

УДК 579.678: 631: 635

UDC 579.678: 631: 635

DOI 10.30679/2219-5335-2020-2-62-122-139

DOI 10.30679/2219-5335-2020-2-62-122-139

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ГОДНОСТИ
СВЕЖИХ ФРУКТОВ
И ОВОЩЕЙ**

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

Бабакина Мария Владимировна
аспирант, младший научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: wuhdz@mail.ru

Babakina Maria Vladimirovna
Post Graduate, Junior Research Associate
of Storage and Integrated
Agricultural Processing
Raw Materials Department
e-mail: wuhdz@mail.ru

Михайлюта Лариса Васильевна
научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: kniihp@mail.ru

Mikhaylyuta Larisa Vasilyevna
Research Associate
of Storage and Integrated Department
Agricultural Processing
Raw Materials
e-mail: kniihp@mail.ru

Горлов Сергей Михайлович
канд. техн. наук, доцент
ст. научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: gorlov76@list.ru

Gorlov Sergey Mikhailovich
Cand. Tech. Sci., Docent
Senior Research Associate
of Storage and Integrated
Agricultural Processing
Raw Materials Department
e-mail: gorlov76@list.ru

*Краснодарский научно-исследовательский
институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции –
филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»;
Краснодар, Россия*

*Krasnodar Research Institute
of Agricultural Product
Storage and Processing –
Branch of Federal State
Budgetary Scientific Institution
«North-Caucasus Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

Олефир Евгений Анатольевич
канд. с.-х. наук
начальник управления качества,
хранения и товарной обработки
продукции
e-mail: Olefir2@mail.ru

Olefir Evgeniy Anatolyevich
Cand. Agr. Sci.
Head of the Department
of Quality, Storage
and Product Handling
e-mail: Olefir2@mail.ru

*АО «Сад-Гигант»,
Краснодарский край, Россия*

*JSC «Sad-Gigant»,
Krasnodar Territory, Russia*

Использование в питании свежих фруктов и овощей является неотъемлемой частью сбалансированного пищевого рациона человека. Современная тенденция к здоровому образу жизни и заботе о своём здоровье порождает высокий потребительский спрос на качественную свежую плодоовощную продукцию. В последние годы в связи с глобальными экологическими проблемами, такими как сильное загрязнение воздуха и воды, сельскохозяйственная отрасль сталкивается с большими проблемами выращивания и послеуборочного сохранения фруктов и овощей. Особенно актуальной является проблема хранения плодов и овощей с сохранением их сенсорных и пищевых качеств. Крайне важно найти такую технологию сохранения качества свежих плодов и овощей, при применении которой все компоненты их химического состава максимально долго остаются на высоком уровне по своему содержанию и не претерпевают существенных изменений их качественных показателей, биологической активности и безопасности. Развитие новых технологий для сохранения качества и продления сроков годности свежей сельскохозяйственной продукции является особенно важным в связи с глобальными экологическими изменениями. В данной статье рассматриваются современные физические, химические и биологические исследования, описывающие новые способы продления срока годности свежих фруктов и овощей.

Ключевые слова: ФРУКТЫ, ОВОЩИ, ПРОДЛЕНИЕ СРОКА ГОДНОСТИ, ОБРАБОТКА, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

The use of fresh fruits and vegetables in food is an integral part of a balanced human diet. The current trend towards a healthy lifestyle and taking care of one's health creates a high consumer demand for high-quality fresh fruits and vegetables. In recent years, in connection with global environmental problems, such as heavy air and water pollution, the agricultural industry has been faced with big problems of growing and post-harvest conservation of fruits and vegetables. A pressing problem is the storage of fruits and vegetables and the preservation of their sensory and nutritional qualities.

It is extremely important to find such a technology for preserving fresh fruits and vegetables, when used, all components of their chemical composition as long as possible remain at a high level in content and do not undergo significant changes in quality indicators, biological activity and safety.

The development of new technologies for the preservation of quality and the extension of the shelf life of fresh agricultural products is particularly important due to global environmental changes.

The article discusses modern physical, chemical and biological studies that describe new ways to extend the shelf life of fresh fruits and vegetables.

Key words: FRUITS, VEGETABLES, RENEWAL, TREATMENT, NEW TECHNOLOGIES

Введение. В настоящее время использование в пищу свежих фруктов и овощей, богатых витаминами и минеральными веществами, обладающих высокими потребительскими качествами, актуально во всем мире. В последние годы в связи с глобальными экологическими проблемами, такими как сильное загрязнение воздуха и воды, сельскохозяйственная отрасль

сталкивается с большими проблемами выращивания и послеуборочного сохранения фруктов и овощей. Это приводит к растущей тенденции глобальных инвестиций в исследования, направленные на продление сроков хранения сельскохозяйственной продукции [1].

Традиционные методы сохранения свежих фруктов и овощей можно разделить на три категории: сохранение с помощью физических методов, с помощью химических веществ и с использованием биозащиты. Физические способы продления сроков хранения предусматривают регулировку температуры окружающей среды, влажности, давления и состава газа. Поддержание этих параметров – довольно энергозатратный метод. В хранении с помощью химических веществ используются натуральные или синтетические консерванты [2]. Однако, в связи с озабоченностью о здоровье и осведомлённостью потребителей о небезопасности использования синтетических добавок, их использование остаётся под вопросом.

