

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет»
(Астраханский государственный университет)

кафедра философии

РЕФЕРАТ

**для сдачи кандидатского экзамена
по истории и философии науки**

**на тему: «История развития научных представлений о
биотехнологических методах сохранения фруктов и овощей
от микробной и грибковой порчи»**

Выполнил:
Ф.И.О. Зеитар Елсайед Мохаммед Елшахат Хассан
Кафедра: Биотехнологии, зоологии и аквакультуры

Астрахань – 2020 г.

Содержание

Введение:	3
Биотехнология для повышения устойчивости послеуборочным заболеваниями.....	4
1. Генетическая манипуляция.....	5
1.1. Мутационная селекция.....	6
1.2. Генетическая трансформация растений	6
2. Активация естественных механизмов защиты с/х культур от патогенов	8
2.1 Защита Физическими Агентами.....	10
2.1.1 Защита низкой дозой ультрафиолетового (УФ) света.....	10
2.1.2 Защита с применением термообработки.....	10
2.2 Защита химическими веществами	11
2.2.1 Защита с помощью кальция.....	11
2.2.2 Применение фосфатов	12
2.2.3 Применение хитозана в качестве защиты.....	12
2.2.4 Защита с участием жасмонаты.....	13
2.2.5 Применение различных соединений	13
2.3 Применение антагонистических микроорганизмов.....	14
3. Натуральные антимикробные вещества при послеуборочном хранении овощей и фруктов	17
3. 1. Антимикробная активность растительных экстрактов	18
3. 2. Эфирные масла как естественные противомикробные агенты	20
3. 3. Послеуборочное нанесение натуральных покрытий на фрукты и овощи	21
3. 4. Нанокapsулирование эфирных масел.....	22
3. 5. Применение наноструктурированных и микроструктурных материалов в послеуборочной упаковке свежих фруктов и овощей	23
Заключение	24

Введение:

После сбора урожая фруктов и овощей, их сенсорные и питательные качества начинают снижаться из-за роста микроорганизмов.¹ Фрукты и овощи подвержены быстрому ухудшению качества, они имеют очень короткий срок хранения из-за их высокой влажности. Кроме того, они являются живыми организмами, которые осуществляют транспирацию, дыхание и созревание после сбора урожая, поэтому их метаболизм продолжает увеличивать скорость ухудшения из-за зрелости, старения и неблагоприятных факторов окружающей среды. Поэтому, поскольку они скоропортящиеся, они нуждаются в немедленной послеуборочной обработке, чтобы уменьшить микробную нагрузку и увеличить срок их хранения.²

От 25 до 40% фруктов и овощей теряется до потребления из-за недостаточного контроля после сбора урожая. После того, как плоды были собраны, качество должно быть гарантировано в течение достаточно длительного периода времени, чтобы фрукты можно было транспортировать и распределять. Послеуборочные потери можно уменьшить, контролируя скорость транспирации и дыхания, уменьшая микробное загрязнение и обеспечивая внешнюю мембранную защиту, с последующим продлением срока хранения.³

Однако применение агрохимикатов в период роста растений вызвало повышение устойчивости грибов к химическим фунгицидам и наличие токсичных остатков.⁴

Существует необходимость в разработке экологически чистых методов, которые могут помочь в снижении порчи и патогенных бактерий и грибов в свежих

¹ Shafiur-Rahman, M. Handbook of Food Preservation [Text] / M. Shafiur-Rahman. - Boca Ratón, FL: RC Press; Taylor and Francis Group LLC, 2007. – 1088 P.

² Lal Basediya, A. Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables-a review / A. Lal Basediya, D. Samuel, V. Beera // J. Food Sci. Technol. – 2013. - Vol 50. – P. 429–442.

³ Bisen, A. Effect of skin coatings on prolonging shelf life of Kagzi lime fruits (*Citrus aurantifolia* S.) / A. Bisen, S. Kumar Pandey, N. Patel // J. Food Sci. Technol. - 2010. - Vol. 49. – P. 753–759.

⁴ Alikhani, M. Enhancing safety and shelf life of fresh-cut mango by application of edible coatings and microencapsulation technique / M. Alikhani // Food Sci Nut. - 2014. - Vol. 2.- P. 210–217.

фруктах и продуктах, как того требуют потребители.^{5, 6, 7} Биотехнология для повышения устойчивости послеуборочным заболеваниями

Известно, что разработка сортов, генетически устойчивых к послеуборочным заболеваниям, является наиболее желательной стратегией борьбы с болезнями. Тем не менее, основным препятствием для достижения этой цели является отсутствие стойкости сопротивления. Это происходит из-за давления отбора, оказываемого на микробные патогены, которые, вероятно, адаптируются к вновь введенным генам устойчивости (R), производя новые штаммы. Кроме того, доступная зародышевая плазма может не содержать надежных источников устойчивости. Кроме того, потеря или разбавление желательных характеристик, когда с большим трудом переносятся гены устойчивости от диких сороричей, ограничивает усилия по разработке генетически устойчивых сортов. Быстрое развитие молекулярной биологии и геномной инженерии в последние десятилетия открыло удивительные возможности для развития устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур.

Растения наделены естественными защитными системами, обеспечиваемыми широким спектром барьеров, которые уже существуют для защиты от проникновения патогенных микроорганизмов. Этот вид сопротивления, известный как конститутивное сопротивление, обусловлен комбинированным воздействием различных природных барьеров. С другой стороны, растения, распознав патоген или его побочные продукты, часто устанавливают высоко скоординированный каскад защитных реакций, чтобы ограничить развитие патогена. Этот тип устойчивости, известный как индуцированная или приобретенная резистентность, состоит из: укрепления клеточной стенки путем осаждения лигнина, каллозы и гидроксипролиновых гликопротеинов; накопление фитоалексинов; и синтез ингибиторов протеиназы и литических ферментов, способных атаковать клеточные стенки грибов.^{8,9}

⁵ Barba, F. Ascorbic acid is the only bioactive that is better preserved by high hydrostatic pressure than by thermal treatment of a vegetable beverage / F. Barba, M. Esteve, A. Frigola // J. Agric. Food Chem. – 2010. - Vol. 58. – P. 10070–10075.

⁶ Biocontrol of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut leafy greens / O. Boyacioglu, M. Sharma, A. Sulakvelidze, I. Goktepe // Bacteriophage. -2013. - Vol. 3. – P. e24620

⁷ Siddiqui, M.W. Postharvest Management Approaches for Maintaining Quality of Fresh Produce / M.W. Siddiqui, J. F. Ayala-Zavala, C. A. Hwang. - Springer, New York. – 2016. – 222 P.

⁸ Signals and transduction mechanisms for activation of plant defence against microbial attack / C. J. Lamb, M. A. Lawton, M. Dron, R.A. Dixon, // Cell. - 1989. – Vol. 56. – P. 215–224.

