

УДК: 634.635:635.1

Разработка сводной матрицы биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов в системе «производство – транспортирование – хранение – реализация»: обзор предметного поля

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

Т. В. Першакова, Г. А. Купин, Т. А. Яковлева, С. М. Горлов, В. Н. Алёшин, М. В. Бабакина

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Першакова Татьяна Викторовна

Адрес: 350072, Краснодарский край, город Краснодар, улица Тополиная аллея, д.2
E-mail: 7999997@inbox.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Першакова, Т. В., Купин, Г. А., Яковлева, Т. В., Горлов, С. М., Алёшин, В. Н., & Бабакина, М. В. (2022). Разработка сводной матрицы биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов в системе «производство – транспортирование – хранение – реализация»: обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 52 – 65. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.299>

ПОСТУПИЛА: 17.03.2022

ПРИНЯТА: 02.10.2022

ОПУБЛИКОВАНА: 14.10.2022

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение. Обеспечение населения плодовоовощной продукцией обеспечивается эффективной организацией её производства, сбора, транспортирования, хранения и реализации. Снижение качества и количественные потери обуславливаются как естественными причинами (особенности сорта, степень зрелости, старение, физиологические процессы и т.д.), так и воздействием внешних факторов. В настоящее время, несмотря на значительное количество исследований в сфере эффективных технологий хранения, вопрос сохранения качества и снижения потерь не рассматривается как комплекс взаимосвязанных этапов и звеньев: выбор сорта с генетически обусловленной лёжкостью, агротехнические приёмы в процессе выращивания, организация сбора, транспортирования, хранения и реализация конечному потребителю. При этом биотехнологические подходы для решения задач повышения лёжкости на всех этапах по сравнению с традиционными методами являются более экономичными и экологичными.

Цель. Актуализация направления дальнейших исследований в сфере повышения лёжкости продукции растениеводства, формирование сводной матрицы биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов на всех этапах системы «производство – транспортирование – хранение – реализация» на основе определения основных этапов, элементов и угроз, приводящих к потерям и снижению качества.

Материалы и методы. Для проведения исследования был осуществлён поиск релевантных в контексте исследования источников в базах данных РИНЦ, Web of Science, Scopus, PATENTSCOPE; проведён обзор научных статей, монографий, материалов конференций, авторефератов диссертаций, патентов, опубликованных на русском и иностранных языках в профильных рецензируемых журналах, посвящённых тематике обеспечения сохранения качества и снижения потерь продукции растениеводства.

Результаты. В результате проведённого анализа впервые была сформирована сводная матрица биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь на всех этапах системы «производство – транспортирование – хранение – реализация», применение которой позволит сформировать актуальные направления исследований и в дальнейшем разработать алгоритмы повышения лёжкости для различных видов фруктов и овощей.

Выводы. Формой внедрения полученных результатов станут регламенты, технические условия, технологические инструкции, обеспечивающие снижение потерь и увеличение сроков хранения продукции растениеводства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

овощи, фрукты, производство, лёжкость, сбор, транспортирование, биотехнологии, снижение потерь, подготовка к хранению, технологии хранения

Development of a Summary Matrix of Biologization of the Processes of Quality Formation and Prevention of Losses of Vegetables and Fruits in the System "Production – Transportation – Storage – Sale": Scoping Review

Krasnodar Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing - branch of FSBSO "North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture & Viniculture"

Tatiana V. Pershakova, Grigory A. Kupin, Tatyana V. Yakovleva, Sergey M. Gorlov, Vladimir N. Alyoshin, Maria V. Babakina

CORRESPONDENCE:

Tatiana V. Pershakova

2, Topolinaya alleya str., Krasnodar, 350072, Russian Federation
E-mail: 7999997@inbox.ru

FOR CITATIONS:

Pershakova, T. V., Kupin, G. A., Yakovleva, T. V., Gorlov, S. M., Aleshin, V. N., & Babakina, M. V. (2022). Development of a Summary Matrix of Biologization of the Processes of Quality Formation and Prevention of Losses of Vegetables and Fruits in the System "Production – Transportation – Storage – Sale": Scoping Review. *Storage and processing of Farm Products*, (4), 52–65. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.299>

RECEIVED: 17.05.2022

ACCEPTED: 02.10.2022

PUBLISHED: 14.10.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background. Providing the population with fruit and vegetable products is ensured by the effective organization of its production, collection, transportation, storage and sale. The decline in quality and quantitative losses are caused by both natural causes (varietal characteristics, degree of maturity, aging, physiological processes, etc.) and the influence of external factors. At present, despite a significant amount of research in the field of efficient storage technologies, the issue of maintaining quality and reducing losses is not considered as a complex of interrelated stages and links: the choice of a variety with a genetically determined keeping quality, agricultural practices in the growing process, organization of collection, transportation, storage and sale to the end user. At the same time, biotechnological approaches to solving the problems of increasing quality at all stages are more economical and environmentally friendly compared to traditional methods.

Purpose. Actualization of the direction of further research in the field of increasing the keeping quality of crop products, the formation of a summary matrix of biologization of the processes of formation of quality and prevention of losses of vegetables and fruits at all stages of the system "production - transportation - storage - sale" based on the definition of the main stages, elements and threats leading to losses and declining quality.