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. В настоящее время активно используются новые средства и методы биозащиты, включающие использование бактериоцинов, бактериофагов и биозащитных микроорганизмов.

Упаковка с модифицированной атмосферой является одним из наиболее эффективных методов, которые широко и успешно используются для продления срока годности свежей продукции [3]. CO₂, O₂ и N₂ являются наиболее часто используемыми газами. Уделяется также внимание использованию инертных газов: такие газы, как гелий (He), аргон (Ar) и за-

кись азота (N_2O) [4], ингибируют дыхание, влияя на активность цитохромоксидазы С в митохондриях. Неон (Ne), криптон (Kr), ксенон (Xe), аргон (Ar) и азот (N_2) могут образовывать льдоподобный кристалл, называемый гидратом клатрата [5].

В последние годы успешно используются сжатые инертные газы. Обработка аргоном (4 МПа) зелёных перцев в течение 1 часа [6] может снизить потерю воды, витамина С и хлорофилла, рост дрожжей и плесени. Данная обработка способна поддержать целостность клеточных структур и активность каталазы. Эта обработка приводит к увеличению срока хранения перца до 12 дней, при 4 °С, что на 4 дня дольше, чем у необработанных образцов.

Другой способ продления сроков хранения растениеводческой продукции – облучение электронными полями. Оно не вызывает значительной модификации цвета, вкуса, питательных веществ в пищевых продуктах, однако способствует снижению количества патогенных микроорганизмов. Инактивация микроорганизмов происходит благодаря разрушению структуры ДНК, денатурации ферментов и мембранных белков, что в свою очередь приводит к потере жизненных функций клетки [7].

Эффективность облучения электронами зависит в первую очередь от вида продукции и дозы облучения. 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 не обработанных образцов составили 39 % [8].

Использование ЭМП КНЧ позволяет увеличить сроки хранения корнеплодов, снизить их поражаемость микробиальными патогенами и замедлить биохимические превращения в корнеплодах [9].

К нетепловым технологиям также относят обработку импульсным светом [10]. Основным механизмом микробной инактивации импульсным светом является фотохимическое воздействие на структурные из-

менения в клетках и ДНК бактерий, вирусов и других патогенов, которые препятствуют репликации клеток [11]. Подобно электронно-лучевому облучению эффективность обработки импульсным светом также зависит в первую очередь от вида обрабатываемой продукции и микроорганизмов на её поверхности, а также от интенсивности и количества проведённых импульсов. Недостаточная интенсивность может привести к неэффективности приёма, но чрезмерная интенсивность может вызвать нежелательные повреждения.

Общепринятый механизм ионизирующего излучения с летальным эффектом включает в себя как прямое, так и не прямое излучение [12]. При прямом действии ионизирующие частицы или лучи вызывают повреждение ДНК чувствительной мишени без значительного повышения температуры обработанных пищевых продуктов, что впоследствии предотвращает деление клеток путём ингибирования синтеза ДНК [13]. При непрямом излучении взаимодействие с молекулами воды приводит к образованию активных молекул, таких как гидроксильные и водородные радикалы, и гидратированных электронов, что приводит к лизису клеток [14].

Ионизирующее излучение имеет широкий спектр применения, в частности инактивация в пищевых продуктах и на упаковочных материалах условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, таких как *Salmonella spp.* [15], *Listeria spp.* [16], *E.coli* [17], *Vibrio* [18] и спорообразующие микроорганизмы.

Основными компонентами пищи, подверженной воздействию ионизирующей радиации, являются вода, углеводы, белки и липиды. Было обнаружено, что облучение вызывает нежелательные химические изменения, такие как накопление малонового диальдегида, формальдегида и тетрагидрофурана, но многие из нежелательных эффектов могут быть уменьшены путём снижения температуры во время обработки. По мнению ФАО, ВОЗ и Научного комитета по продуктам питания Европейской

комиссии, продукты, обработанные ионизирующим излучением в дозировке до 10 кГр, безопасны для человека [19].

Ультрафиолетовое излучение (УФ) относится к типу неионизирующего излучения с длиной волны от 100 нм до 400 нм, которое 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. Общепризнанный механизм микробной инактивации УФ объясняется прямым повреждением ДНК у живых организмов. Ультрафиолетовое облучение 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 [20].

Основными преимуществами УФ являются более низкая стоимость, действие на большинство микроорганизмов и технологичность. УФ облучение особенно подходит для поверхностного обеззараживания свежих фруктов и овощей, поскольку микробная порча происходит главным образом на поверхности [21]. Rodoni L. M., и др. показали, что стойкость обработанных ультрафиолетовым светом свежих перцев была на 50 % выше, чем у не обработанных образцов к концу хранения [22].

Химические противомикробные препараты различного происхождения (природные и синтетические) традиционно используются в пищевой промышленности. Использование синтетических препаратов ограничено из-за нежелательных возможных последствий, таких как канцерогенность, острая токсичность, тератогенность и медленные периоды деградации [23].

