

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ СВЕЖИХ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ

Бабакина М.В., Михайлюта Л.В.

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения
и переработки сельскохозяйственной продукции –
филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия», Российская Федерация, г. Краснодар

Аннотация. В связи с повышением осведомленности потребителей о сенсорных и питательных качествах свежих фруктов и овощей, а также в связи с серьезной обеспокоенностью населения о своем здоровье, вызванной частыми вспышками пищевых отравлений из-за ненадлежащего качества или сроков хранения свежих фруктов и овощей, отрасль остро нуждается в новых технологиях для сохранения качества и продления сроков годности свежего сырья. В этом обзоре рассмотрены новые физические, химические и биологические технологии продления срока годности свежих фруктов и овощей.

Ключевые слова. Фрукты, овощи, продление срока годности, обработка, новые технологии.

RECENT TECHNOLOGIES OF EXTENSION OF THE LIFETIME OF FRESH FRUITS AND VEGETABLES

Babakina M.V., Mikhaylyuta L.V.

Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural
Products – a branch of FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for
Horticulture, Viticulture, Wine-making», Russian Federation, Krasnodar

Abstract. Due to increasing consumer awareness of the sensory and nutritional qualities of fresh fruits and vegetables, as well as the serious concern of the population about their health caused by frequent outbreaks of food poisoning due to inadequate quality or shelf life of fresh fruits and vegetables, the industry is in dire need of new technologies to preserve the quality and extend the shelf life of fresh raw materials. In this review, new physical, chemical and biological technologies of extending the shelf life of fresh fruits and vegetables are considered.

Keywords. Fruits, vegetables, shelf life extension, treatment, new technologies.

Потребление свежих фруктов и овощей, обладающих полезными свойствами, высокими потребительскими качествами и длительными сроками хранения актуально во всем мире. Это явление привело к глобальной тенденции инвестиций в исследования, направленные на продление сроков хранения свежих фруктов и овощей в последние годы [1, с. 13-26; 2, с. 156-162].

Традиционные методы сохранения сенсорных и пищевых качеств свежих фруктов и овощей можно разделить на три категории: сохранение с помощью

физических методов, сохранение с помощью химических веществ и технологии хранения с использованием биозащиты.

Физические способы продления сроков хранения предусматривают регулировку температуры окружающей среды, влажности, давления и состава газа. Холодильное хранение является одним из наиболее часто используемых методов для увеличения срока годности свежих фруктов и овощей. Это очень эффективный, но также энергозатратный метод.

В технологии хранения с помощью химических веществ в течение последних десятилетий использовался ряд натуральных или синтетических консервантов для продления срока годности свежих фруктов и овощей [3, с. 71-85]. Тем не менее, потребители стали более разборчивыми в отношении использования синтетических добавок, поскольку их осведомленность о здоровье и безопасности пищевых продуктов увеличилась.

Помимо того, что во время хранения свежих фруктов и овощей снижаются их физико-химические, органолептические и питательные свойства, они особенно восприимчивы к микробной атаке. Микробное загрязнение может происходить на одном или нескольких этапах: во время сбора, переработки, упаковки, хранения, транспортировки. В последние десятилетия были проведены многочисленные исследования по сокращению порчи, вызванной бактериями, плесневыми грибами и дрожжами.

С быстрым развитием биотехнологии за последние несколько десятилетий особое внимание уделялось новым методам биозащиты, включая использование бактериофагов, бактериоцинов и биозащитных микроорганизмов.

Несмотря на быстрый рост как маркетинговых, так и научных исследований в последние годы, ограниченный срок хранения по-прежнему является самым большим препятствием для дальнейшего развития отрасли использования свежих фруктов и овощей.

Упаковка с модифицированной атмосферой является одним из наиболее эффективных методов, которые широко и успешно используются для продления срока годности свежей продукции [4, с. 381-392]. CO_2 , O_2 и N_2 являются наиболее часто используемыми газами.

Известно, что упаковка с высоким уровнем O_2 (50 или 90% O_2) высокоэффективна в борьбе с побурением и ингибированием роста микробов для листового салата, хранящегося при 7 °C в течение 6 дней [5, с. 168-175].

Вид упаковки с высоким содержанием кислорода в сочетании с высоким содержанием двуокиси углерода, обеспечил улучшенное хранение овощей. Однако уровень кислорода выше 70% в сочетании с 10%-30 % CO_2 приводил к ухудшению качества продукции [6, с. 555-559].

В последнее время особое внимание уделяется использованию некоторых неактивных или благородных газов, таких как аргон (Ar), гелий (He) и закись азота (N_2O) [7, с. 50-55]. Эти газы непосредственно не влияют на метаболизм в растительных тканях с помощью модификации ферментов, однако они могут увеличить диффузию O_2 , C_2H_4 и CO_2 из растительных тканей из-за их более высокой плотности по сравнению с азотом, так же могут ингибировать дыхание, влияя на активность цитохромоксидазы C в митохондриях.