Защитные реакции могут быть активированы применением абиотических и биотических эликсиров (индукторов). Транскрипционная активация, необходимая для активации защитных реакций, может быть ограничена тканью, расположенной близко к месту стимула (локализованная приобретенная резистентность, LAR), или может быть выражена системно, вдали от места применения эликсира (системная приобретенная резистентность, SAR).

Исследования по молекулярной биологии устойчивости к болезням дают возможность получить четкое представление о взаимодействии растений и микробов, которое приводит к выражению устойчивых или восприимчивых реакций растения-хозяина на целевой патоген. Инструменты геной инженерии были использованы для выделения генов устойчивости к болезням из различных источников и экспрессии их в желаемых культурах. Эти варианты, которые ранее не были доступны, могут быть выгодно использованы для получения трансгенных растений, экспрессирующих гены устойчивости к болезням, и для повышения уровней устойчивости хозяина посредством использования элиситоров.

Биотехнология может быть определена как любой метод, который использует живые организмы (или части организмов) для производства или модификации продуктов, для улучшения растений или животных или для разработки микроорганизмов для конкретного использования. Методы рекомбинантной ДНК, слияние клеток, моноклональные антитела и новые методы биообработки являются одними из важных процедур, которым широко следуют.

Биотехнологические подходы для повышения устойчивости плодовых и овощных культур бывают двух видов: (1) генетические манипуляции; и (2) активация естественных механизмов защиты хозяина.

1. Генетическая манипуляция

Заметный прогресс достигнут в нашем понимании генетического контроля генов устойчивости к болезням путем создания изменчивости посредством мутации или трансформации растений путем передачи желаемых генов.

⁹ Dixon, R. A. Molecular communication in interaction between plants and microbial pathogens / R. A. Dixon, C. Lamb // Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. - 1990. - Vol. 41. - P. 349–367.

1.1. Мутационная селекция

С целью повышения уровня устойчивости чеснока (*Allium sativum*) к болезням белой гнили, вызываемым *Sclerotium cepivorum*, и к улучшению его сохраняемости в естественных условиях была проведена программа мутации. Головка двух сортов чеснока, Kisswany и Yabroudy, облучали гамма-лучами. Поколения М3 и М4 были испытаны путем искусственной инокуляции *S. cepivorum* с последующей посадкой в зараженной почве. Двенадцать линий сорта Киссвани показали только 3% заражения против 29% заражения в контроле. В 12 линиях сорта Ябруди заболеваемость снижена до менее чем 5% по сравнению с 20% заболеваемостью в контроле. Кроме того, улучшение сохраняемости в естественных условиях и заметное снижение потери веса при хранении также были отмечены в мутантных линиях обоих сортов чеснока.¹⁰

Соматические гибридные растения могут быть получены путем слияния двух протопластов с различными характеристиками, такими как устойчивость к болезням. Слияние протопластов осуществлялось между несколькими клонами *Solanum tuberosum* (картофеля) (Superior, Dejima, а также дигамплоид Superior, восприимчивых к черной ножке и клубневой мягкой гнили, вызываемой *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* и *E. carotovora* subsp. *atroseptica*) и *Solanum brevidens* (устойчив к бактериальным патогенам). После инокуляции бактериями клубни и стебли клонов картофеля обнаруживали мягкие мацерированные участки вокруг мест инокуляции. Напротив, локализованный ответ раны наблюдался в стеблях клубней соматических гибридов, что указывает на высокий уровень защиты от бактериальных патогенов.¹¹ Данное исследование демонстрирует более широкое применение биотехнологических методов для раннего развития сортов, устойчивых к послеуборочным патогенам.

1.2. Генетическая трансформация растений

Были получены трансгенные растения, конститутивно экспрессирующие оборонительные гены из различных источников. Экзогенная ДНК, введенная искусственно с помощью методов генной инженерии, должна быть способна

¹⁰ Al-Safadi, B. Improvement of garlic (*Allium sativum* L.) resistance to white rot and storability using gamma irradiation induced mutations / B. Al-Safadi, N. Mir Ali, M. Arabi // Journal of Genetics and Breeding. - 2000. - Vol. 54. - P. 175-181.

¹¹ Resistance to blackleg and tuber soft rot in interspecific somatic hybrids between *S. brevidens* and *S. tuberosum* (Superior, Dejima and Dihaploid of Superior) / Y. K. Ahn, J. C. Kang, H.Y Kim, et al. // Journal of the Korean Society for Horticultural Science. - 2001.- Vol. 42.- P. 430-434.

проходить через зародышевую линию растения после включения чужеродной ДНК в ядерный материал растения. Растением также можно манипулировать для производства или перепроизводства одного из его собственных белков путем специфической мутации эндогенных механизмов контроля гена.

Такое биоинженерное растение технически не может быть отнесено к категории трансгенных. Однако эти растения имеют наследственно измененную зародышевую линию. Новые сорта сельскохозяйственных культур, устойчивые к болезням, могут развиваться быстрее, используя различные биотехнологические методы по сравнению с классическими методами селекции.

Крайне важно накапливать знания о причине болезни после сбора урожая и временной регуляции генов защитного ответа в связи с физиологическими изменениями, происходящими в собранных фруктах и овощах. Можно ожидать активации различных видов генов хозяина при переходе репродуктивных органов от стадии развития к уборке и их последующему хранению. Выявление функции и регуляция экспрессии этих генов могут послужить основой для разработки практических методов борьбы с послеуборочными заболеваниями. Поскольку известно, что восприимчивость собранного продукта к инфекции микробными патогенами увеличивается, когда начинается процесс созревания, может быть целесообразно использовать регулируемые развитием промоторы для управления экспрессией защитных генов. Такой подход может привести к усилению резистентности в собранных тканях на определенных стадиях, когда они становятся наиболее уязвимыми к инвазии патогенов.