Materials and methods. To conduct the study, a search was made for sources relevant in the context of the study in the databases of the RSCI, Web of Science, Scopus, PATENTSCOPE; a review of scientific articles, monographs, conference materials, abstracts of dissertations, patents published in Russian and foreign languages in specialized peer-reviewed journals devoted to the subject of ensuring the preservation of quality and reducing losses in crop production was carried out.

Results. As a result of the analysis, for the first time, a summary matrix of biologization of the processes of quality formation and loss prevention was formed at all stages of the "production – transportation – storage – sale" system, the use of which will allow the formation of relevant research areas and further development of algorithms for increasing the keeping quality for various types of fruits and vegetables.

Conclusions. The form of implementation of the obtained results will be regulations, technical conditions, technological instructions that reduce losses and increase the shelf life of crop products.

KEYWORDS

vegetables, fruits, production, keeping quality, collection, transportation, biotechnologies, loss reduction, preparation for storage, storage technologies

ВВЕДЕНИЕ

Биологическая и питательная ценность свежих овощей и фруктов обеспечивает им высокую популярность среди потребителей во всем мире, является причиной постоянного роста потребления и, как следствие, обуславливает проведение значительного количества фундаментальных и прикладных исследований в сфере их эффективного выращивания, транспортирования, хранения и реализации (Jaiswal, 2020; Kapp, & Summer, 2019). Качество свежих овощей и фруктов быстро ухудшается на всех этапах от поля до конечного потребителя, что приводит к сокращению срока годности, снижению пищевой и экономической ценности в связи с чем, обеспечение лёжкости является основной проблемой, решение которой позволит обеспечить население высококачественной продукцией (Zhang et al., 2021; Zhang & Jiang, 2019).

В настоящее время для сохранения качества и снижения потерь продукции растениеводства традиционно применяют физические, химические и биотехнологические способы. Основным способом сохранения качества и снижения потерь продукции растениеводства является холодильное хранение. При организации холодильного хранения учитывают вид, сорт, условия выращивания, степень зрелости, количественные и качественные показатели микрофлоры, наличие признаков физиологических заболеваний и механических повреждений и др. (Ma et al., 2017).

При этом необходимо контролировать процессы, приводящие к потере влаги, и развитие психрофильных микроорганизмов. Повысить эффективность хранения возможно: регулируя параметры газовой среды (например, соотношение кислорода и углекислого газа), в которой находятся растительные объекты, изменяя давление, регулируя относительную влажность воздуха, применяя дезинфицирующие агенты, такие как озон (Rico et al., 2006).

Ещё одним способом сохранения качества и снижения потерь является индукция собственной резистентности — активизации естественных защитных свойств за счёт определённого химического (Wang et al., 2021; Алёшин и соавт., 2018), биологического (Li et al., 2021; Chen et al., 2020) или физического (Zhang et al., 2021; Forges et al., 2018) и физического — (Finnegan & O'Beirne, 2015) воздействия,

обеспечивая увеличение активности защитных ферментов и накопление антимикробных веществ.

При этом, в качестве индукторов резистентности применяют нетоксичные вещества, обработку ЭМП КНЧ, которые не оказывают прямого воздействия на фитопатогены, но всё же повышают устойчивость растительного сырья при хранении.

Значительную эффективность показывает использование различных видов упаковок и покрытий, обеспечивающих как регулирование атмосферы, так и оказывающих антимикробное действие (Mantilla et al., 2013).

Не смотря на значительное количество проведенных исследований в сфере обеспечения снижения потерь и увеличения сроков хранения продукции растениеводства основе изучения физических, химических и биотехнологических механизмов процессов, протекающих при хранении, не предусмотрен комплексный подход к формированию лёжкости на всех этапах жизненного цикла продукции растениеводства, начиная от выбора сортов с генетически обусловленной лёжкостью, решения вопросов, обеспечивающих качество продукции в процессе выращивания, сбора урожая, транспортирования, подготовки к хранению, хранения, подготовки к реализации и непосредственно реализации. При этом, биотехнологические подходы для решения задач повышения лёжкости на всех этапах системы производства и реализации продукции растениеводства являются более производительными, экологичными и не требуют применения химических реагентов, загрязняющих окружающую среду, обеспечивают снижение энергоёмкости и др. В связи с этим, актуально структурирование системы производства овощей и фруктов, выявление всех этапов, элементов, угроз, приводящих к потерям и снижению качества продукции.

Целью данной статьи является актуализация направления дальнейших исследований в сфере повышения лёжкости продукции растениеводства, формирование сводной матрицы биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов на всех этапах системы «производство — транспортирование — хранение — реализация» на основе определения основных этапов, элементов и угроз, приводящих к потерям и снижению качества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Базы данных

Для проведения исследования в период с июня 2021 по апрель 2022 года был осуществлён поиск релевантных в контексте исследования источников в базах данных РИНЦ, Web of Science, Scopus, базе данных патентной информации PATENTSCOPE.

