

СВЕТ В ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ФИЗИОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Панфилова Ольга Федоровна, доцент кафедры Физиологии растений,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Пильщикова Наталия Владимировна, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-
МСХА имени К.А. Тимирязева*

Аннотация. Рассмотрены теоретические основы и практические приемы использования разных источников света в послеуборочный период для замедления старения и повышения качества продукции садоводства. Показана высокая эффективность использования светодиодных облучателей с монохроматическим и комбинированным светом.

Ключевые слова: послеуборочная физиология, продовольственные культуры, ультрафиолетовый свет, светодиодные облучатели, качество сочной продукции.

Удлинение цепи распределения и повышенный спрос на свежееубранную продукцию садоводства поставили перед биологической наукой задачу развития послеуборочной физиологии растений. Использование пониженных температур и регулируемой газовой среды для хранения сочной продукции являются достаточно обоснованными и эффективными приемами. В настоящее время разрабатываются физиологические подходы использования разных источников света для продления жизни в послеуборочный период листовых и плодовых культур. Экспериментальные работы в этом направлении широко представлены в журнале Postharvest Biology and Technology и вызывают живой интерес у физиологов растений.

Первые работы в основном касались ультрафиолетового света с диапазонами 320-280 нм (UV-B) и 280-180 нм (UV-C). Фотоны UV имеют достаточную для ионизации атомов энергию и поглощаются всеми биологически важными структурами, что обеспечивает их высокую физиологическую активность. Эффекты UV-излучения обнаруживаются как на уровне клеток, так и организма в целом. Основными мишенями являются пиримидиновые основания ДНК, белки с многочисленными функциями, фосфолипиды мембран, фитогормоны. UV оказывает прямое или косвенное системное воздействие на растение, которое включает морфологию листьев, устьичную проводимость, функционирование фотосинтетических и дыхательных систем, вторичные биосинтезы, что особенно важно при хранении продукции.

Исследования и практическое использование ультрафиолетового излучения ведутся в нескольких направлениях. Практическое применение нашло облучение UV-C с целью заменить или уменьшить использование химических препаратов для борьбы с грибными заболеваниями хранящейся

продукции моркови, шпината, бананов, мангустина. Варьируют режимы и дозы облучения. Положительный эффект авторы связывают как с созданием физических барьеров для проникновения патогена за счет лигнификации клеточных стенок, так и с повышением активности пероксидазы и полифенолоксидазы и формированием хранящих фенол клеток, которые создают антимикробную среду в ткани хозяина для борьбы с колонизацией грибами. Однако обсуждается правомерность рассматривать UV-излучение как индуктор системной приобретенной резистентности [1].

Другим перспективным направлением изучения действия UV-облучения является защита от абиотических стрессов, а при хранении это главным образом пониженные температуры, и синтез вторичных метаболитов, повышающих товарные качества продукции в послеуборочный период. Это повышение антиоксидантной активности тканей, накопление ароматических и красящих веществ у винограда, черники, земляники, опунции. В этих работах чаще используется добавление к белому свету UV-B или синего света светодиодных облучателей. Представляют интерес работы по предотвращению ферментативного побурения тканей шампиньонов и ломтиков батата. В опытах с черным перцем *Piper nigrum* бергес показано, что облучение UV-C с дозами 0,1 и 5 кДж/м² вызывает в растительных продуктах полезные стрессовые реакции, так называемый ксеногормезис. Увеличивается содержание пиперина и эфирных масел, которые обладают антиоксидантным действием, имеют антиканцерогенный и антибактериальный эффекты, усиливают вкусовые качества и позволяют переработчикам создавать продукт с более высокой биохимической нагрузкой [2].