Грибковый патоген *Botrytis cinerea* вызывает заболевание серой плесенью в некоторых фруктах и овощах. Растения томатов трансформировали с помощью белка-ингибитора полигалактуроназы плодов груши (pPGIP). Трансгенная экспрессия pPGIP индуцировала обильное накопление гетерологичного белка во всех тканях и не влияла на экспрессию эндогенного PGIP плодов томатов (tPGIP). Все трансгенные ткани показали наличие pPGIP в белковой фракции клеточной стенки. Экспрессированный pPGIP был активен как в листовых, так и в плодовых тканях в качестве ингибитора Эндо-PGs от *Botrytis cinerea*. Экспрессия pPGIP приводила к уменьшению роста *Botrytis cinerea* на спелых плодах томатов, а разрушение тканей снижался на 15% по сравнению с контрольными (не трансформированными) плодами. Аналогично,

экспрессия *prg* в листьях, уменьшала поражение мацерированной ткани примерно на 25%. Результаты показывают, что расширение очагов поражения и мацерация тканей *Botrytis cinerea* могут быть остановлены путем ингибирования грибкового PGs экспрессией гетерологичного PGIP.¹²

Возбудитель мягкой гнили *Erwinia carotovora* (Ec) продуцирует ферменты пектат-Лиазы (PL), функционирующие в качестве основных факторов вирулентности. В процессе разложения пектина клеточной стенки растений PLs образуются ненасыщенные олигогалактуронаты (OG), которые, в свою очередь, могут вызывать защитные реакции растений. Сорт картофеля *Désirée* был трансформирован геном, кодирующим изофермент PL3 *Erwinia carotovora atroseptica* (Eca) по протоколу трансформации *Agrobacterium tumefaciens*. Полевая оценка показала, что четыре трансгенные линии картофеля PL проявляют повышенную устойчивость к мягкой гнили *Erwinia* в клубнях. Пороговая плотность Eca, вызывающая прогрессирующую мягкую гниль, была до 19 раз выше на клубневой ткани, содержащей PL-фермент. Повышение уровня резистентности трансгенных клубней связывали с повышением резистентности клеточных стенок клубней к ферментам Эрвиниевого происхождения, повышением активности полифенолоксидазы (ПФО) и фенилаланин-аммиачной Лиазы (ФАл) в тканях клубней, и усиление некротической ткани на раневой поверхности клубней после заражения Eca.¹³

2. Активация естественных механизмов защиты с/х культур от патогенов

Постепенное сокращение использования синтетических фунгицидов или других химических веществ является результатом растущего осознания возможной опасности для человека и животных. Чтобы найти подходящие альтернативы фунгициду, были предприняты интенсивные усилия по выявлению эффективных биоконтрольных агентов или продуктов, что привело к разработке двух коммерчески доступных биофунгицидов-Biosave и Aspire. Тем не менее, эти продукты показали широкие различия в их эффективности, в зависимости от культур, сортов и физико-химических

¹² Transgenic expression of pear PGIP in tomato limits fungal colonization / A. L. T. Powell, J. van Kan, A. ten Have et al. // Molecular Plant-Microbe Interactions. - 2000. – Vol. 13. – P. 942–950.

¹³ Wegener, C.B. Induction of defense responses against *Erwinia* soft rot by an endogenous pectate lyase in potatoes / C.B. Wegener // Physiological and Molecular Plant Pathology. - 2002. – Vol. 60. – P. 91–100.

условий. Повышение устойчивости растений с помощью генетических манипуляций, хотя и является наиболее желательным, требует много времени и ограничено отсутствием надежных источников генов устойчивости.

В этом контексте стратегия использования естественной резистентности к болезням в собранной продукции является перспективной для борьбы с послеуборочными болезнями фруктов и овощей.

Было продемонстрировано, что взаимодействие между растениями и микробными патогенами находится под генетическим контролем. Однако имеется лишь ограниченная информация о природе и регуляции защитных механизмов собранных фруктов и овощей. Естественные защитные реакции растений могут быть включены с помощью применения абиотических или биотических эликсиров, что делает их устойчивыми. Несколько исследований, проведенных с различными фруктами и овощами, показали, что стратегия индуцирования устойчивости к микробным болезням является важной, управляемой формой защиты собранной продукции.

Естественные защитные реакции растений могут быть включены с помощью применения абиотических или биотических эликсиров, что делает их устойчивыми. Несколько исследований, проведенных с различными фруктами и овощами показали, что стратегия индуцирования устойчивости к микробным болезням является важной, управляемой формой защиты собранной продукции.

Следует признать, что защитные механизмы, действующие в собранных плодах и овощах, могут отличаться от таковых на растущем растении, так как собранные товары стареют. Известно, что процесс старения снижает защитные реакции тканей, делая их уязвимыми для вторжения микробных патогенов. Активация защитных реакций может происходить только локализованно, в тканях, близких к месту стимула, или она может быть выражена системно в тканях, удаленных от места стимула. Устойчивость к послеуборочным заболеваниям может быть вызвана применением как физических, химических, так и биологических агентов.

2.1 Защита Физическими Агентами

Польза различных физических агентов, таких как ультрафиолетовое излучение, гамма-облучение и термическая обработка, в защите товаров от послеуборочных патогенов была продемонстрирована несколькими исследованиями.

2.1.1 Защита низкой дозой ультрафиолетового (УФ) света

Было показано, что УФ-свет, присутствующий в солнечном свете, возникает в трех диапазонах длин волн, которые обозначаются UV-C (<280 Нм), UV-B (280-320 Нм) и UV-A (320-390 Нм). Все виды УФ-излучения могут повреждать геномную ДНК растений и физиологические процессы при различных дозах и периодах воздействия.¹⁴
¹⁵ Воздействие малых доз UV-C света и гамма-излучения уменьшало гниение лука при хранении и сладких картофелей.¹⁶ Было показано, что широкий спектр фруктов и овощей отвечает на лечение UV-C светом, что приводит к повышению устойчивости к болезням.

В обработанных цитрусовых фруктах начало УФ-индуцированной резистентности совпало с индукцией активности фенилаланин-аммиачной Лиазы (ФАЛ), ключевого фермента в фенилпропаноидном пути, а также активности пероксидазы (ПО).^{17, 18} Активность ФАЛ в кожуре грейпфрута повышалась в течение 24 ч после обработки и оставалась на более высоком уровне в течение 72 ч, тогда как активность ПО достигала своего пика через 72 ч после обработки. Хорошо известно, что оба фермента играют роль в индуцируемой устойчивости растений к микробным патогенам.¹⁴

2.1.2 Защита с применением термообработки

Термическая обработка свежих фруктов и овощей для борьбы с гниением, вызванным микробными патогенами, отличается от использования жара для

¹⁴ Luckey, T.D. *Hormesis with Ionizing Radiation* / T. D. Luckey // CRC Press, Boca Raton, FL, USA. - 1980.

¹⁵ Stapleton, A.E. *Ultraviolet radiation and plants: Burning questions* / A. E. Stapleton // *Plant Cell*. - 1992. – Vol. 4. – P. 1353-1358.

¹⁶ *The effect of ultraviolet irradiation on mold rots and nutrients of stored sweet potatoes* / C. Stevens, V. A. Khan, A. Y. Tang, J. Y. Lu // *Journal of Food Protection*. - 1990. – Vol. 53. – P. 223–226.

¹⁷ *Potential of induced resistance to control of postharvest diseases of fruits and vegetables* / C. L. Wilson, A. El Ghaouth, E. Chalutz et al. // *Plant Disease*. - 1994. – Vol. 78. – P. 837–844.