Критерии включения и исключения источников

Анализировались статьи, монографии, материалы конференций, авторефераты диссертаций, патенты, опубликованные за последние 10 лет на русском и английском языках в профильных рецензируемых журналах, посвященных тематике исследования. Были также проанализированы некоторые опубликованные ранее источники, если они представляли интерес по исследуемым вопросам. Также большое внимание уделялось изучению нормативно-правовых актов, проанализированы действующие Указы президента Российской Федерации, приказы Министерства здравоохранения Российской Федерации, государственная программа развития сельского хозяйства, Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации и др.

Для отбора источников использовались ключевые слова: овощи, фрукты, производство, лёжка, сбор, транспортирование, биотехнологии, снижение потерь, подготовка к хранению, технологии хранения

Поисковые запросы формулировались следующим образом: зависимость лёжки продукции растениеводства от ее вида и сорта; влияние условий выращивания, степени зрелости, микробиологических, физиологических заболеваний, способов обработки и сбора на качество продукции и величину потерь в процессе хранения; влияние способов транспортирования, приёмы и методы подготовки к хранению; способы и методы хранения продукции растениеводства, обеспечивавших снижение потерь и увеличение срока хранения;

технологии подготовки к реализации, обеспечивающие сохранение качества и снижения потерь.

Анализ данных. Полученные данные формировались в таблицы, в которых по вертикали были размещены этапы формирования лежкоспособности фруктов и овощей, а по горизонтали — факторы, оказывающие влияние на лежкоспособность на данном этапе.

Процедура исследования. на первом этапе выявлялись и ранжировались по степени изученности и значимости факторы влияющие на лежкоспособность фруктов и овощей; на втором этапе были сформулированы и систематизированы научно-технические проблемы в сфере обеспечения лежкоспособности продукции растениеводства; на третьем этапе систематизированы основные этапы и элементы, обеспечивающие функционирование системы «производство — сбор — заготовка — транспортирование хранение — реализация», риски, приводящие к количественным и качественным потерям; на четвертом этапе была составлена сводная матрица биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов .

РЕЗУЛЬТАТЫ

В разделе представлены результаты анализа выявленных и ранжированных по степени изученности и значимости факторов влияющие на сохранение качества и снижения потерь продукции растениеводства; приведена систематизация научно-технических проблем, требующих новых биотехнологических решений; сформулированы и систематизированы в виде таблицы основные этапы и элементы, обеспечивающие функционирование системы «производство — сбор — заготовка — транспортирование хранение — реализация фруктов и овощей», риски, приводящие к количественным и качественным потерям; приведена составленная авторами сводная матрица биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь.

Генеральная Ассамблея ООН провозгласила 2021 год Международным годом овощей и фруктов¹.

¹ Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей № 70/1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. (2021). https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf

Овощи и фрукты крайне важны в питании человека и продовольственной безопасности, но, несмотря на питательную и функциональную ценность, потребление их на душу населения на 20–50 % ниже, чем предусмотрено «Рекомендациями по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания», утверждённым Минздравом России в 2016 году². Однако благодаря комплексу государственных мер в России прослеживаются положительные тенденции в балансе их ресурсов и использования, доля импорта постепенно снижается³.

Глобальной проблемой, приводящей к недостаточному потреблению овощей и фруктов, являются высокие потери на всех этапах их производства, транспортирования, хранения и реализации. По сравнению с другими видами сельскохозяйственной продукции, доля потерь продукции растениеводства значительна. Потери достигают 30–35% от общего количества произведённых продуктов питания (до 1,3 млрд. тонн в год), в том числе теряется значительная часть произведённой растительной продукции^{4,5,6,7}.

Внедрение инноваций, передовых технологий, в том числе и в производстве и хранении продукции растениеводства — важная составляющая национального набора показателей ЦУР (целей устойчивого развития), определённых Указом Президента от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»⁸. По срав-

нению с другими отраслями доля инновационных продуктов и степень влияния результатов инноваций в растениеводстве достаточно низка⁹.

В программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на период 2021–2030 гг. по направлению 4.4.1. «Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции» определены приоритетные направления, которые предусматривают исследования в области разработки методологических решений по трансформации растительного сырья, интеграцию различных процессов, глобальный контроль пищевых систем на основе цифровизации, разработку технико-конструктивных принципов формирования пищевых систем¹⁰.

При этом главной проблемой, которую приходится решать является сохранение снижения потерь продукции растениеводства на всех этапах системы производство — транспортирование — хранение — реализация.

Цель функционирования такой системы — обеспечение оптимально распределённого по времени доведения продукции растениеводства до конечных потребителей с минимальными потерями и максимальным сохранением качественных показателей.

Определяющим фактором для успешного хранения плодоовощной продукции является качество исходного сырья (Першакова и соавт., 2016). Формирование качества овощей и фруктов, обладающих высокой лёжкостью, происходит на этапе

² Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/>

³ Россия и мир: Продовольствие. <https://wtmoscow.ru/services/internationalpartnership/analytics/rossiya-i-mir-prodovolstvie/>

⁴ Global food losses and food waste. food and agriculture organization of the United Nations. (2011). <http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>

⁵ Продовольственные потери и пищевые отходы в контексте устойчивых продовольственных систем: Доклад Группы экспертов высокого уровня по вопросам продовольственной безопасности и питания Комитета по всемирной продовольственной безопасности. (2014). <http://www.fao.org/3/a-i3901r.pdf>

⁶ О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. (2018). М.: Минприроды России.