Негативное общественное мнение о промышленно синтезированных пищевых антимикробных средствах порождает интерес к использованию натуральной пищевой добавки, которая может сохранять широкий спектр антиоксидантной и антимикробной активности, укреплять иммунные клетки у людей и одновременно обладать способностью улучшать качество и срок годности скоропортящихся продуктов [24].

Противомикробные средства представляют собой химические соединения, которые естественным образом присутствуют или добавляются в пищевые продукты, упаковку пищевых продуктов, на поверхности, контактирующие с пищевыми продуктами, чтобы ингибировать рост или убивать микроорганизмы.

Идеальный природный противомикробный препарат должен быть эффективным при низких концентрациях, быть экономичным, не вызывать сенсорных изменений в продукте, подавлять широкий спектр патогенных микроорганизмов и быть нетоксичным. Препараты могут быть получены из различных источников, включая растения (например эфирные масла базилика, тимьяна, орегано, корицы, гвоздики и розмарина), животных (например ферменты), микроорганизмы (низин, натамицин, бактериозин), природные полимеры (например, хитозан), органические кислоты (сорбиновая, пропионовая, лимонная кислота) и др. [25-27].

Распространёнными противомикробными препаратами растительного происхождения являются растительные экстракты, травы, специи, растительные масла. Растительные экстракты являются перспективным решением и могут быть более эффективны, чем синтетические консерванты [28]. Кроме того, такие экстракты снижают устойчивость к антибиотикам, способствуя синергетическому эффекту между природными противомикробными средствами и антибиотиками. В основном, это вторичные метаболиты, большинство из которых представляют собой фенольные соединения, которые обладают различными преимуществами, включая антимикробные свойства [29, 30]. Эти фенольные соединения имеют большое структурное разнообразие и различия в химическом составе и, следовательно, отличаются своей антибактериальной эффективностью в отношении патогенных микроорганизмов [31, 32].

Эфирные масла также вызывают широкий интерес в пищевой промышленности, так как имеют потенциал в качестве дезактивирующих

агентов. Как правило, эфирные масла препятствуют росту бактериальных клеток, а также препятствуют выработке токсических бактериальных метаболитов. Большинство эфирных масел гидрофобны и более эффективны в отношении грамположительных бактерий, чем грамотрицательных. Этот эффект обусловлен различиями в составе клеточных мембран [33, 34].

Было установлено, что эфирные масла являются эффективными противомикробными средствами против нескольких микроорганизмов, вызывающих порчу, и пищевых патогенных микроорганизмов, в том числе *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Klebsiella pneumonia*, *Candida albicans*, *Salmonella typhimurium* и др. [35].

Во время переработки пищевых продуктов образуется большое количество побочных продуктов (отходов), таких как фруктовые выжимки, семена, кожура и мякоть различных фруктов и овощей, которые являются многообещающими источниками ценных компонентов, таких как фенольные соединения (полифенолы, танины и флавоноиды) и органические кислоты. Они обладают широким спектром антимикробных свойств и несколькими функциями, которые повышают безопасность пищевых продуктов [36, 37].

Побочные продукты из виноградной и оливковой выжимки, оливкового сока, гранатового сока и миндальной кожуры, папайи, сливы, гуавы, семян томата и горчицы, кокосовой, ореховой и кофейной шелухи, шелухи пшеницы и бобовых являются ингибиторами порчи и патогенных бактерий, таких как *Aeromonas hydrophila*, *B. cereus*, *Enterobacter aerogenes*, *E. faecalis*, *E.coli*, *E.coli* O157: H7, *M. smegmatis*, *Proteus vulgaris*, *P. aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. aureus* и *Yersinia enterocolitica* [38, 39]. Кроме того, отходы перерабатывающей промышленности также могут быть включены в антимикробную упаковку или использованы в качестве пищевых противомикробных плёнок [40].

К противомикробным препаратам животного происхождения относятся хитозан, натамицин и низин. Хитозан – поликатионный биополимер, присутствующий в экзоскелетах ракообразных и членистоногих. Антибактериальную активность хитозанов исследовали в отношении нескольких грамотрицательных бактерий (*E. coli*, *P. fluorescens*, *S. typhimurium*, *Vibrio parahaemolyticus*) и грамположительных (*L. monocytogenes*, *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *S. aureus*). Хитозан замедляет рост *Salmonella spp.* и уменьшает популяцию *Staphylococcus spp.* в сыром молоке и устрицах, что указывает на то, что он обладает большим потенциалом для сохранения пищевых продуктов [41].

Натамицин – противогрибковое средство, которое производится ферментацией с использованием *Streptomyces natalensis* [42], обладает высоким сродством к эргостеролу и необратимо связывается с ним в клеточной мембране грибка. Это нарушает проницаемость клеточной мембраны, что приводит к быстрой утечке незаменимых ионов и небольших пептидов, тем самым вызывая лизис клеток [43].