¹⁸ *Factors affecting UV-induced resistance in grapefruit against the green mold decay caused by *Penicillium digitatum** / S. Droby, E. Chalutz, B. Horev, et al // *Plant Pathology*. -1993. Vol. 42. – P. 418–424.

заживления ран и подавления вирусов, насекомых и нематод. Послеуборочная термическая обработка применяется только в течение короткого периода времени (от 3 до 5 мин) из-за наличия патогенов на поверхности или в пределах нескольких наружных слоев клеток сырья. Как правило, фрукты и овощи могут переносить температуру от 50 до 60°C в течение 5-10 минут, и даже более короткие воздействия в этом диапазоне температур были эффективны против нескольких микробных патогенов.¹⁹

Два фактора, то есть расположение целевого патогена в продукте или на нем, и тепловая чувствительность целевого патогена важны при разработке эффективных методов термической обработки. Послеуборочная термическая обработка является потенциальной нехимической стратегией борьбы с болезнями, действующей путем: (1) прямого ингибирования роста патогена; (2) активации естественной резистентности хозяина; и (3) замедления процесса созревания.

Обработка погружением в горячую воду (HWD) в течение 2 мин при температуре от 52 до 53 ° C предотвращала гниение в течение не менее 1 недели в плодах лимона, инокулированных *Penicillium digitatum*.²⁰

2.2 Защита химическими веществами

Было продемонстрировано, что усиление естественных механизмов устойчивости к болезням после сбора урожая путем применения как неорганических, так и органических химических веществ является потенциальной стратегией борьбы с болезнями.

2.2.1 Защита с помощью кальция

Было показано, что кальций (Ca) связан с устойчивостью к болезням, и увеличение количества Ca в органах хранения растений различными методами считается эффективным методом повышения естественной устойчивости. Ca может применяться как до, так и после уборки урожая. Распыление Ca перед сбором урожая

¹⁹ Barkai-Golan, R. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control / R. Barkai-Golan, D. J. Phillips // Plant Disease. - 1991. Vol. 75. - P. 1085–1089.

²⁰ Mode of action of hot water dip in reducing decay of lemon fruit / B. Nafussi, S. Ben-Yehoshua, V. Rodov, et al // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2001. – Vol. 49. – P. 107–113.

уменьшило потери при хранении, вызванные *Gloesporium* spp. в яблоках²¹, тогда как обработка яблок Са после сбора урожая привела к уменьшению распада, вызванного *Penicillium expansum*.²² Однако применение Са непосредственно к фруктам и овощам может быть более эффективным для повышения устойчивости к болезням после сбора урожая.

Считается, что вызванная кальцием резистентность органов хранения к послеуборочным заболеваниям обусловлена взаимодействием между определенными компонентами клеточной стенки и ионами Са. Механизм резистентности, связанный с тканями с высоким содержанием Са, возможно, включает в себя снижение скорости мацерации клеточной стенки в результате повышения структурной целостности. Кроме того, известно, что Са ингибирует активность полигалактуроназы в низких концентрациях. Обработка кальцием увеличила содержание кальция как в целых ягодах винограда, так и в кожуре, что привело к уменьшению гнили, вызванной *Botrytis cinerea* в гроздьях.

2.2.2 Применение фосфатов

Считалось, что фосфаты генерируют эндогенный системный сигнал приобретенной резистентности (SAR) вследствие секвестрации кальция в точках применения фосфата. Активность пероксидазы и В-1,3-глюканазы была повышена в листьях, защищенных фосфатным применением фосфата.²³

2.2.3 Применение хитозана в качестве защиты

Хитозан, естественно полученный биоразлагаемый полимер, обладает большим потенциалом в качестве противогрибкового консерванта для свежих фруктов и овощей. Хитозан образует пленки, которые можно использовать для покрытия поверхности фруктов и овощей, и он регулирует газо-и влагообмен. Обладает фунгицидными свойствами и способностью вызывать устойчивость к послеуборочным

²¹ Sharples, R. O. The influence of calcium on senescence changes in apples / R. O. Sharples, D.S. Johnson // *Annals of Applied Biology*. - 1977. - Vol. 85. - P.450-453.

²² Conway, W. S. Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay / W. S. Conway, C. E. Sams // *Phytopathology*. - 1983. Vol. 73. - P. 1068-1071.

²³ Reuveni, M. A foliar spray of micronutrient solution induces local and systemic protection against powdery mildew (*Sphacrotheca fuliginosa*) in cucumber plants / M. Reuveni, V. Agapov, R. Reuveni // *European Journal of Plant Pathology*. - 1997. - Vol. 103. - P. 581-588.

заболеваниям. Кроме того, при нанесении в качестве покрытия хитозан может задерживать созревание, тем самым увеличивая срок хранения, что приводит к значительному снижению заболеваемости фруктов и овощей. Было продемонстрировано, что хитозан стимулирует защитные ферменты и образование физических барьеров в собранных фруктах и овощах.

Способность хитозана вызывать синтез противогрибковых гидролаз, таких как хитиназы, α -1,3-глюканазы и хитозаназы, была продемонстрирована в плодах земляники, болгарского перца и томатов. Активность этих ферментов в этих продуктах оставалась повышенной в течение 14 дней после лечения, что давало преимущество в ограничении колонизации грибов.²⁴

Лечение хитозаном (5 и 10 мг / мл) значительно снижало частоту возникновения бурой гнили персиков, вызванной *Monilinia fructicola*, и задерживало развитие болезни по сравнению с контролем. Обработанные персики были более твердыми и имели более высокую титруемую кислотность и содержание витамина С, чем обработанные фунгицидом прохлораз или контрольные персики.²⁵

2.2.4 Защита с участием жасмонаты

Послеуборочное применение жасмоновой кислоты (JA) и метилжасмоната (MJ), в количестве 10 ммоль/л, уменьшало гниение, вызванное *Penicillium digitatum* (зеленой плесенью) после естественной инфекции или искусственной инокуляции грейпфрута сорта Marsh Seedless.

2.2.5 Применение различных соединений

Несколько соединений различного происхождения были оценены по их способности вызывать у растений устойчивость к постурожайным патогенам, таким как метилсалицилат, ламинарин, ацибензолар, аминокислота и гарпин Белок.

²⁴ Wilson, C.L. Multifaceted biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables. In: Pest Management: Biologically Based Technologies (eds) E.D. Lumsden and R.L. Vauzhn / C.L. Wilson, A. El Ghaouth. - American Chemical Society, Press, Washington DC, 1993. - P. 181–185.

²⁵ Li, H.Y. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit / H. Y. Li, T. Yu // Journal of the Science Food and Agriculture. - 2001. – Vol. 81. – P. 269–274.