⁷ Продовольственные потери и органические отходы на потребительском рынке Российской Федерации: Доклад. (2019). М.: Центр развития потребительского рынка Московской школы управления «Сколково».

⁸ Указ президента РФ № 204. (2018). О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года. <https://base.garant.ru/71937200/>

⁹ Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/

¹⁰ Распоряжение Правительства РФ № 3684-Р. (2020). Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы). <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400070256/>

их производства. На этом этапе возникают научно-практические проблемы, которые в процессе анализа отечественных и зарубежных источников научно-технической информации, результатов собственных исследований, экспертных интервью с руководителями и специалистами предприятий сферы производства и транспортировки, оптовой и розничной торговли, научно-производственных организаций были систематизированы в научно-технические проблемы, требующие новых биотехнологических решений.

На этапе производства:

- появление новых и интродуцированных сортов и, в связи с этим, неудачный выбор сорто-подвойных комбинации, не обеспечивающих лёжкость продукции растениеводства;
- ошибки в определении съёмной степени зрелости, отсутствие эффективных методов её определения для новых и интродуцированных сортов;
- адаптация фитопатогенов к применяемым традиционным химическим и биологическим средствам защиты, увеличение вредоносности, расширение видовой структуры;
- стрессовые проявления климатических условий, влияющих на формирование показателей качества и, как следствие, лёжкость продукции (стихийные бедствия, изменение климата, антропогенные, температурные, водные, CO₂-стрессы, состояние почвы);
- ошибки в агротехнических и биологических приёмах управления гормональным, энергетическим, минеральным, антиоксидантным, водным, световым балансами, ростовыми процессами, нагрузкой, урожаем, качеством цветковых почек, цветков, листьев, плодов, корневой системы, защитой растений, приводящие впоследствии к снижению лёжкости (Гудковский и соавт., 2019; Gudkovskii et al., 2020).

На этапе сбора и транспортирования:

- механические воздействия на продукцию растениеводства при возделывании, уборке и транспортировке, вызывающие повреждения, провоцирующие поражение объектов хранения патогенными микроорганизмами;
- невозможность обеспечить оптимальные абиотические параметры в процессе транспортировки (Gamboa-Gomez et al., 2017; Wiczkowski et al., 2015).

В связи с этим была сформулирована фундаментальная научно-техническая проблема: раскрытие биотехнологических механизмов формирования качества овощей и фруктов в процессе их производства с целью управления лёжкостью.

В рамках решения обозначенной научной проблемы исследователи ориентируются на:

- изучение закономерности формирования биохимических и технологических показателей, характеризующих съёмную степень зрелости новых и интродуцированных сортов;
- изучение зависимости лёжкости от сорта и степени зрелости;
- выявление механизмов формирования устойчивости овощей и фруктов к физиологическим и микробиологическим заболеваниям с учётом адаптации фитопатогенов к традиционным химическим и биологическим средствам защиты, увеличения вредоносности, расширения видовой структуры.

В частности, решается фундаментальная научная задача: раскрытие биотехнологических механизмов формирования лёжкости фруктов и овощей.

Исследуемая подсистема агропромышленного комплекса представляет собой совокупность процессов, включающих такие этапы, как производство, сбор, сортировка, транспортирование, хранение, предпродажная подготовка, реализация. Исследуемые процессы протекают на предприятиях, осуществляющих производство, сбор, заготовку, транспортировку хранения, оптовую и розничную торговлю.

В таблице 1 приведены основные этапы и элементы, обеспечивающие функционирование системы «производство – сбор – заготовка – транспортирование хранения – реализация», риски, приводящие к количественным и качественным потерям.

Основные факторы риска на этапах производства и сбора урожая – неблагоприятные климатические явления, чрезвычайные ситуации, несоблюдение регламентов. Значительные расстояния до мест хранения увеличивают потери из-за сопутствующих рисков при транспортировке, отсутствия необходимой инфраструктуры на протяжении маршрута. Неотъемлемой составляющей потерь (до 5%) являются общепроизводственные потери – есте-

Таблица 1

Этапы, элементы и угрозы, приводящие к потерям и снижению качества продукции в системе «производство – сбор – заготовка – транспортирование хранение – реализация».

Этапы	Элементы	Угрозы, приводящие к потерям и снижению качества продукции
Производство	Подготовка почвы. Подготовка саженцев (семян к посадке). Посадка (посев). Уход, полив, подкормка. Борьба с вредителями, сорняками, болезнями	Заболевания растений. Климатические явления. Поражение вредителями. Нерациональное применение средств защиты и удобрений. Применение неэффективных технических средств. Хищения. Отсутствие современных ирригационных систем
Уборка	Оценка степени зрелости, обеспечивающей лёжкость при хранении. Предварительная обработка.	Отсутствие соответствующих технических средств. Технический сбой. Человеческий фактор. Климатические явления
Сортировка	Оценка физиолого-биохимического состояния продукции с учётом агротехнических и экологических факторов (вид, сорт, калибр, окраска, степень зрелости, сроки уборки, фитосанитарное состояние, наличие, поражённых плодов, наличие органического, микробиологического или биологического загрязнения, минеральный, биохимический состав). Упаковывание, предварительное складирование	Отсутствие соответствующих технических средств. Технический сбой. Человеческий фактор
Транспортирование	Погрузка, транспортирование, разгрузка. Определение условий транспортирования	Длительное время транспортирования. Аварийные ситуации. Использование непригодного транспорта. Неблагоприятные погодные условия. Нарушение санитарно-гигиенических норм