Низин – катионный полипептид, продуцируемый некоторыми штаммами *Lactococcus lactis* [44]. Низин был одобрен в 1988 году для подавления роста спор *C. botulinum* и образования токсинов в пастеризованных сырных пастах, впоследствии был применён к другим продуктам питания. В Европе он был добавлен в список пищевых добавок в начале 1980-х годов (E234) и является единственным бактериоцином, одобренным Всемирной организацией здравоохранения для использования в качестве пищевого консерванта [45]. Низин наиболее эффективен против грамположительных вегетативных бактерий и спор *Bacillus* и *Clostridium spp.* Его внесение низина в консервы позволяет использовать более мягкие режимы стерилизации [46].

Противомикробные препараты из водорослей и грибов являются естественными источниками биоактивных соединений, обладающих широким

спектром биологической активности [47]. Водоросли различных типов, обладающие антимикробной активностью против патогенных бактерий, были определены несколькими учёными как потенциальные антимикробные агенты, которые могут быть полезны в пищевой промышленности [48].

В последние годы отрасли пищевой промышленности проявляют интерес к съедобным плёнкам и покрытиям из натуральных противомикробных препаратов. Пищевые плёнки улучшают сохраняемость пищевых продуктов, обеспечивая барьеры для влаги, кислорода и загрязняющих поверхность микроорганизмов. Они также снижают экологические проблемы, создаваемые обычной пластиковой упаковкой [49, 50].

Антимикробные эффекты пищевых плёнок с хитозаном, содержащих низин, пептид P34 и натамицин, также были исследованы в отношении подавления роста *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli*, *S. enteritidis*, *C. perfringens*, *Aspergillus phoenicis* и *Penicillium stoloniferum* в обработанных грушах [51, 52].

Включение противомикробных препаратов в пищевую упаковку, такую как плёнки и покрытия, может предотвратить рост поверхности в пищевых продуктах, где происходит значительная порча и загрязнения.

Эти исследования показывают, что пищевая промышленность и потребители могут использовать эти плёнки и покрытия для контроля поверхностного загрязнения патогенными микроорганизмами пищевого происхождения [53].

В настоящее время активно исследуется множество природных технологий и противомикробных препаратов. Однако в отдельности ни один из них ещё не оказался надёжным, широко применимым, эффективным, простым в использовании, недорогим и эффективным, как традиционные химические агенты. Решением этой проблемы является комбинация ряда консервантов, использующих концепцию синергетического барьера. Ка-

ким бы ни был выбранный природный антимикробный препарат, отбор должен основываться на сенсорной и химической совместимости, стабильности, эффективности против нежелательных микроорганизмов, безопасности и, наконец, его стоимости.

Одним из новых, экологически чистых и эффективных методов биозащиты для контроля качества пищевых продуктов являются бактериофаги. Они могут инфицировать и размножаться в соответствующих бактериальных клетках-хозяевах [3]. Они безвредны для людей, животных и растений. Известно о результатах с использованием бактериофага для *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* и *E. coli O157: H7* [54].

Антимикробные пептиды или белки – бактериоцины – способны ингибировать некоторые виды порчи и болезнетворные микроорганизмы [55]. Они производятся большим количеством бактерий и используются для продления срока хранения, противомикробного действия и контроля микрофлоры.

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

Выводы. Методы обработки продукции растениеводства, предусматривающие использование модифицированной атмосферы, электрических полей, импульсного света, ионизирующего излучения, УФ излучения, химических противомикробных препаратов природного происхождения, бактериофагов и бактериоцинов, показали высокую эффективность для инак-

тивации различных патогенных микроорганизмов. Гибридные технологии, основанные на этих методах, могут играть важную роль в предотвращении потерь от микробиологической порчи.

Необходимы дальнейшие исследования, чтобы изучить механизм действия этих процессов и обеспечить основу, с помощью которой можно достичь их широкого практического применения.

По мнению авторов, будущие исследования должны быть сосредоточены на следующих вопросах:

- прогнозирование и диагностика послеуборочных заболеваний с использованием современных биотехнологических средств;
- изучение возможности использования непатогенных или аттенуированных штаммов патогенов;
- использование соединений, при обработке которыми задолго до сбора урожая, обеспечивается его устойчивость к патогенным микроорганизмам в процессе хранения;
- определение характера конститутивной и индуцированной устойчивости.

Литература

1. Oliveira M. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables – A review / Oliveira M. et al. // 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. Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. LWT // Food Science and Technology. – 2010. – № 43. – P. 381-392.
4. Char C. Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads / Char C. et al. // Postharvest Biology and Technology. – 2012. – № 73. – P. 50-55.
5. Ando H. In situ observation of xenon hydrate formation in onion tissue by using NMR and powder X-ray diffraction measurement. / Ando H. et al. // Cryobiology. – 2009. – № 59. – pp. 405.
6. 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.