Инертные газы, такие как ксенон (Xe), неон (Ne), криптон (Kr), аргон (Ar) и азот (N₂), могут образовывать льдоподобный кристалл, называемый гидратом клатрата, при растворении в воде при высоком давлении [8, с. 405]. Молекулы газа задерживаются в клетке молекулами воды с помощью сил Ван-дер-Ваальса.

Сжатые инертные газы успешно использовались для сохранения свежих овощей и фруктов в последние годы. Обработка аргоном (4 МПа) зеленых перцев в течение 1 часа [9, с. 13-20] может снизить потерю воды, аскорбиновой кислоты и хлорофилла, рост дрожжей и плесени и поддержать целостность клеточных структур, а также поддержать активность каталазы. Эта обработка привела к увеличению срока хранения перца до 12 дней, при 4 °С, что на 4 дня дольше, чем контроль (необработанный). В дальнейших исследованиях изучалось влияние обработки аргоном под давлением на свеженарезанный огурец [10, с. 693-701]. Срок хранения свежих огурцов продлевался на 3-4 дня с помощью обработки сжатым Ar (1,0 МПа) в течение 60 мин при 20 °С по сравнению с контролем. При хранении при температуре 4 °С наблюдалось лучшее поддержание качественных характеристик (потеря воды, твердость, растворимые твердые вещества, содержание хлорофилла и содержание аскорбиновой кислоты) и ингибирование роста микробов. Однако образцы, обработанные сжатым Ar, по показателям твердости были хуже, чем контрольные образцы.

Облучение электронными полями можно рассматривать как второй крупный прорыв после пастеризации. Облучение вызывает минимальную модификацию вкуса, цвета, питательных веществ и других качественных характеристик пищевых продуктов.

Облучение электронами помогает ликвидировать микробное загрязнение, эффективно снижает количество патогенных микроорганизмов. Механизм инактивации микроорганизмов облучением электронами в первую очередь объясняется разрушением структуры ДНК, а также денатурацией ферментов и мембранных белков, что приводит к потере репродуктивных возможностей и других функций клетки [11, с. 66-78].

Эффекты облучения электронами зависят в первую очередь от вида продукции и дозы облучения. Недостаточная доза может привести к неэффективности, но чрезмерная дозировка является дорогостоящей и иногда может привести к повреждению тканей. Облучение электронами также увеличивает срок хранения и поддерживает общее качество продукции, а также поддерживает ее свежесть. Kong и др. сообщили, что после обработки образцов черники 2 кГр и 3 кГр, хранившихся 14 дней при температуре 4 °С, общие потери составили 8 % и 3 % соответственно, тогда как потери необработанных образцов составили 39 % [12, с. 28-35].

Yurttas и др. сообщили, что облучение электронами при 1 кГр в сочетании с пропиткой 2г/100г аскорбиновой кислотой и 1г/100г лактата кальция помогает лучше сохранять белизну и упругость нарезанных грибов [13, с. 39-46].

Несмотря на ограниченность использования этого метода обработки, его применение дает обнадеживающие результаты для будущих исследований [14, с. 1437-1444].

Обработка импульсным светом является нетепловой технологией для быстрой дезактивации поверхности пищевых продуктов, которая инактивирует микроорганизмы посредством коротких и мощных импульсов [15, с. 82-85]. Основным механизмом микробной инактивации импульсным светом является фотохимическое воздействие на структурные изменения в клетках и ДНК бактерий, вирусов и других патогенов, которые препятствуют репликации клеток [16, с. 145-156].

Подобно электронно-лучевому облучению, эффективность обработки импульсным светом также зависит в первую очередь от вида обрабатываемой продукции и микроорганизмов на ее поверхности, а также от интенсивности и количества проведенных импульсов. Недостаточная интенсивность может привести к неэффективности, но чрезмерная интенсивность может вызвать нежелательные повреждения.

Сообщалось о сокращении количества дрожжей и плесневых грибов на поверхности авокадо при обработке импульсным светом с дозой 6 Дж/см^2 [17, с. 320-326].

Аналогично, было зарегистрировано снижение количества *Listeria innocua*, *Escherichia coli* и *Saccharomyces cerevisiae* в свеженарезанных яблоках, подвергнутых воздействию высокого импульсного света [18, с. 2311-2322]. Однако, данная обработка вызывала поджаривание поверхности среза. Поджаривание поверхности среза, вероятно, связано с повышением температуры или термическим повреждением.