Высокоинтенсивный импульсный полихроматический свет (HIPPL) вызывает замедленное созревание и повышает устойчивость томатов к *Botrytis cinerea*. Экспрессия связанных с патогенезом белков P4, β-1,3-глюканазы, хитиназы 9 и ферментов биосинтеза жасмоната значительно повышалась через 10 дней после обработки. Показано, что HIPPL и UV-C-терапия опосредована салициловой, жасмоновой кислотами и этиленом. Это обеспечивает появление резистентности широкого диапазона против биотрофных и некротрофных патогенов, а также к абиотическим стрессам и травоядным вредителям [3]. Применение полихроматического света с длиной волны 200-1000 нм в форме интенсивных, но коротких импульсов оказалось эффективным для снижения содержания танинов и уменьшения терпкости хурмы.

Внедрение монохроматического светодиодного облучения открыло новые возможности улучшения товарных качеств продукции. Ежедневным облучением белым и монохроматическим светом удается регулировать старение зеленных культур и брокколи после сбора урожая. Синий и особенно красный свет задерживают старение листьев. Напротив, обработка дальним красным светом ускоряет старение листьев, что указывает на участие фитохромной системы в регуляции послеуборочного старения.

Установлено, что использование излучения синего светодиода (LED 450 нм) улучшает цвет кожуры мандаринов. Более глубокая и быстрая окраска плодов обеспечивается деградацией хлорофиллов а и b, накоплением лютеина, виолаксантина, β-криптоксантина и зеаксантина. Основной причиной развития глубокого цвета может быть индуцированное накопление β-криптоксантина. Обсуждается роль повышения экспрессии генов, связанных с катаболизмом хлорофилла (*CitChlase*, *CitPao*, *CitRCCR* [4].

Проведено детальное исследование физико-химических изменений и активности ферментов в плодах черешни при хранении под светодиодными облучателями. Облучение синим светом значительно увеличивало содержание антоцианов (цианидин 3-О-глюкозида, цианидин-О-рутинозида) и значительно влияло на цветовые параметры плодов. Комбинированный бело-сине-зеленый свет вызывал аналогичные, но менее выраженные эффекты. Голубой и бело-сине-зеленый свет увеличивали активность фенилаланинаммиаклиазы. Световое облучение не оказало значительного влияния на содержание аскорбиновой кислоты и фенольный профиль. Обнаружены высоко значимые корреляции между содержанием антоцианов и активностью фенилаланинаммиаклиазы, с одной стороны, и цветовыми параметрами оттенка плодов, с другой [5].

Таким образом, использование светодиодных облучателей в послеуборочный период является эффективным приемом не только задержки старения, но и повышения качества хранящейся сочной продукции садоводства.

Библиографический список

1. Mohammad Reza Ojaghian, Jing-ZeZhang, Guan-LinXie, Qi Wang, Xiao-Lin Li, De-Ping Guo Efficacy of UV-C radiation in inducing systemic acquired resistance against storage carrot rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* // Postharvest Biology and Technology. – V. 130. – 2017. – P. 94-102.
2. Emma R.Collings, M. Carmen Alamar Gavidia, Katherine Cools, Sally Redfern, Leon A.Terry Effect of UV-C on the physiology and biochemical profile of fresh *Piper nigrum* berries // Postharvest Biology and Technology. – V. 136. – 2018. – P. 161-165.
3. Scotts G., Dickinson M., Shama G., Rupar M.A comparison of the molecular mechanisms underpinning high-intensity, pulsed polychromatic light and low-intensity UV-C hormesis in tomato fruit // Postharvest Biology and Technology. – V. 138. – 2018. – P. 46-55.
4. Ziyi Yuan, Lili Deng, Baofeng Yin, Shixiang Yao, Kaifang Zeng Effects of blue LED light irradiation on pigment metabolism of ethephon Postharvest light-emitting diode irradiation of sweet cherries (*Prunus avium* L.) promotes accumulation of anthocyanins- degreened mandarin fruit fruit // Postharvest Biology and Technology. – V. 134. – 2017. – P. 45-54.
5. Doris Kokalj, Emil Zlatić, Blaž Cigić, Rajko Vidrih Postharvest light-emitting diode irradiation of sweet cherries (*Prunus avium* L.) promotes accumulation of anthocyanins // Postharvest Biology and Technology. – V. 148. – 2019. – P. 192-199.