7. Lung H.-M. Microbial decontamination of food by electron beam irradiation / Lung H.-M. et al. // Trends in Food Science & Technology. – 2015. – № 44. – P. 66-78.
8. Kong Q. Effects of electron-beam irradiation on blueberries inoculated with *Escherichia coli* and their nutritional quality and shelf life / Kong Q. et al. // Postharvest Biology and Technology. – 2014. – № 95. – P. 28-35.
9. Pershakova T.V. Investigation of the influence of an extremely low-frequency electromagnetic field on carrot phytopathogens *in-vivo* and *in-vitro*. / Pershakova T.V., Kupin G.A., Mihaylyuta L.V., Babakina M.V., Gorlov S.M., Lisovoy V.V. // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – №, 8 (10). – pp. 1897-1901.
10. 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.
11. Heinrich V. Post-packaging application of pulsed light for microbial decontamination of solid foods: A review / Heinrich V. et al. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2015. – № 30. – pp. 145-156.
12. Tahergorabi R., Matak K.E., Jaczynski J. Application of electron beam to inactivate *Salmonella* in food: Recent developments. // Food Research International. – 2012. – № 45. – pp. 685-694.
13. Rawson A. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. / Rawson A. et al. // Food Research International. – 2011. – № 44. – pp. 1875-1887.
14. Farkas J., Ehlermann D.A.E., Mohácsi-Farkas C. Food Technologies: Food irradiation // Encyclopedia of food safety. – 2014. – pp. 178-186.
15. Mahmoud B.S.M. Effect of X-ray treatments on *Salmonella enterica* and spoilage bacteria on skin-on chicken breast fillets and shell eggs. / Mahmoud B.S.M. et al. // Food Control. – 2015. – № 57. – pp. 110-114.
16. Huq T. Synergistic effect of gamma (γ)-irradiation and microencapsulated antimicrobials against *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat (RTE) meat. / Huq T. et al. // Food microbiology. – 2015. – № 46. – pp. 507-514.
17. Torgby-Tetteh W. Combined effect of irradiation and frozen storage on survival of viable bacteria and inoculated *Escherichia coli* in chicken. // Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2014. – № 2. P. 53.
18. Mahmoud B.S.M. Reduction of *Vibrio vulnificus* in pure culture, half shell and whole shell oysters (*Crassostrea virginica*) by X-ray. // International journal of food microbiology. – 2009. – № 130. – pp. 135-139.
19. Farkas J., Mohácsi-Farkas C. History and future of food irradiation. // Trends in Food Science & Technology. – 2011. – № 22. – pp. 121-126.
20. 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.
21. 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.
22. Manzocco L. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties / Manzocco, L. et al. // Postharvest Biology and Technology. – 2011. – № 61. – P. 165-171.
23. Davidson P.M., Critzer F.J., Taylor T.M. Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. // Annu. Rev. Food Sci. Technol. – 2013. – № 4. – pp. 163-190.
24. Fratianni F., Biochemical composition, antimicrobial activities, and anti-quorum-sensing activities of ethanol and ethyl acetate extracts from *Hypericum connatum* Lam. (*Guttiferae*). / Fratianni F. et al. // J. Med. Food. – 2013. – № 16. – pp. 454-459.

25. Tajkarimi M.M., Ibrahima S.A., Cliverb D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. // *Food Control*. – 2010. – № 21. – pp. 1199-1218.
26. Ramesh C., Pattar M.G. Antimicrobial properties, antioxidant activity and bioactive compounds from six wild edible mushrooms of Western Ghats of Karnataka. // *India Pharm. Res.* – 2010. – № 2. – pp. 107-112.
27. Bhagavathy S., Sumathi P., Jancy Sherene Bell I. Green algae *Chlorococcum humicola* – a new source of bioactive compounds with antimicrobial activity. // *Asian. Pac. J. Trop. Biomed.* – 2011. – № 1. – pp. 1-7.
28. Hayek S.A., Gyawali R., Ibrahim S.A. Antimicrobial natural products. / Méndez-Vilas A. (Ed.), *Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education*. / Formatex Research Center, Spain. – 2013. – pp. 910-921.
29. Tajkarimi M.M., Ibrahima S.A., Cliverb D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. // *Food Control*. – 2010. – № 21. – pp. 1199-1218.
30. Gyawali R., Ibrahim S.A. Impact of plant derivatives on the growth of foodborne pathogens and the functionality of probiotics. // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2012. – № 95. – pp. 29-45.
31. Savoia D. Plant-derived antimicrobial compounds: alternatives to antibiotics. // *Future Microbiol.* – 2012. – № 8. – pp. 979-990.
32. Stojkovic D. In situ antioxidant and antimicrobial activities of naturally occurring caffeic acid, p-coumaric acid and rutin, using food systems. / Stojkovic D. et al. // *J. Sci. Food Agric.* – 2013. – № 93. – pp. 3205-3208.
33. Kim Y., Nahm B., Choi I. An evaluation of the antioxidant and antimicrobial effectiveness of different forms of garlic and BHA in emulsion-type sausages during refrigerated storage. // *J. Muscle Foods*. – 2010. – № 21. – pp. 813-825.
34. Li M. Use of natural antimicrobials from a food safety perspective for control of *Staphylococcus aureus*. / Li M. et al. // *Curr. Pharm. Biotechnol.* – 2011. – № 12. – pp. 1240-1254.
35. Davidson P.M., Critzer F.J., Taylor T.M. Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. // *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* – 2013. – № 4. – pp. 163-190.
36. Chanda S., Baravalia Y., Kaneria M., Rakholiya K. Fruit and vegetable peels strong natural source of antimicrobials. / *Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, Current Research*. / Formatex Research Center, Spain. – 2010. – pp. 444-450.
37. Gyawali R., Adkins A., Minor R.C., Ibrahim S.A. Behavior and changes in cell morphology of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid medium and skim milk in the presence of caffeine. // *CyTA–J. Food*. – 2014. – № 12. – pp. 235-241.
38. Kanatt S.R., Ramesh C., Sharma A. Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products. // *Int. J. Food Sci. Technol.* – 2010. – № 45. – pp. 216-222.
39. Li M. Effects of bacteriophage on the quality and shelf life of *Paralichthys olivaceus* during chilled storage. / Li M. et al. // *J. Sci. Food Agric.* – 2014. – № 94. – pp. 1657-1662.
40. Nithya V., Murthy K., Halami P.M. Development and application of active films for food packaging using antibacterial peptide of *Bacillus licheniformis*. // *Mel J. Appl. Microbiol.* – 2013. – № 115. – pp. 475-483.
41. Cao R., Xue C.H., Liu Q. Changes in microbial flora of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. // *Int. J. Food Microbiol.* – 2009. – № 131. – pp. 272-276.