Ультрафиолетовое излучение (УФ) относится к типу неионизирующего излучения с длиной волны от 100 нм до 400 нм, который обычно классифицируется на три типа: УФ-А (315-400 нм), УФ-В (280-315 нм) и УФ-С (100-280 нм). УФ-облучение при 254 нм имеет максимальное бактерицидное действие. Общеизвестный механизм микробной инактивации УФ в основном объясняется прямым повреждением ДНК у живых организмов. УФ индуцирует образование ДНК-фотопродуктов, таких как димеры циклобутана, пиримидина и пиримидин-6-4-пиримидона, которые ингибируют транскрипцию и репликацию и в конечном итоге приводят к мутагенезу и гибели клеток [19, с. 1-20].

Основные преимущества УФ в основном сводятся к действию на большинство микроорганизмов, более низкой стоимости и удобной манипуляции. УФ облучение особенно подходит для поверхностного обеззараживания свежих фруктов и овощей, поскольку микробная порча происходит главным образом на поверхности [20, с. 165-171].

Во многих исследованиях были выявлены соответствующие результаты использования УФ для снижения микробной нагрузки в свежих фруктах и овощах. Martínez-Hernández G. В. и др. сообщили о значительном ингибировании *E. coli*, *S. enteritidis* и *L. monocytogenes* на поверхности свежей брокколи [21, с. 263-271].

Rodoni L. М., и др. показали, что стойкость обработанных ультрафиолетовым светом свежих перцев была на 50% выше, чем у необработанных образцов к концу хранения [22, с. 408-414].

К сожалению, потенциальное применение УФ-С ограничено из-за негативного воздействия на свежие продукты, включая их сенсорные характеристики и питательные компоненты. Таким образом, лучше применять комбинированную обработку УФ-С с модифицированной атмосферой [23, с. 324-329] и электролизированной водой [24, с. 10-15].

Бактериофаги используются как новый, экологически чистый и эффективный метод биозащиты для контроля качества пищевых продуктов. Они могут специфически и эффективно инфицировать и размножаться в соответствующих бактериальных клетках-хозяевах [3, с. 71-85]. Они безвредны для людей, животных и растений. Сообщалось о многообещающих результатах с использованием бактериофага для трех доминирующих патогенов пищевого происхождения: *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* и *E. coli* O157: H7 [25, с. 14-21].

Бактериоцины обычно могут быть определены как антимикробные пептиды или белки, способные ингибировать некоторые виды порчи и болезнетворные микроорганизмы [26, с. 134-142]. Бактериоцины производятся большим количеством бактерий и используются для биореконструкции, продления срока хранения, клинического противомикробного действия и контроля микрофлоры. Они широко применяются, как в пищевой промышленности, так и в медицинском секторе.

Из-за невозможности полностью инактивировать микроорганизмы потенциально токсичные для человека, предлагаются некоторые биозащитные микроорганизмы. Рост патогенных микроорганизмов предотвращается путем введения других конкурентоспособных микроорганизмов, полезных для человека [3, с. 71-85].

В настоящее время индустрия свежего производства стремительно расширяется, в ней появляются новые технологии для более длительного срока хранения свежей продукции. Однако продление срока хранения свежего сырья без ущерба для сенсорных и питательных качеств иногда может быть достигнуто путем сочетания нескольких методов обработки. Будущие исследования должны быть направлены на улучшение органолептического качества и питательной ценности свежей продукции путем разумных сочетаний этих новых технологий.

Однако, применение некоторых новых технологий обработки все еще находится на ранней стадии разработки и существует только на лабораторном уровне. В ближайшем будущем необходимы обширные испытания в экспериментальном и в промышленном масштабе.

Учеными ФГБНУ КНИИХП – филиал СКФНЦСВВ разработаны способы хранения корнеплодов моркови и свеклы, предусматривающие их обработку перед закладкой на длительное хранение ЭМП КНЧ.

Использование ЭМП КНЧ позволяет увеличить сроки хранения корнеплодов, снизить поражаемость корнеплодов микробиальными патогенами и замедлить биохимические превращения в корнеплодах [27, Пат. 2591719; 28, Пат. 2577398].