2.3 Применение антагонистических микроорганизмов

Некоторые антагонистические микроорганизмы обладают потенциалом защиты фруктов и овощей от патогенов, и они были предложены в качестве альтернативы синтетическим фунгицидам. Эти организмы могут быстро расти и колонизировать раневые участки, где происходят инфекции, и конкурировать с послеуборочными патогенами за пространство и питательные вещества. Некоторые из них, как было показано, вызывают резистентность в тканях хозяина, что приводит к значительному снижению развития распада.^{26, 27}

Представляет интерес применение биопрепаратов, так как они не оказывают угнетающего действия на естественную резистентность сырья, что позволяет обеспечить сохранение товарного качества.^{28, 29}

Разрыв между лабораторными результатами и эффективностью в области биопротекторных культур может быть сокращен путем понимания их способа действия.³⁰ Среди наиболее важных механизмов биоконтроля-высвобождение антимикробных соединений, а также конкуренция за питательные вещества и пространство.^{31,32} Успех зависит не от одного признака, а от сочетания нескольких характеристик культуры биоконтроля, включая ее техническую эффективность, практичность их использования, постоянство и коммерческую жизнеспособность. Формулировка продуктов биоконтроля является критически важной проблемой, но по этому вопросу еще мало информации.²⁵

²⁶ Elsser-Gravesen, D. Biopreservatives / D. Elsser-Gravesen, A. Elsser-Gravesen // *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* - 2014. - Vol. 143. - P. 29-49.

²⁷ Controlling the microbiome: microhabitat adjustments for successful biocontrol strategies soil and human gut / E. Adam, A. Groenenboom, V. Kurm, et al. // *Front. Microbiol.* -2016.- Vol. 7.- P. 1079.

²⁸ Першакова, Т.В. Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения с применением биопрепаратов / Т. В. Першакова, В. В. Лисовой, Г.А. Купин, Е. Ю. Панасенко, Е. П. Викторова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2016. - № 116. - С. 540-550.

²⁹ Савина, О. В. Научное обоснование, разработка и внедрение новых приемов в технологии производства и хранения картофеля, предназначенного для промышленной переработки и продовольственных целей: автореф. дис. На соиск. Учен. степ. д-ра с.-х. наук./ Савина Ольга Васильевна. Рязань, 2009. -39 с.

³⁰ From the lab to the farm: an industrial perspective of plant beneficial microorganisms / J. Parnell, R. Berka, H. Young et al. // *Front. Plant Sci.* – 2016. – Vol. 7. – P. 1110.

³¹ Lactic acid bacteria from fresh fruit and vegetables as biocontrol agents of phytopathogenic bacteria and fungi / R. Trias, L. L. Va-eras, E. Montesinos, E. Badosa // *Int. Microbiol.* - 2008b. – Vol. 11. – P. 231–236.

³² Non-conventional tools to preserve and prolong the quality of minimally processed fruits and vegetables / M. R. Corbo, D. Campaniello, B. Speranza *et al.* // *Coatings.* - 2015. - Vol. 5. – P. 931–961.

Антагонистические дрожжи способны индуцировать реакции резистентности, как в случае дрожжей *Candida oleophila*, образующих основной компонент коммерческого продукта "Aspire", при нанесении на поверхностные раны или на неповрежденный грейпфрут, вызывающие системную резистентность к *Penicillium digitatum*. Индукция резистентности была выражена через 24 ч после эликсировки, для чего требовались жизнеспособные дрожжевые клетки в концентрациях от 10^8 до 10^9 клеток / мл. Применение суспензии клеток *C. oleophila* к ткани кожуры грейпфрута увеличивало биосинтез этилена, активность PAL и накопление фитоалексина.³³

Была доказана эффективность применения биопрепарата «Экстрасол» с целью снижения микробальной обсемененности яблок в процессе хранения в дозировке раствора 1 мл на 100 г фруктов.³⁴

Показана возможность использования микробных агентов, отличных от дрожжей, способных индуцировать резистентность к послеуборочным патогенам. Было продемонстрировано, что микопаразит *Verticillium lecanii* обладает потенциалом для защиты цитрусовых плодов от *P. digitatum*, вызывающего заболевание зеленой плесенью.

Во всем мире наблюдается стремительный рост исследовательских усилий по выявлению подходящих микроорганизмов и повышению их эффективности в борьбе с послеуборочными заболеваниями. Ожидается, что по крайней мере некоторые из экономически важных заболеваний могут быть эффективно устранены с помощью биоконтрольных агентов (Таблица 1).

³³ Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila* / S. Drobny, V. Vinokur, B. Weiss, et al. // Phytopathology. – 2002. - Vol. 92. – P. 393–399.

³⁴ Купин, Г. А. Влияние биопрепарата "Экстрасол" на изменение микробальной обсемененности фруктов в процессе хранения / Г. А. Купин, Т. В. Першакова, В. Н. Алёшин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2017.- № 131. - С. 450-461.

**Таблица 1. Микроорганизмы, проявляющие биоконтроль против
послеуборочных патогенов**

культура	патоген	агент биоконтроля	литературы
Яблоко	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Trichoderma pseudokoningii</i> , <i>Pseudomonas syringae</i>	35 36
	<i>Penicillium expansum</i>	<i>Acremonium breve</i>	31
	<i>B. cinerea</i> , <i>P. expansum</i> , <i>Rhizopus nigricans</i> , <i>B. cinerea</i>	<i>Candida sake</i> <i>Candida saitoana</i>	37 38
Виноград	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>	<i>Candida guilliermondii</i> , <i>Acremonium cephalosporium</i>	39
Клубника	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Candida fructus</i> , <i>C. glabrata</i>	40
Картофель	Fusarium dry rot (<i>Fusarium avenaceum</i> , <i>Fusarium caeruleum</i>)	<i>Clonostachys rosea</i>	41

Среди овощей, развивающихся ниже уровня почвы, картофель является наиболее важным, и клубни картофеля заражены большим количеством патогенов. *Er-*

³⁵ Tronsmo, A. Antagonistic action of *Trichoderma pseudokoningii* against the apple pathogen *Botrytis cinerea* / J. Tronsmo, A. Raa // Phytopathologische Zeitschrift. - 1977. – Vol. 89. – P. 216–220.

³⁶ Janisiewicz, W. J. Biocontrol of postharvest diseases of apples with antagonist mixtures / W. J. Janisiewicz // Phytopathology. – 1988. – Vol. 78. – P. 194–198.

³⁷ Biological control of major postharvest pathogens on apple with *Candida sake* / I. Viñas, J. Usall, N. Teixidó, V. Sanchis // International Journal of Food Microbiology. 1998. – Vol.- 40. – P. 9–16.