42. Davidson P.M., Zivanovic S. The use of natural antimicrobials. / Zeuthen P., Bogh-Sorensen L. (Eds.), Food Preservation Techniques. / Woodhead Publishing Ltd., Cambridge. – 2003. – pp. 5-30.
43. Weber G., Steenson L., Delves-Broughton J. Antimicrobial fermentate technology. / Havkin-Frenkel D. (Ed.), Proceedings of the Second International Symposium on Natural Preservatives in Food, Feed, and Cosmetics. / Acta Hort, International Society for Horticultural Science, Amsterdam. – 2008. – pp. 79-83.
44. Kupke T., Gotz F. Expression, purification, and characterization of EpiC, an enzyme involved in the biosynthesis of the lantibiotic epidermin, and sequence analysis of *Staphylococcus epidermidis* EpiC mutants. // J. Bacteriol. – 1996. – № 178/ – pp. 1335-1340.
45. Sobrino-Lopez A., Martin-Belloso O. Enhancing the lethal effect of high-intensity pulsed electric field in milk by antimicrobial compounds as combined hurdles. // J. Dairy Sci. – 2008. – № 91. – pp. 1759-1768.
46. Gálvez A., Abriouel H., López R.L., Omar N.B. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation Int. J. Food Microbiol. – 2007. – № 120. – pp. 51-70.
47. Plaza M. Screening for bioactive compounds from algae. / Plaza M. et al. // J. Pharm. Biomed. Anal. – 2010. – № 51. – pp. 450-455.
48. Abdu-llah Al-Saif N.N., Abdel-Raouf N., El-Wazanani H.A., Arefb I.A. Antibacterial substances from marine algae isolated from Jeddah coast of Red sea, Saudi Arabia // J. Biol. Sci. – 2014. – № 21. – pp. 57-64.
49. Cao R., Xue C.H., Liu Q. Changes in microbial flora of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. // Int. J. Food Microbiol. – 2009. – № 131. – pp. 272-276.
50. Jang S., Shin Y.J., Song K.B. Effect of rapeseed proteinegelatin film containing grapefruit seed extract on 'Maehyang' strawberry quality. // Int. J. Food Sci. Technol. – 2011. – № 46. – pp. 620-625.
51. Ce N., Norena C.P., Brandelli A. Antimicrobial activity of chitosan films containing nisin, peptide P34, and natamycin. // CyTA-J. Food. – 2012. – № 10. – pp. 21-26.
52. Jridi M. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin chitosan composite edible films. / Jridi M. et al. // Int. J. Biol. Macromol. – 2014. – № 67. – pp. 373-379.
53. Gutiérrez L. Evaluation of antimicrobial active packaging to increase shelf life of gluten free sliced bread / Gutiérrez L. et al. // Packag. Technol. Sci. – 2011. – № 24. – pp. 485-494.
54. Rodoni L. M. UV-C treatments extend the shelf life of fresh-cut peppers by delaying pectin solubilization and inducing local accumulation of phenolics / Rodoni L. M. et al. // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – № 63. – P. 408-414.
55. Balciunas E. M. Novel biotechnological applications of bacteriocins: A review. / Balciunas E. M. et al. // Food Control. – 2013. – № 32. – P. 134-142.

References

1. Oliveira M. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables – A review / Oliveira M. et al. // 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. – R. 156-162.
3. Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. LWT // Food Science and Technology. – 2010. – № 43. – R. 381-392.