ственная убыль, утрата части сырья в результате отделения нетоварных элементов (очистка) и удаления излишков влаги (усушка). На всех этапах большую роль играют технические сбои и человеческий фактор – ошибки или недоработки персонала приводят вне зависимости от технологического уровня применяемых технологий и оборудования (Kleter & Marvin, 2009; Vieira et al., 2021; Zhang et al., 2021; Sidione et al., 2020).

В связи с этим сформированы научно-практические задачи, решение которых с применением биотехнологических методов и способов, позволит сократить количественные и качественные поте-

ри во всех звеньях товаропроводящей цепочки – от производства до потребления:

- обеспечение сохранения качества, снижение потерь и увеличение срока хранения овощей и фруктов за счёт отбора сортов с высокой биологически обусловленной лёжкостью; определение оптимальных сроков съёма (уборки);
- разработка стратегии хранения на основе прогноза лёжкости по каждому генотипу;
- скрининг эффективных штаммов-антагонистов для разработки биологизированных технологий, разработка систем защиты на основе использования биорациональных химических и биологических фунгицидов.

Угрозы продовольственных потерь и снижения качества овощей и фруктов сопровождают всю цепочку — производство, сбор, транспортировка, хранение, реализация. При этом нейтрализовать эти угрозы возможно без применения химических реагентов, которые способны загрязнять окружающую

среду, нетоксичными и продуктивными биотехнологиями (Kusznierewicz et al., 2008; Lung et al., 2005).

В Таблице 2 приведена сводная матрица биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов.

Таблица 2

Сводная матрица биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов

Имеющиеся научно-практические проблемы	Научно-практические задачи	Биотехнологические методы, способы, формы решения научно-технических проблем и задач	Предложения и разработки
Стрессовые проявления климатических условий (стихийные бедствия, глобальное изменение климата, антропогенные, температурные, водные, CO ₂ -стрессы, состояние почвы), влияющих на формирование показателей качества и, как следствие, лёжкость продукции растениеводства	Нейтрализация влияния стрессовых климатических условий	Разработка стратегии хранения на основе анализ стрессовых факторов предуборочного периода	Технологии хранения продукции растениеводства. Прогноз лёжкости
Ошибки в агротехнических, биологических приёмах управления гормональным, энергетическим, минеральным, антиоксидантным, водным, световым балансами, ростовыми процессами, нагрузкой урожаем, качеством цветковых почек, цветков, листьев, плодов, корневой системы, защитой растений, приводящие к снижению лёжкости	Оптимизация агротехнологических и биологических приёмов, обеспечивающая повышение лёжкости продукции	Разработка биотехнологических приёмов управления качеством продукции растениеводства в процессе выращивания. Обеспечение качественного посадочного материала	Технологии биологизированной защиты. Биотехнологические приёмы регулирования функциональной активности почвенной биоты. Рекомендации по применению препаратов биологического синтеза для проведения обработок. Рекомендации по применению сидератов. Технологии хранения посадочного материала
Неудачный выбор сорто-подвойных комбинации, не обеспечивающих лёжкость продукции растениеводства	Обеспечение лёжкости продукции с учётом особенностей генотипа	Разработка стратегии хранения на основе прогноза лёжкости по каждому генотипу	Прогноз лёжкости. Графики реализации
Адаптация фитопатогенов к применяемым традиционным химическим и биологическим средствам защиты, увеличение вредоносности, расширение видовой структуры и ареала	Контроль распространения и развития заболеваний микробиальной природы	Скрининг эффективных штаммов-антагонистов для разработки биологизированных технологий. Разработка антирезистентных систем защиты на основе использования биорациональных химических и биологических фунгицидов	Новые биопрепараты. Технологии биологизированной защиты
Отсутствие стабильного платежеспособного спроса на биологизированную защиту со стороны производителей сельскохозяйственной продукции	Формирование потребности в применении биологизированных подходов в организации систем хранения	Организация семинаров, презентаций, участие в выставках, конференциях	Программы повышения квалификации. Методические рекомендации

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Целью проделанной работы была систематизация результатов научных исследований, актуальных для реализации прикладных задач, связанных с обеспечением продовольственной безопасности, а именно снижения потерь и обеспечения качества продукции растениеводства в процессе хранения и реализации. Была выдвинута гипотеза о том, что необходим комплексный подход к решению проблемы повышения лёжкости продукции растениеводства в системе «производство — транспортирование — хранение — реализация».

Научные исследования, проведённые в последние годы в этом направлении, позволяют рассматривать проблему производства и доведения продукции растениеводства до потребителя как многофакторную, требующую комплексного подхода. Её основополагающими составляющими являются обеспечение сбалансированного химического состава продукции растениеводства — основного условия устойчивости в процессе хранения (Гудковский и соавт., 2014; Причко & Карпушина, 2010).

