородай И. И.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

На основе проведенного анализа биохимических и биофизических основ хранения плодов установлено, что для их длительного хранения следует использовать информационное электромагнитное излучение, действие которого приведет к ингибированию синтеза этилена и защите плодов яблони от физиологических и грибковых болезней.

Постановка проблемы. В полноценном пищевом рационе человека важное место занимают фрукты, содержащие такие необходимые для организма вещества, как витамины, органические кислоты, микроэлементы и т.п.

В связи с этим садоводство занимает важное место среди отраслей сельского хозяйства Украины. В связи с развитием интенсивного садоводства возрастают требования к длительному хранению плодов яблони. При существующих способах хранения: обычная, регулируемая, модифицированная атмосферы не обеспечивают защиту плодов яблони от физиологических и грибковых болезней, не гарантируют сохранение их исходного качества на стадиях хранения и реализации [1]. Значительная доля потерь плодов (до 40 %) в период хранения приходится на поражение их физиологическими расстройствами и болезнями (плесень, стрептококки, грибки, споровые бактерии и др.).

Анализ последних исследований и публикаций. Из анализа литературных источников следует, что из всего количества полученной продукции требованиям высшего и первого сортов удовлетворяют не более 60 % плодов [2]. Основной причиной развития заболеваний и снижения качества плодов является избыточное накопление этилена внутри плодов и окружающей среде. Современная технология хранения плодов в газовой среде является не всегда эффективной и дорогостоящей, что вызывает необходимость в разработке новых, более доступных и менее затратных технологий хранения на основе применения информационного электромагнитного поля (ЭМП). Для разработки информационной ЭМ технологии хранения фруктов и овощей возникает необходимость анализа биохимических и биофизических основ хранения плодов.

Цель статьи. Провести анализ биохимических и биофизических основ хранения плодов и обосновать применение информационного ЭМП для их хранения.

Основные материалы исследований. Между плодами и окружающей их средой при хранении происходит постоянный дыхательный газообмен, необходимый для жизнедеятельности клеток, которые используя накопленные ранее запасы питательных веществ, поглощают кислород и выделяют углекислый газ, водяные пары и летучие органические вещества (этилен и ряд веществ, образующих в совокупности аромат плодов. Кислород воздуха поступает вначале в межклеточное пространство плода, затем переходит в клетку и вовлекается в процесс дыхания. Углекислый

газ, выделяющийся в процессе дыхания, движется в обратном направлении из клеток в межклеточное пространство, а затем в окружающую плод среду. Таким образом, в хранимых плодах всегда образуется своя внутритканевая атмосфера, отличная по составу от воздуха [1, 2].

Проведенный анализ показал, что важнейшим фактором длительного хранения фруктов является уровень интенсивности их клеточного дыхания. Этот окислительный распад органических веществ сопровождается образованием химически активных метаболитов и освобождением энергии, которая используется клетками для процессов жизнедеятельности. Процесс дыхания, в каком-то смысле, аналогичен процессу горения – и в том и другом случаях выделяется теплота. В обоих процессах происходит присоединение кислорода к субстрату, поэтому дыхание есть медленно текущее горение питательных веществ в живом организме [3-5].

В присутствии достаточного количества кислорода питательные вещества полностью окисляются до CO_2 и H_2O в дыхательном цикле, получившем название цикла Кребса. При этом все участники этого процесса локализованы во внутренней мембране митохондрий. Кислород необходим для заключительного этапа дыхательного процесса, связанного с окислением коферментов в дыхательной электротранспортной цепи (ЭТЦ) митохондрий. С переносом электронов по ЭТЦ сопряжен и синтез аденозинтрифосфата (АТФ) [4].

Дыхательная ЭТЦ, локализованная во внутренней мембране митохондрий, служит для передачи электронов от восстановленных субстратов на кислород, что сопровождается трансмембранным переносом ионов H^+ . Таким образом, ЭТЦ митохондрий выполняет функцию окислительно-восстановительной помпы.

Дыхательная цепь митохондрий включает в себя четыре основных мультиэнзимных комплекса и два небольших по молекулярной массе компонента – убихинон и цитохром. Комплекс I осуществляет перенос электронов к убихинону. Комплекс II катализирует окисление сукцината убихиноном. Комплекс III переносит электроны от восстановленного убихинона к цитохрому. В заключительном комплексе IV электроны переносятся от цитохрома к кислороду. Транспорт электронов через комплекс IV сопряжен с активным транспортом ионов H^+ [4,5].

В результате изучения пространственного расположения компонентов ЭТЦ во внутренней мембране

митохондрий показано, что комплексы I, III и IV пересекать мембрану. Способность митохондриальных мембран к конформационным изменениям и связь этих изменений со степенью энергизации митохондрий послужила основой для создания модели, согласно которой энергия, освобождающаяся в процессе переноса электронов, используется при переводе белков внутренней мембраны митохондрий в новое, богатое энергией состояние, приводящее к образованию АТФ.