Литература

1. Oliveira M. et al. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables – A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2015. № 46. P. 13-26.
2. Siddiq M., Sogi D., Dolan K. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut «Tommy Atkins» mangoes as affected by different pre-treatments // *LWT-Food Science and Technology*. 2013. № 53. P. 156-162.
3. Meireles A., Giaouris E., Simões M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry // *Food Research International*. 2016. № 82. P. 71-85.
4. Sandhya Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT // Food Science and Technology*. 2010. № 43. P. 381-392.
5. López-Gálvez F. et al. High oxygen atmospheres can induce russet spotting development in minimally processed iceberg lettuce // *Postharvest Biology and Technology*. 2015. № 100. P. 168-175.
6. Zhang S. et al. Effect of carbon monoxide on browning of fresh-cut lotus root slice in relation to phenolic metabolism // *LWT - Food Science and Technology*. 2013. № 53. P. 555-559.
7. Char C. et al. Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads // *Postharvest Biology and Technology*. 2012. № 73. P. 50-55.
8. Ando H. et al. In situ observation of xenon hydrate formation in onion tissue by using NMR and powder X-ray diffraction measurement // *Cryobiology*. 2009. № 59. P. 405.
9. Meng X., Zhang M., Adhikari B. Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using pressurized argon treatment // *Postharvest Biology and Technology*. 2012. № 71. P. 13-20.
10. Meng X., Zhang M., Zhan Z., Adhikari B. Changes in Quality Characteristics of Fresh-cut Cucumbers as Affected by Pressurized Argon Treatment // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. № 7. P. 693-701.
11. Lung H.-M. et al. Microbial decontamination of food by electron beam irradiation // *Trends in Food Science & Technology*. 2015. № 44. P. 66-78.
12. Kong Q. et al. Effects of electron-beam irradiation on blueberries inoculated with *Escherichia coli* and their nutritional quality and shelf life // *Postharvest Biology and Technology*. 2014. № 95. P. 28-35.
13. Yurttas Z. S., Moreira R. G., Castell-Perez E. Combined Vacuum Impregnation and Electron-Beam Irradiation Treatment to Extend the Storage Life of Sliced White Button Mushrooms (*Agaricus bisporus*) // *Journal of Food Science*. 2014. № 79. P. 39-46.
14. Abolhassani Y., Caporaso F., Rakovski C., Prakash A. The Effect of Gamma Irradiation as a Phytosanitary Treatment on Physicochemical and Sensory Properties of Bartlett Pears // *Journal of Food Science*. 2013. № 78. P. 1437-1444.
15. Barbosa-Canovas G. V., Schaffner D. W., Pierson M. D., Zhang Q. H. Pulsed Light Technology // *Journal of Food Science*. 2000. № 65. P. 82-85.

16. Heinrich V. et al. Post-packaging application of pulsed light for microbial decontamination of solid foods: A review // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2015. № 30. P. 145-156.
17. Aguiló-Aguayo I., Oms-Oliu G., Martín-Belloso O., Soliva-Fortuny R. Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado // *LWT - Food Science and Technology*. 2014. № 59. P. 320-326.
18. Gómez P., Salvatori D., García-Loredo A., Alzamora S. Pulsed Light Treatment of Cut Apple: Dose Effect on Color, Structure, and Microbiological Stability // *Food and Bioprocess Technology*. 2012. № 5. P. 2311-2322.
19. Gayán E., Condón S., Álvarez I. Biological Aspects in Food Preservation by Ultraviolet Light: a Review // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. № 7. P. 1-20.
20. Manzocco L. et al. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties // *Postharvest Biology and Technology*. 2011. № 61. P. 165-171.
21. Martínez-Hernández G.B. et al. Inactivation kinetics of foodborne pathogens by UV-C radiation and its subsequent growth in fresh-cut kailan-hybrid broccoli // *Food Microbiology*. 2015. № 46. P. 263-271.
22. Rodoni L.M. et al. UV-C treatments extend the shelf life of fresh-cut peppers by delaying pectin solubilization and inducing local accumulation of phenolics // *LWT – Food Science and Technology*. 2015. № 63. P. 408-414.
23. Choi I.-L., Yoo T., Kang H.-M. UV-C treatments enhance antioxidant activity, retain quality and microbial safety of fresh-cut paprika in MA storage // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2015. № 56. P. 324-329.
24. Santo D., Graça A., Nunes C., Quintas C. Survival and growth of *Cronobacter sakazakii* on fresh-cut fruit and the effect of UV-C illumination and electrolyzed water in the reduction of its population // *International Journal of Food Microbiology*. 2016. № 231. P. 10-15.
25. Hudson J.A. et al. Use of a bacteriophage to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 on beef // *Food Microbiology*. 2013. № 36. P.14-21.
26. Balciunas E.M. et al. Novel biotechnological applications of bacteriocins: A review // *Food Control*. 2013. № 32. P. 134-142.
27. Пат. 2591719 Российская Федерация, МПК А01F25/00. Способ хранения столовой свеклы [Текст] / Лисовой В.В., Купин Г.А. и др.; заявитель и патентообладатель – ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции». – Заявка № 2015115453/13; заявл. 23.04.2015; опубл. 20.07.2016.
28. Пат. 2577398 Российская Федерация, МПК А01F25/00. Способ хранения моркови [Текст] / Лисовой В.В., Купин Г.А. и др.; заявитель и патентообладатель – ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции». – Заявка № 2014151297/13; заявл. 17.12.2014; опубл. 20.03.2016.