Сбалансированность химического состава в значительной мере обеспечивается определением оптимальных сроков сбора урожая. При этом критериями оптимальности могут быть органолептические, физико-химические показатели, степень варьирования которых дифференцируется в зависимости от вида и сорта продукции растениеводства. В связи с этим большое значение имеют результаты исследований по определению критериев съёмной степени зрелости новых и интродуцированных сортов, разработка методик определения съёмной степени зрелости (Причко и соавт., 2019).

Оптимизация агротехнологических и биологических приёмов, обеспечивающая повышение лёжкости продукции, осуществляется на основе обеспечения качественного посадочного материала, применения биотехнологических подходов регулирования функциональной активности почвенной биоты, рациональному применению сидератов.

Применение пестицидов, с одной стороны обеспечивает сохранение урожая в процессе выращивания, с другой создает опасность развития онкологических заболеваний (23 вида широко применяемых пестицидов канцерогенны), вызывают отравления

и гибель людей (ежегодно 30 млн. случаев отравления, в том числе 20 тыс. со смертельным исходом). Применение химических фунгицидов со временем вызывает резистентность у фитопатогенных микроорганизмов.

Альтернативой пестицидам и химическим средствам дезинфекции являются эффективные биопрепараты, действие которых избирательно по отношению к видовому составу патогенов, так и к самим растительным объектам (Davidson & Zivanovic, 2003, Davidson et al., 2013).

Биопрепараты, созданные на основе биоконтрольных штаммов, позволяют обеспечить защиту растений от болезней, вызываемых фитопатогенными микроорганизмами. Такие штаммы, обычно характеризуются быстрым ростом, обеспечивая эффективную конкуренцию за питательные вещества с фитопатогенами. Кроме того, продукты их жизнедеятельности содержат в значительном количестве биостатические вещества, ингибируя развитие микроорганизмов, вызывающих микробиологическую порчу. (Davidson et al., 2013). Кроме того, ряд штаммов, используемых для биоконтроля, вступает в ассоциативный симбиоз с растительным объектом, при этом образуются фунгитоксичные метаболиты, способствующие образованию некрозов в местах развития патогена. Кроме того, происходит образование растительных гормонов, стимулируется индукция собственной резистентности. Установлены факты, того, что ряд биопрепаратов способен сдерживать темпы генетической изменчивости и прогрессивной эволюции патогенов и вредителей в агроценозах (Balciunas et al., 2013).

Значительный результат может быть получен при обработке растений определенными препаратами, на основе метаболитов живых антагонистических культур, являющихся одновременно средствами биологической защиты (Cavaglieri et al., 2005; Punja et al., 2016; Haiyan et al., 2017; Feliziani et al., 2016).

При этом неосведомленность о биологических агентах, сложности в идентификации результатов при изучении влияния биологических препаратов на агроценозы, трудности с регистрацией препаратов создают барьеры для разработки такого рода средств.

На всех этапах системы «производство — транспортирование — хранение — реализация» овощей и фруктов большое значение имеет лояльное и аккуратное обращение, так как при этом возможны механические повреждения поверхности, которые благоприятствуют возникновению микробиологической порчи, что напрямую увеличит потери их хранения.

Механизированная уборка требует направленной селекции сортов, выбора оптимального времени и метеоусловий уборки, обеспечивающих минимальные повреждения и потери. Стабилизация качества продукции в процессе транспортировки достигается за счёт минимизации механических повреждений, применения биопрепаратов, адсорберов этилена, био-упаковок и т.д. (Podsedek, 2007; Kim et al., 2018; Khedher et al., 2019).

Кроме того, для агропромышленного комплекса разработаны эффективные и экономичные технологии хранения и переработки, обеспечивающие снижение потерь до 30%, программные продукты, позволяющие прогнозировать сроки хранения продукции (Jovanovic-Malinovska et al., 2014; Rao et al., 2017).

Актуально формирование модульной системы сохранения продукции растениеводства. Цель функционирования такой системы — обеспечение оптимально распределённого по времени доведения до конечных потребителей с минимальными потерями и максимальным сохранением качественных показателей.

ВЫВОДЫ

Несмотря на значительное количество исследований в сфере повышения качества и снижения потерь продукции растениеводства, отсутствовали комплексные исследования, основанные на выявлении всех этапов, элементов, угроз, приводящих к потерям и снижению качества продукции на всех этапах логистической цепи «производство — транспортирование — хранение — реализация», структурировании этой системы.

В результате проведённого анализа была впервые сформирована сводная матрица биологизации процессов формирования качества и предотвращения потерь овощей и фруктов на всех этапах систе-

мы «производство — транспортирование — хранение — реализация». Применение данной матрицы позволит обеспечить комплексный подход к управлению системой сохранения качества и снижения потерь, что позволит в дальнейшем разработать алгоритмы повышения лёжкости по различным видам фруктов и овощей.