Естественно, что возрастание функциональной активности клеток сопровождается усилением дыхания. В значительной степени это достигается благодаря механизму дыхательного контроля.

В период, предшествующий полному созреванию сочных плодов, наблюдается значительное кратковременное усиление дыхания тканей плода, после чего происходит неуклонное падение поглощения O_2 . Этот процесс сопровождается усиленным образованием этилена, который оказывает на обмен двоякое влияние. С одной стороны увеличивается проницаемость мембран и усиливается гидролиз белков, в результате чего возрастает количество доступных дыхательных субстратов. С другой стороны, в период подъема дыхания стимулируется синтез белков [6, 7].

Все приведенные выше данные говорят о том, что цель длительной сохранности плодов растений может быть достигнута с помощью уменьшения транспорта ионов и протонов через мембрану растительной клетки. К решению этой задачи может привести либо создание соответствующих электрических полей, противодействующих указанному транспорту, либо закрытию каналов, по которым этот транспорт осуществляется.

Выбор того или иного метода определяется тем, что низкомолекулярные вещества проникают через поры, причем существенную роль играет их заряд. Одновалентные ионы перемещаются легче, чем двухвалентные и трехвалентные. Особенно это характерно для анионов, чем больше заряд аниона, тем труднее он проникает в клетку, поскольку цитоплазма заряжена отрицательно.

Что касается проблемы мембранного транспорта, то он может быть пассивным, связанным с диффузией вещества по электрохимическому градиенту, и активным – благодаря затратам метаболической энергии. Примерами активного транспорта служат ионные насосы [4].

Процесс транспорта ионов через мембрану удобно описывать с помощью кинетической системы, которую можно охарактеризовать как совокупность переменных и параметров, выражаемых через измеримые величины, которые в каждый момент времени принимают определенные числовые значения. Параметры поддерживаются неизменными в течение времени наблюдения за системой, переменные величины изменяются с течением времени.

Будем считать, что в системе имеется n различных компонентов, которые являются химическими соединениями, претерпевающими метаболические превращения, при этом каждое i -е соединение из общего их числа n характеризуется значением концентрации c ($i=1,2, \dots, n$), которое может изменяться со

временем в результате взаимодействия i -го соединения с любым из остальных ($n-1$) веществ. Такого предположения достаточно для написания общей математической модели, представляющей собой систему из n дифференциальных уравнений [8].

Наличие такой зависимости процессов от времени, являющейся объективным свойством системы, позволяет существенно упростить исходную модель, по существу сведя задачу ее кинетического описания к изучению поведения наиболее медленной стадии. В этом смысле самое медленное звено – управляющее, поскольку воздействие именно на него, а не на более быстрые стадии, может повлиять на скорость протекания всего процесса. Таким образом, хотя биологические процессы и включают огромное число промежуточных стадий, динамические свойства этих систем регулируются сравнительно небольшим числом отдельных звеньев, а следовательно, их кинетическая модель может содержать и существенно меньшее число уравнений.

Решение таких упрощенных систем уравнений может дать более содержательное представление об общих динамических свойствах системы, чем решение полных моделей, особенно в тех случаях, когда не возникает необходимости нахождения точного решения уравнений, но зато требуется предсказать характер динамического поведения системы при изменении условий ее функционирования. В биологических системах такое исследование особенно важно, поскольку значения их внутренних и внешних параметров и начальные условия, как правило, меняются и обычно не могут быть точно заданы.

Для описания метаболических процессов, происходящих в тканях фруктов, недостаточно учета только закона сохранения энергии, поскольку при этом выпадает фактор времени, характеризующий сам процесс перехода. Оценка энергетических эффектов тех или иных превращений будет получена путем сравнения параметров начального и конечного состояний системы.

Решение данной задачи требует рассмотрения переноса через мембраны теплоты, вещества и заряженных частиц. Особый интерес представляет случай, когда в системе одновременно протекает несколько процессов, каждый из которых характеризуется собственными значениями скорости и движущей силы. Эти процессы могут взаимодействовать друг с другом так, что скорость каждого из них будет зависеть и от движущих сил всех других процессов, т. е. каждый поток зависит не только от своей силы, но и от всех других сил.

Так, для двух взаимодействующих процессов будут записаны следующие уравнения переноса через мембрану вещества J под действием разности давлений и электрического тока I , вызванного разностью потенциалов $\Delta\varphi$ [4,5]:

$$\begin{aligned} J &= L_{11}\Delta p + L_{12}\Delta\varphi \\ I &= L_{21}\Delta p + L_{22}\Delta\varphi \end{aligned} \quad (1)$$

где L_{11} , L_{12} , L_{21} , L_{22} – коэффициенты пропорциональности.