³⁸ El-Ghaouth, A. Control of postharvest decay of apple fruit with *Candida saitoana* and induction of defense responses / A. El-Ghaouth, C. L. Wilson, M. Wisniewski // Phytopathology. – 2003. – Vol. 93. – P. 344–348.

³⁹ Biological control of *Botrytis*, *Aspergillus* and *Rhizopus* rots on table and wine grapes in Israel / T. Zahavi, L. Cohen, B. Weiss et al. // Postharvest Biology and Technology. - 2000. – Vol. 20. – P. 115–124.

⁴⁰ El-Neshawy, S. Biocontrol capability of *Candida* spp. Against *Botrytis* rot of strawberries with respect to fruit quality / S. El-Neshawy, Y. M. H. Shetaia // Acta Horticulturae. - 2003. – Vol. 1. – P. 727-733

⁴¹ Jima, T. A. Postharvest Biological Control of Fusarium Dry-Rot Disease in Potato Tubers Using *Clonostachys rosea* Strain IK726 / T. A. Jima // Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Uppsala. – 2013. - P. 42.

winia carotovora subsp. *carotovora* (Есс) вызывает послепосевную мягкую гниль клубней, помимо гниения семенного куска и болезни надземной стеблевой гнили у картофеля. Применение двух различных штаммов флуоресцентной *Pseudomonas* spp уменьшило болезнь *in vitro*.⁴²

Новым подходом к борьбе с бактериальными патогенами, вызывающими послепосевные заболевания, является использование бактериофагов для лизиса восприимчивых бактериальных клеток. Бактериофаги, выделенные из пресноводных озер, смогли вызвать лизис 16 из 23 серогрупп *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, что свидетельствует о возможности их использования для контроля мягкой гнили.⁴³

Синтетический химический ингибитор прорастания, 1-метилэтил - 3 хлорфенилкарбамат, является единственным химическим веществом, зарегистрированным для послепосевого контроля прорастания хранящегося картофеля. В попытке найти альтернативные методы борьбы с проростками были оценены штаммы бактерий с превосходным подавлением болезни сухой гнили. Из шести испытанных штаммов, *Pseudomonas fluorescens* bv. VS 11: P: 12 и два штамма *Enterobacter* sp. S11: T: 07 и S11:P: 08 показали максимальную эффективность в контроле прорастания клубней, указывая, что эти бактериальные штаммы обеспечивают это преимущество в дополнение к контролю заболевания сухой гнилью.⁴⁴

3. Натуральные антимикробные вещества при послепосевном хранении овощей и фруктов

Природные антимикробные соединения - это соединения, полученные из природных источников, которые, как полагают, обладают способностью убивать или заселять рост микроорганизмов, много было написано о потенциале природных

⁴² Burr, T. J. Occurrence of softrot *Erwinia* spp. in soil and plant material / T. J. Burr, M. N. Schroth // Phytopathology. - 1977. - Vol. 67. - P. 1382-1387.

⁴³ Eayre, C. G. Bacteriophages of *Erwinia ananas* from freshwater lakes / C. G. Eayre, J. A. Bartz, D. E. Concelmo // Plant Disease. - 1995. - Vol. 79. - P. 199-206.

⁴⁴ Postharvest biological control of potato sprouting by *Fusarium* dry rot suppressive bacteria / K. D. Burkhead, R. J. Bothast, P. J. Slininger, D. A. Schister // Biocontrol Science and Technology. - 2003. Vol. 13. - P. 477-494.

антимикробных препаратов для замены или уменьшения зависимости синтетических пищевых консервантов.⁴⁵

Растения вырабатывают большое количество вторичных метаболитов, оказывающих антимикробное действие на послеуборочные патогены. Были проведены детальные исследования ароматических соединений, эфирных масел, летучих веществ и изотиоцианитов с обнадеживающими результатами.^{46, 47, 48}

В последние годы возрос интерес к природным веществам, и появились многочисленные исследования биоцидной активности широкого спектра вторичных метаболитов. Некоторые летучие компоненты, вырабатываемые плодами, такими как яблоки и груши, во время созревания проявляют противогрибковую активность. Например, было установлено, что ацетальдегид эффективен в послеуборочном контроле *P. expansum* в яблоках и грушах.

3. 1. Антимикробная активность растительных экстрактов

Существуют некоторые возможные механизмы антимикробной активности; они включают:

1- Разрушение мембран; 2- Вызывающее утечку клеточного содержимого; 3- Вмешательство в активный транспорт или метаболические ферменты; 4- Рассеяние клеточной энергии в форме АТФ; 5- Снижение внутреннего клеточного рН; 6- Нарушение транспорта субстрата путем изменения проницаемости клеточных мембран.^{49, 50}

⁴⁵ Viral Inactivation in Foods: A Review of Traditional and Novel Processing Technologies / K. A. Hirneisen, E. P. Black, J. L. Coscarino et al. // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. - 2010. - Vol. 9(1). - P. 3–20.

⁴⁶ Mari, M. Non-conventional methods for the control of Postharvest Pear Diseases/ M. Mari, P. Bertolini, G. C. Pratellen // J. Appl. Microbiol. – 2003. - Vol. 94(1). - P. 761–766.

⁴⁷ Tajkarimi, M. Antimicrobial Herb and Spice Compounds in Food / M. Tajkarimi, S. Ibrahim, D. Cliver // Food Control. - 2010. – Vol. 21 (9). – P. 1199–1218.

⁴⁸ Antibacterial and Antioxidant Activities in Extracts of Fully-Grown Cladodes of 8 Cultivars of Cactus Pear / E. Sánchez, J. Dávila-Aviña, S. L. Castillo et al. // J. Food Sci. – 2014. - Vol. 79 (4). – P. M659–M664.

⁴⁹ Sánchez, E. Extracts of Edible and Medicinal Plants Damage Membranes of *Vibrio cholerae* / E. Sánchez, S. García, N. Heredia // Appl. Environ. Microb. – 2010. – Vol. 76 (20). – P. 6888–6894.

⁵⁰ Isolation, Characterization and Mode of Antimicrobial Action against *Vibrio cholerae* of Methyl Gallate Isolated from *Acacia farnesiana* / E. Sánchez, N. Heredia, M. R. Camacho-Corona, S. J. García // Appl. Microbiol. – 2013. – Vol. 115 (6). P. 1307–1316.

Различные виды растений рода *Hypericum*, используемые в народной медицине, содержат несколько соединений, включая гиперенон а, гиперкалин В и гиперфорин, отвечающие за антибактериальную активность против антибиотикорезистентного *Staphylococcus aureus*, а также против *Mycobacterium tuberculosis*.^{51, 52}

Поскольку растительные экстракты убивают бактерии или ингибируют их рост, кворум-сенсинг и факторы вирулентности, растительные продукты могут стать важными ингредиентами в новых противомикробных препаратах для борьбы с антибиотикорезистентными микроорганизмами.⁵³

Согласно⁵⁴, экстракты плодов и семян *Jatropha curcas* могут быть использованы в качестве противогрибковых компонентов для борьбы с основными послеуборочными заболеваниями свежей плодоовощной продукции.