4. Char C. Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads / Char C. et al. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2012. – № 73. – R. 50-55.
5. Ando H. In situ observation of xenon hydrate formation in on-ion tissue by using NMR and powder X-ray diffraction measurement. / Ando H. et al. // *Cryobiology*. – 2009. – № 59. – pp. 405.
6. Meng X., Zhang M., Adhikari B. Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using pressurized argon treatment // *Postharvest Biology and Technology*. – 2012. – № 71. – R. 13-20.
7. Lung H.-M. Microbial decontamination of food by electron beam irradiation / Lung H.-M. et al. // *Trends in Food Science & Technology*. – 2015. – № 44. – R. 66-78.
8. Kong Q. Effects of electron-beam irradiation on blueberries inoculated with *Escherichia coli* and their nutritional quality and shelf life / Kong Q. et al. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2014. – № 95. – R. 28-35.
9. Pershakova T.V. Investigation of the influence of an extremely low-frequency electromagnetic field on carrot phytopathogens *in-vivo* and *in-vitro*. / Pershakova T.V., Kupin G.A., Mihaylyuta L.V., Babakina M.V., Gorlov S.M., Lisovoy V.V. // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2018. – №, 8 (10). – pp. 1897-1901.
10. Barbosa-Canovas G. V., Schaffner D. W., Pierson M. D., Zhang Q. H. Pulsed Light Technology // *Journal of Food Science*. – 2000. – № 65. – R. 82-85.
11. Heinrich V. Post-packaging application of pulsed light for microbial decontamination of solid foods: A review / Heinrich V. et al. // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2015. – № 30. – pp. 145-156.
12. Tahergorabi R., Matak K.E., Jaczynski J. Application of electron beam to inactivate *Salmonella* in food: Recent developments. // *Food Research International*. – 2012. – № 45. – pp. 685-694.
13. Rawson A. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. / Rawson A. et al. // *Food Research International*. – 2011. – № 44. – pp. 1875-1887.
14. Farkas J., Ehlermann D.A.E., Mohácsi-Farkas C. Food Technologies: Food irradiation // *Encyclopedia of food safety*. – 2014. – pp. 178-186.
15. Mahmoud B.S.M. Effect of X-ray treatments on *Salmonella enterica* and spoilage bacteria on skin-on chicken breast fillets and shell eggs. / Mahmoud B.S.M. et al. // *Food Control*. – 2015. – № 57. – pp. 110-114.
16. Huq T. Synergistic effect of gamma (γ)-irradiation and microen-capsulated antimicrobials against *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat (RTE) meat. / Huq T. et al. // *Food microbiology*. – 2015. – № 46. – pp. 507-514.
17. Torgby-Tetteh W. Combined effect of irradiation and frozen storage on survival of viable bacteria and inoculated *Escherichia coli* in chicken. // *Journal of Food and Nutrition Sciences*. – 2014. – № 2. P. 53.
18. Mahmoud B.S.M. Reduction of *Vibrio vulnificus* in pure culture, half shell and whole shell oysters (*Crassostrea virginica*) by X-ray. // *International journal of food microbiology*. – 2009. – № 130. – pp. 135-139.
19. Farkas J., Mohácsi-Farkas C. History and future of food irradiation. // *Trends in Food Science & Technology*. – 2011. – № 22. – pp. 121-126.
20. 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. – R. 2311-2322.
21. Gayán E., Condón S., Álvarez I. Biological Aspects in Food Preservation by Ultraviolet Light: a Review // *Food and Bioprocess Technology*. – 2014. – № 7. R. 1-20.

22. Manzocco L. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties / Manzocco, L. et al. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2011. – № 61. – R. 165-171.
23. Davidson P.M., Critzer F.J., Taylor T.M. Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. // *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* – 2013. – № 4. – pp. 163-190.
24. Fratianni F., Biochemical composition, antimicrobial activities, and anti-quorum-sensing activities of ethanol and ethyl acetate extracts from *Hypericum connatum* Lam. (*Guttiferae*). / Fratianni F. et al. // *J. Med. Food*. – 2013. – № 16. – pp. 454-459.
25. Tajkarimi M.M., Ibrahima S.A., Cliver D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. // *Food Control*. – 2010. – № 21. – pp. 1199-1218.
26. Ramesh C., Pattar M.G. Antimicrobial properties, antioxidant activity and bioactive compounds from six wild edible mushrooms of Western Ghats of Karnataka. // *India Pharm. Res.* – 2010. – № 2. – pp. 107-112.
27. Bhagavathy S., Sumathi P., Jancy Sherene Bell I. Green algae *Chlorococcum humicola* – a new source of bioactive compounds with antimicrobial activity. // *Asian. Pac. J. Trop. Biomed.* – 2011. – № 1. – pp. 1-7.
28. Hayek S.A., Gyawali R., Ibrahim S.A. Antimicrobial natural products. / Méndez-Vilas A. (Ed.), *Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education*. / Formatex Research Center, Spain. – 2013. – pp. 910-921.
29. Tajkarimi M.M., Ibrahima S.A., Cliver D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. // *Food Control*. – 2010. – № 21. – pp. 1199-1218.
30. Gyawali R., Ibrahim S.A. Impact of plant derivatives on the growth of foodborne pathogens and the functionality of probiotics. // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2012. – № 95. – pp. 29-45.
31. Savoia D. Plant-derived antimicrobial compounds: alternatives to antibiotics. // *Future Microbiol.* – 2012. – № 8. – pp. 979-990.
32. Stojkovic D. In situ antioxidant and antimicrobial activities of naturally occurring caffeic acid, p-coumaric acid and rutin, using food systems. / Stojkovic D. et al. // *J. Sci. Food Agric.* – 2013. – № 93. – pp. 3205-3208.
33. Kim Y., Nahm B., Choi I. An evaluation of the antioxidant and antimicrobial effectiveness of different forms of garlic and BHA in emulsion-type sausages during refrigerated storage. // *J. Muscle Foods*. – 2010. – № 21. – pp. 813-825.
34. Li M. Use of natural antimicrobials from a food safety perspective for control of *Staphylococcus aureus*. / Li M. et al. // *Curr. Pharm. Biotechnol.* – 2011. – № 12. – pp. 1240-1254.
35. Davidson P.M., Critzer F.J., Taylor T.M. Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. // *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* – 2013. – № 4. – pp. 163-190.
36. Chanda S., Baravalia Y., Kaneria M., Rakholiya K. Fruit and vegetable peels strong natural source of antimicrobials. / *Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, Current Research*. / Formatex Research Center, Spain. – 2010. – pp. 444-450.
37. Gyawali R., Adkins A., Minor R.C., Ibrahim S.A. Behavior and changes in cell morphology of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid medium and skim milk in the presence of caffeine. // *CyTA–J. Food*. – 2014. – № 12. – pp. 235-241.
38. Kanatt S.R., Ramesh C., Sharma A. Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products. // *Int. J. Food Sci. Technol.* – 2010. – № 45. – pp. 216-222.
39. Li M. Effects of bacteriophage on the quality and shelf life of *Paralichthys olivaceus* during chilled storage. / Li M. et al. // *J. Sci. Food Agric.* – 2014. – № 94. – pp. 1657-1662.