Основными направлениями дальнейших исследований в сфере повышения лёжкости продукции растениеводства являются работы по раскрытию биологических механизмов процессов, обеспечивающих формирование качества и снижение потерь на этапах производства, транспортирования, хранения и реализации; мониторинг и управление процессами, протекающими в биологических объектах хранения на клеточном, тканевом, органном и организменном уровнях; использование живых организмов, их систем, продуктов их жизнедеятельности; скрининг новых активных культур, симбиотических групп микроорганизмов; создание диагностических систем для идентификации фитопатогенов.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Першакова Т. В.: научное руководство исследованием, написание-рецензирование и редактирование рукописи.

Купин Г. А.: проектирование методологии исследования; создание модели исследования

Яковлева Т. В.: проведение исследовательского процесса, в частности сбор данных

Горлов С. М.: проведение исследовательского процесса, в частности, сбор данных

Бабакина М. В.: проведение исследовательского процесса, в частности сбор данных

Алёшин В. Н.: Программное обеспечение, валидация данных, визуализация/представление данных

ЛИТЕРАТУРА

- Алёшин, В. Н., Першакова, Т. В., & Купин, Г. А. (2018). Контроль заболеваний растений за счет индуцированной резистентности с помощью некоторых химических веществ и биоагентов. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 53(5), 113–143. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2018-5-53-113-143>
- Гудковский, В. А., Кладь, А. А., Кожина, Л. В., & Назаров, Ю. Б. (2014). Физиологические и технологические основы управления продуктивностью насаждений и качеством плодов яблони в предуборочный и послеуборочный период. В *Научно-практические основы повышения эффективности садоводства для улучшения структуры питания населения отечественной экологически безопасной плодовоовощной продукцией: Сборник материалов научно-практической конференции* (с. 18–33). Мичуринск: Мичуринск-наукоград РФ.
- Гудковский, В. А., Кожина, Л. В., Назаров Ю. Б., & Гучева Р. Б. (2019). Высокоточные технологии хранения плодов яблони — основа обеспечения их качества (достижения, задачи на перспективу). *Достижения науки и техники АПК*, 33(2), 61–67. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10215>
- Першакова, Т. В., Лисовой, В. В., Купин, Г. А., Алёшин, В. Н., Панасенко, Е. Ю., & Викторова, Е. П. (2016). Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, (116), 205–217.
- Причко, Т. Г., Першакова, Т. В., Казахмедов, Р. Э., Дрофичева, Н. В., Купин, Г. А., Алёшин, В. Н., Горлов, С. М., Лисовой, В. В., Мачнева, И. А., Михайлюта, Л. В., Германова, М. Г., Смелик, Т. Л., Бабакина, М. В., & Магомедова, М. А. (2019). *Выявить закономерности влияния физических, химических и биотехнологических методов воздействия на развитие патогенов при послеуборочных обработках плодового и овощного сырья, технологических режимов хранения и переработки на особенности протекания биохимических и физиологических процессов, позволяющих управлять динамикой изменения качества сырья*. Краснодар: Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия.
- Причко, Т. Г., & Карпушина, М. В. (2010). Новая высокоэффективная технология хранения плодов яблони. В *Высокоточные технологии производства хранения и переработки плодов и ягод: Сборник материалов международной научно-практической конференции* (с. 344–350). Краснодар: ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия.
- Balciunas, E. M., Castillo Martinez, F. A., Todorov, S. D., Gombossy de Melo Franco, B. D., Converti, A., & Pinheiro de Souza Oliveira, R. (2013). Novel biotechnological applications of bacteriocins: A review. *Food Control*, 32(1), 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.025>
- Cavaglieri, L., Orlando, J., Rodriguez, M. I., Chulze, S., & Etcheverry, M. (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level. *Research in Microbiology*, 156(5–6), 748–754. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2005.03.001>
- Chen, C., Cao, Z., Li, J., Tao, C., Feng, Y., & Han, Y. (2020). A novel endophytic strain of *Lactobacillus plantarum* CM-3 with antagonistic activity against *Botrytis cinerea* on strawberry fruit. *Biological Control*, 148, Article 104306. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104306>
- Davidson, P. M., & Zivanovic, S. (2003). The use of natural antimicrobials. In *Food Preservation Techniques* (pp. 5–30). Woodhead Publishing Ltd.: Cambridge. <https://doi.org/10.1533/9781855737143.1.5>
- Davidson, P. M., Critzer, F. J., & Taylor, T. M. (2013). Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 163–190. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182535>
- Feliziani, E., Lichter, A., Smilanick, J. L., & Ippolito, A. (2016). Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.POSTHARV-BIO.2016.04.016>
- Finnegan, E., & O’Beirne, D. (2015). Characterising deterioration patterns in fresh-cut fruit using principal component analysis. II: Effects of ripeness stage, seasonality, processing and packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.009>
- Forges, M. Vâsquez, H., Charles, F., Chabane Sari, D., Urban, L., Lizzi, Y., Bardin, M., & Arrouf, J. (2018). Impact of UV-C radiation on the sensitivity of three strawberry plant cultivars (*Fragaria x ananassa*) against *Botrytis cinerea*. *Scientia Horticulturae*, 240, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.063>
- Gamboa-Gomez, C. I., Simental-Mendia, L. E., Gonzalez-Laredo, R. F., Alcantar-Orozco, E. J., Monserrat-Juarez, V. H., & Ramirez-España, J. C. (2017). In vitro and in vivo assessment of anti-hyperglycemic and antioxidant effects of Oak leaves (*Quercus convallata* and *Quercus arizonica*) infusions and fermented beverages. *Food Research International*, 102, 690–699. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.040>
- Gudkovskii, V. A., Kozhina, L. V., Akimov, M. Y., & Zhidekhina, T. V. (2020). Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticulturae*, 1277, 487–494. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1277.69>
- Haiyan, F., Ru, J., Zhang, Y., Wang, Q., & Li, Y. (2017). Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease. *Microbiological Research*, 199, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.03.004>
- Jovanovic-Malinovska, R., Kuzmanova, S., & Winkelhausen, E. (2014). Oligosaccharide profile in fruits and vegetables as sources of prebiotics and functional foods.