⁵⁵ исследовали гидролаты, полученные из тимьяна, розмарина, чабера, шалфея, орегано и лаврового листа для обеззараживания салата айсберга, инокулированного *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* и *Escherichia coli* O157:H7. Гидролаты – продукты, полученные путем паровой дистилляции растительного (как правило, эфиромасличного) сырья. Гидролаты тимьяна и чабера оказали наибольший антимикробный эффект на все виды патогенов, гидролаты остальных растений также значительно снижали количество микроорганизмов в зависимости от времени обработки (0, 20, 40 или 60 минут). Кроме того, исследовали состав эфиров, содержащихся в гидролатах. Тимол и 1,8-цинеол оказались наиболее распространенными компонентами гидролатов, вероятно, влияющими на их антибактериальную активность.

⁵¹ An Antibacterial from *Hypericum acmosepalum* Inhibits ATP-Dependent MurE Ligase from *Mycobacterium tuberculosis* / K. Osman, D. Evangelopoulos, C. Basavannacharya, et al // Int. J. Antimicrob. Ag. – 2012. – Vol. 39 (2). – P. 124–129.

⁵² Antibacterial Acylphloroglucinols from *Hypericum olympicum* / W. K. P. Shiu, M. M. Rahman, J. Curry et al. // J. Nat. Prod. – 2011. – Vol. 75 (3). – P. 336–343.

⁵³ Citrus Extracts as Inhibitors of Quorum Sensing, Biofilm Formation and Motility of *Campylobacter jejuni* / S. Castillo, N. Heredia, E. Arechiga-Carvajal, S. Garcia // Food Biotechnol. – 2014 Vol. 28 (2). – P. 106–122.

⁵⁴ Extraction of *Jatropha curcas* fruits for antifungal activity against anthracnose of papaya / M. Rahman, S. H. Ahmed, S. T. M. Mohamed, et al. // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 10 (48). – P. 9796–9799.

⁵⁵ Decontamination of iceberg lettuce by some plant hydrosols / I. Ozturk, F. Tornuk, Caliskan-Aydogan, et al. // LWT Food Sci. Technol. - 2016. – Vol. 74. – P. 48–54.

Зеленая плесень, вызванная *Penicillium digitatum*, является распространенным и серьезным послеуборочным заболеванием фруктов, особенно citrusовых, в средиземноморском климате. Применение экстракта кожуры граната в качестве послеуборочного погружения обеспечивает экологически чистый и безопасный метод борьбы с *P. Digitatum*.⁵⁶

3. 2. Эфирные масла как естественные противомикробные агенты

Эфирные масла представляют собой сложные смеси ароматических маслянистых жидкостей, синтезируемых и получаемых из растительных организмов в качестве вторичных метаболитов и могут варьировать в зависимости от части растения (цветы, стебли, листья, семена, плоды, корни).

Функции эфирных масел разнообразны, в том числе система защиты высших растений.⁵⁷

Сообщалось, что эфирные масла, содержащие альдегиды или фенолы, такие как коричный альдегид, цитраль, карвакрол, эвгенол или тимол, в качестве основных компонентов, продемонстрировали наивысшую антибактериальную активность, за которыми следуют эфирные масла, содержащие терпеновые спирты. Другие эфирные масла, содержащие кетоны или сложные эфиры, такие как β -мирцен, α -туйон или геранилацетат, обладали значительно более слабой активностью. Различные терпеноидные компоненты эфирных масел могут взаимодействовать, снижая или повышая противомикробную эффективность.⁵⁸

⁵⁹ изучены эфирные масла чайного дерева и гвоздики в качестве дезинфицирующих средств для обработки перед уборкой кочанного салата и их влияние на хранение. Эфирные масла показали свою эффективность *in vitro* для ингибирования природной микрофлоры салата. *In vivo* эфирные масла применяли в

⁵⁶ Tayel, A. A. Potential Applications of pomegranate peel extract for the control of citrus green mold / A. A. Tayel, A. F. El-Baz, M. H. El-Hadary // J. Plant Dis. Prot. -2009. – Vol. 116(6). – P. 252–256.

⁵⁷ Antifungal Activity by Vapor Contact of Essential Oils Added to Amaranth, Chitosan, or Starch Edible Films / R. Avila-Sosa, E. Palou, M. T. J Munguía, *et al.* // Int. J. Food Microbiol. – 2012. - Vol. 153 (1). – P. 66–72.

⁵⁸ Giovannoni, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening / J. Giovannoni // Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. - 2001. Vol. 52. – P. 725-749.

⁵⁹ Application of tea tree and clove essential oil on late development stages of Butterhead lettuce: Impact on microbiological quality / M. G. Goñi, B. Tomadoni, M. R. Moreira, S. I. Roura // LWT – Food Science and Technology. – 2013. Vol. 54. – P. 107–113.

разовой дозе (за 14, 10, 7, 3 и 0 дней до сбора урожая) в последовательных применениях. Оба эфирных масла показали значительное снижение мезофильных бактерий и бактерий группы кишечной палочки. Обработка эфирным маслом гвоздики не показала начительного сокращения количества психрофильных микроорганизмов, дрожжей и плесеней.

3. 3. Послеуборочное нанесение натуральных покрытий на фрукты и овощи

Съедобное покрытие согласно⁶⁰ представляет собой тонкий слой пищевого материала (гидроколлоид или липид), нанесенный на поверхность пищевого продукта с целью создания полупроницаемого барьера для газов, водяных паров и летучих соединений. Было обнаружено, что съедобные покрытия способны продлевать срок годности свежесрезанных продуктов за счет уменьшения дыхания и цвета.

Покрытия, наиболее часто используемые в качестве пищевых покрытий, включают хитозан, крахмал, целлюлозу, альгинат, Зеин, глютен, сыворотку, карнаубский воск, пчелиный воск и т. д. Покрытия считаются одной из наиболее перспективных технологий не только в послеуборочном производстве фруктов и овощей, но и в предуборочном применении.⁶¹

Добавки природного происхождения, такие как Лизозом, низин, органические кислоты и эфирные масла, добавляются в рецептуру покрытия, чтобы помочь в сохранении качества свежего среза, производства и, в частности, функциональность пищевого покрытия может быть расширена путем включения антимикробных соединений.^{62, 63}

⁶⁰ Preserving quality of fresh cut products using safe Technologies / G. A. Gonzales-Angular, J. F. Ayala-Zuvala, G. I. Olivas et al. // Journal fur Verbraucherschutz. – 2010. - Vol. 5(1). – P. 65–72.