40. Nithya V., Murthy K., Halami P.M. Development and application of active films for food packaging using antibacterial peptide of *Bacillus licheniformis*. // *Me1 J. Appl. Microbiol.* – 2013. – № 115. – pp. 475-483.
41. Cao R., Xue C.H., Liu Q. Changes in microbial flora of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. // *Int. J. Food Microbiol.* – 2009. – № 131. – pp. 272-276.
42. Davidson P.M., Zivanovic S. The use of natural antimicrobials. / Zeuthen P., Bogh-Sorensen L. (Eds.), *Food Preservation Techniques.* / Woodhead Publishing Ltd., Cambridge. – 2003. – pp. 5-30.
43. Weber G., Steenson L., Delves-Broughton J. Antimicrobial fermentate technology / Havkin-Frenkel D. (Ed.), *Proceedings of the Second International Symposium on Natural Preservatives in Food, Feed, and Cosmetics.* / Acta Hort, International Society for Horticultural Science, Amsterdam. – 2008. – pp. 79-83.
44. Kupke T., Gotz F. Expression, purification, and characterization of EpiC, an enzyme involved in the biosynthesis of the lantibiotic epidermin, and sequence analysis of *Staphylococcus epidermidis* EpiC mutants. // *J. Bacteriol.* – 1996. – № 178/ – pp. 1335-1340.
45. Sobrino-Lopez A., Martin-Belloso O. Enhancing the lethal effect of high-intensity pulsed electric field in milk by antimicrobial compounds as combined hurdles. // *J. Dairy Sci.* – 2008. – № 91. – pp. 1759-1768.
46. Gálvez A., Abriouel H., López R.L., Omar N.B. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation *Int. J. Food Microbiol.* – 2007. – № 120. – pp. 51-70.
47. Plaza M. Screening for bioactive compounds from algae. / Plaza M. et al. // *J. Pharm. Biomed. Anal.* – 2010. – № 51. – pp. 450-455.
48. Abdu-Ilah Al-Saif N.N., Abdel-Raouf N., El-Wazanani H.A., Arefb I.A. Antibacterial substances from marine algae isolated from Jeddah coast of Red sea, Saudi Arabia // *J. Biol. Sci.* – 2014. – № 21. – pp. 57-64.
49. Cao R., Xue C.H., Liu Q. Changes in microbial flora of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. // *Int. J. Food Microbiol.* – 2009. – № 131. – pp. 272-276.
50. Jang S., Shin Y.J., Song K.B. Effect of rapeseed proteinegelatin film containing grapefruit seed extract on 'Maehyang' strawberry quality. // *Int. J. Food Sci. Technol.* – 2011. – № 46. – pp. 620-625.
51. Ce N., Norena C.P., Brandelli A. Antimicrobial activity of chitosan films containing nisin, peptide P34, and natamycin. // *CyTA-J. Food.* – 2012. – № 10. – pp. 21-26.
52. Jridi M. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin chitosan composite edible films. / Jridi M. et al. // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2014. – № 67. – pp. 373-379.
53. Gutiérrez L. Evaluation of antimicrobial active packaging to increase shelf life of gluten free sliced bread / Gutiérrez L. et al. // *Packag. Technol. Sci.* – 2011. – № 24. – pp. 485-494.
54. Rodoni L. M. UV-C treatments extend the shelf life of fresh-cut peppers by delaying pectin solubilization and inducing local accumulation of phenolics / Rodoni L. M. et al. // *LWT – Food Science and Technology.* – 2015. – № 63. – R. 408-414.
55. Balciunas E. M. Novel biotechnological applications of bacteriocins: A review. / Balciunas E. M. et al. // *Food Control.* – 2013. – № 32. – R. 134-142.