Видно, что обе величины, характеризующие поток, взаимно связаны, то есть, меняя величину внешнего электрического поля можно добиться либо стационарного состояния концентрации потоков ионов, либо их существенного уменьшения, что скажется на интенсивности дыхания клеток. С помощью данного подхода будет получено описание непрерывного потока ионов через мембрану клетки.

Однако более эффективным может оказаться так называемый дискретный метод. В нем будем предполагать, что частица преодолевает мембрану с помощью нескольких дискретных перескоков через активационные барьеры. Это связано с тем, что мембрана не является однородной фазой для движения ионов, поскольку перенос ионов через мембраны осуществляется через специализированные участки – ионные каналы, представляющие собой липопротеиновые комплексы сложной структуры. В узких каналах невозможна независимая диффузия, а допустимо только одностороннее движение ионов. Вследствие узости поры в канале могут происходить сильные ионные взаимодействия. Это может приводить к блокировке канала при высоких концентрациях электролита [4].

В случае дискретного метода канал в мембране представляется рядом последовательных потенциальных ям и барьеров. Перескок иона возможен только в пустую яму. Второй ион не может попасть в занятую потенциальную яму из-за электростатического взаимодействия с уже находящимся там ионом. Вероятность перескока зависит от приложенного электрического поля. Исходя из этих предположений, уравнение для потока ионов можно вывести на основе теории абсолютных скоростей реакций Эйринга, если рассматривать транспорт ионов как серию последовательных перескоков через энергетические барьеры в канале [7].

Находя с помощью цепей Маркова вероятности переходов между потенциальными ямами, определим параметры внешних электрических полей, позволяющих закрыть поры в мембранах и затормозить процесс дыхания.

Таким образом, приведенные модели, описывающие процесс дыхания растений, показывают возможность влияния на них с помощью внешних искусственных электрических полей. Решение данных моделей даст возможность найти характеристики данных полей такие, как напряженность, частота, модуляция

Анализ взаимодействия информационного ЭМП на клеточном уровне показывает, что электромагнитное информационное излучение следует воспринимать как тончайший инструмент почти безграничного влияния на биологические процессы в живом организме. Однако, желаемые изменения свойств биологических объектов могут быть получены только при оптимальном сочетании биотропных параметров воздействующего ЭМП (частота заполнения импульсов, длительность и период следования импульсов, величина амплитуды напряжения в импульсе, экспозиция и др.). В то же время, проведенный анализ большого числа работ отечественных и зарубежных исследований показывает, что в них недостаточно изучен вопрос создания моделей, способных дать аналитическое описание процессов дыхания плодов под дейст-

ствием информационного ЭМП, отсутствует методология определения численных значений биотропных параметров ЭМП для ингибирования синтеза этилена.

Выводы. Замедленное накопление этилена при хранении плодов возможно с использованием информационного ЭМП с определенными биотропными параметрами, для влияния на биохимические процессы в плодах с предупреждением их старения.

Список использованных источников

1. Гудковский В. А. Эффективность модифицированной атмосферы и ингибитора биосинтеза этилена для хранения плодов, ягод и овощей / В. А. Гудковский, Л. В. Кожина, А. Е. Балакирев // Вестник МичГАУ. - 2009. - № 1. - С. 53-56.
2. Криворот А. М. Хранение плодов: опыт и перспективы / А. М. Криворот. - Мн.: Полибиг, 2001. - 215 с.
3. Антонов В. Ф. Биофизика / В. Ф. Антонов. - М.: ВЛАДОС, 1999. - 288 с.
4. Рубин А. Б. Биофизика / А. Б. Рубин. - М.: Высш. шк., 1987. - Т. 1. - 448 с.
5. Рубин А. Б. Биофизика / А. Б. Рубин. - М.: Высш. шк., 1987. - Т. 2. - 464 с.
6. Хапкен Г. Синергетика / Г. Хапкен. - М.: Мир, 1980. - 405 с.
7. Рубин А. Б. Термодинамика биологических процессов / А. Б. Рубин. - М.: МГУ, 1984. - 283 с.
8. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский. - М.: Физматлит, 2001. - 320 с.

Анотація

БІОХІМІЧНІ І БІОФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ

Бородай І. І.

На основі проведеного аналізу біохімічних і біофізичних основ зберігання плодів встановлено, що для їх тривалого зберігання слід використовувати інформаційне електромагнітне випромінювання, дія якого призведе до пригнічення синтезу етилену і захисту плодів яблуни від фізіологічних і грибкових хвороб.

Abstract

BIOCHEMICAL AND BIOPHYSICAL BASICS STORAGE OF FRUIT

I. Boroday

Based on the analysis of biochemical and biophysical fundamentals fruit store established that their long-term storage of information should be used electromagnetic radiation, the effect of which leads to an inhibition of the synthesis of ethylene and Protection of apple fruits on the physiological and fungus-O diseases.