⁶¹ Siddiqui, M.W. Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops: Principles and Practices for Quality Maintenance / M.W. Siddiqui. - CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. – 2015. - 550 P.

⁶² Olivas, G. I. Edible coatings of fresh-cut fruits / G. I. Olivas, G. V. Barbosa-Canovas // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - 2005. – Vol. 45. – P. 657–670.

⁶³ Ayala-Zavala, S. L Del-Toro, E. Alvarez Parilla, G. A. Gonzalez-Angular //Journal of Food Science. – 2008. - Vol. 73. - P. 41–47.

⁶⁴ разработали пленку из поливинилового спирта, содержащую микрокапсулы эфирного масла орегано, в качестве упаковки томатов черри для снижения роста микроорганизмов. Пленка оказывала противомикробное действие через газовую среду, окружающую продукт, а не путем прямого контакта, тем самым сохраняя качество томатов. Оценивали эффективность пленок с разным содержанием эфирного масла орегано - 1, 2, 3% в течение 7 дней хранения томатов черри 4 °С и 22°С. Пленки, содержащие 2% эфирного масла орегано, имели самую высокую эффективность против *Salmonella enterica*, плесеней, дрожжей и мезофильных аэробных бактерий.

3. 4. Нанокapsулирование эфирных масел

Эфирные масла подвержены различным видам разложения под действием кислорода, света и температуры. Кроме того, как и почти все биологически активные соединения, эфирные масла не растворимы в воде, что ограничивает их применение в пище. Поэтому с помощью метода нанокapsулирования можно повысить их растворимость, снизив необходимость использования поверхностно-активных веществ.

Однако в некоторых случаях применения (например, упаковка для пищевых продуктов) сильный аромат эфирных масел изменит или изменит первоначальный вкус пищи. Чтобы преодолеть это ограничение, можно заманить соединение эфирных масел в капсулу, чтобы замаскировать их нежелательный аромат. Например, нанопленка эфирного масла корицы, разработанная⁶⁵ способствовал увеличению срока годности клубники без существенного влияния на вкусовые качества продукта. Таким образом, использование методов инкапсуляции позволяет нам использовать преимущества биоактивных свойств эфирных масел, не влияя на сенсорные свойства при хранении продукта.

⁶⁴ Kwon, S. J. Oregano essential oil-based natural antimicrobial packaging film to inactivate *Salmonella enterica* and yeasts/molds in the atmosphere surrounding cherry tomatoes/ S. J. Kwon, Y. Chang, J. Han. // *Food Microbiology*. – 2017. – Vol 65. – P. 114–21.

⁶⁵ Encapsulation of cinnamon essential oil in electro spun nanofibrous film for active food packaging / P. Wen, D. H. Zhu, H. Wu, et al // *Food Control*. - 2016. – Vol. 59. – P. 366–376.

Включение масла перечного дерева в наночастицы хитозана является приемлемой альтернативой получению противогрибковых биокомпозитов, где активность, которую каждое соединение представляет индивидуально, усиливается.⁶⁶

3. 5. Применение наноструктурированных и микроструктурных материалов в послеуборочной упаковке свежих фруктов и овощей

В условиях глобализации экономики и быстрого роста покупательной способности населения стран с формирующейся рыночной экономикой потребители уже не ограничиваются продукцией местных фермерских хозяйств, но и продукцией других стран мира. Хотя эта потребительская тенденция открывает много коммерческих возможностей для производителей и дистрибьюторов на международных рынках, стабильность продукта во время транспортировки остается серьезной проблемой. Фрукты и овощи быстро портятся при сборе урожая из-за различных биохимических процессов, свежие продукты также подвержены физическим, тепловым и биологическим стрессам, поскольку они перемещаются по распределительным сетям.

Основная цель послеуборочной упаковки является увеличение срок хранения продукта, уменьшить порчу продукта и сохранить качественные характеристики (сенсорные, питательные и безопасные) для удовлетворения потребностей потребителей.

Активная упаковочная система может включать активное манипулирование головным пространством упаковки с помощью таких механизмов, как контролируемое высвобождение летучих соединений (например, ингибитора фермента, антимикробного средства), прямая доставка нелетучих биологически активных веществ (например, антимикробного средства, антиоксиданта), удаление нежелательных паров/газов (например, этилена, кислорода), “умные” материалы, которые проявляют термически зависимые барьерные свойства и т. д.⁶⁷

⁶⁶ Enhanced antifungal effect of chitosan/pepper tree (*Schinus molle*) essential oil bionanocomposites on the viability of *Aspergillus parasiticus* spores / A. G. Luque-Alcaraz, M. O. Cortez-Rocha, Zquez-Contreras et al. // *J. Nanomater.* – 2016. – P. 1–10.

⁶⁷ Баблюк, Е. Б. Перспективы применения нанотехнологий и современная упаковка // *Тара и упаковка.* – 2007. – № 1. – С. 12-15.

Заключение

Достижения в области молекулярной биологии и генной инженерии предоставили новые возможности, которые не доступны для получения культурных сортов со встроенной устойчивостью с помощью традиционных методов селекции. С помощью генной инженерии можно идентифицировать, изолировать и инкорпорировать гены устойчивости к болезням от диких родственников, микробов и даже животных в желаемые сорта, которые должны быть защищены. Кроме того, сорта с желаемыми признаками, но восприимчивостью к болезням, могут быть защищены путем усиления естественных механизмов устойчивости к болезням, действующих в этих сортах, путем использования физических, химических и биологических индукторов устойчивости. Обсуждается сравнительная полезность различных методов, применяемых на широком спектре фруктов и овощей для повышения уровня устойчивости к послеуборочным заболеваниям.

Природные антимикробные и антагонистические микроорганизмы являются жизнеспособной альтернативой синтетическим химическим веществам при послеуборочном хранении и минимальной переработке фруктов и овощей. Они имеют потенциал полностью или частично заменить синтетику, когда полностью используются. Рекомендуется, чтобы развивающиеся страны, в которых наблюдаются высокие послеуборочные потери, активизировали свои исследования по использованию природных противомикробных препаратов, распространенных в регионе и специфичных для конкретного фрукта или овоща.

Использование защитных покрытий и подходящей упаковки в пищевой промышленности, безусловно, может увеличить срок годности пищевых продуктов. Интеллектуальная упаковка пищевых продуктов, включающая наносенсоры, может предоставлять информацию о состоянии продуктов внутри. Рекомендуется, чтобы нанопакетирование было разработано таким образом, чтобы высвободить антимикробные вещества, антиоксиданты, ароматизаторы, ферменты и нутрицевтики для продления срока годности пищевых продуктов. Необходимо провести дальнейшие токсикологические исследования для обеспечения безопасного развития нанотехнологий в пищевой упаковочной промышленности.