- International Journal of Food Properties*, 17(5), 949–965. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.680221>
- Kapp, J. M., & Summer, W. (2019). Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of Epidemiology*, 30, 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.11.001>
- Khedher, S. B., Kilani-Feki, O., Dammak, M., Khiareddine, Hayfa J. M., Remadi, D., & Tounsi, S. (2019). Efficacy of *Bacillus subtilis* V26 as a biological control agent against *Rhizoctonia solani* on potato. *Comptes Rendus Biologies*, 338(12), 784–792. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2015.09.005>
- Kim, D. H., Kim, H. B., Chung, H. S., & Moon, K. D. (2018). Browning control of fresh-cut lettuce by phytoncide treatment. *Food Chemistry*, 159, 188–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.040>
- Kleter, G. A., & Marvin, H. J. P. (2009). Indicators of emerging hazards and risks to food safety. *Food and Chemical Toxicology*, 47(5), 1022–1039. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.028>
- Kusznierewicz, B., Smiechowska, A., Bartoszek A., & Namiesnik, J. (2008). The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage Barbara. *Food Chemistry*, 108(3), 853–861. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.049>
- Li, X., Jing, T., Zhou, D., Zhang, M., Qi, D., Zang, X., Zhao, Y., Li, K., Tang, W., Chen, Y., Qi, C., Wang, W., & Xie, J. (2021). Biocontrol efficacy and possible mechanism of *Streptomyces* sp. H4 against postharvest anthracnose caused by *Colletotrichum fragariae* on strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 175, Article 111401. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111401>
- Lung, H. M., Cheng, Y.-C., Chang, Y.-H., Huang, H.-W., Yang, B. B., & Wang, C.-Y. (2005). Microbial decontamination of food by electron beam irradiation. *Trends in Food Science & Technology*, 44(1), 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.005>
- Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Gao, Z. (2017). Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 23–38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.005>
- Mantilla, N., Castell-Perez, M. E., Gomes, C., & Moreira, R. G. (2013). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT – Food Science and Technology*, 51(1), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.010>
- Jaiswal, A. (Ed.). (2020). *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*. Elsevier.
- Podsedek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT – Food Science and Technology*, 40(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Punja, Z. K., Rodriguez, G., & Tirajoh A. (2016). Effects of *Bacillus subtilis* strain QST 713 and storage temperatures on post-harvest disease development on greenhouse tomatoes. *Crop Protection*, 84, 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.02.011>
- Rao, S., Kamalnath, M., Umamaheswari, R., Rajinikanth, R., Prabu, P., Priti, K., Grace, G. N., Chaya, M. K., & Gopalakrishnan, C. (2017). *Bacillus subtilis* IHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot. *Scientia Horticulturae*, 218, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.SCIENTA.2017.01.051>
- Rico, D., Martín-Diana, A. B., Frías, J. M., Henehan, G. T. M., & Barry-Ryan, C. (2006). Effect of ozone and calcium lactate treatments on browning and texture properties of fresh-cut lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2179–2188. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2594>
- Sidione, F. dos S., Cardoso, R. de C. V., Borges, Í. M. P., Costal e Almeida, A., Andrade, E. S., Ferreira, I. O., & Ramos, L. C. (2020). Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. *Waste Management*, 101, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.007>
- Vieira, Y. E. M., Bandeira, R.A. de M., & Júnior, O. S. da S. (2021). Multi-depot vehicle routing problem for large scale disaster relief in drought scenarios: The case of the Brazilian northeast region. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 58, Article 102193. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102193>
- Wang, S.-Y., Shi, X.-C., Liu, F.-Q., & Laborda, P. (2021). Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. *Food Chemistry*, 353, Article 129482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129482>
- Wiczowski, W., Szawara-Nowak, D., & Topolska, J. (2015). Changes in the content and composition of anthocyanins in red cabbage and its antioxidant capacity during fermentation, storage and stewing. *Food Chemistry*, 167, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.087>
- Zhang, W., Jiang, H., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.009>
- Zhang, W., & Jiang, W. (2019). UV treatment improved the quality of postharvest fruits and vegetables by inducing resistance. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.012>

REFERENCES

- Aleshin, V. N., Pershakova, T. V., & Kupin, G. A. (2018). Kontrol' zabolevaniy rasteniy za schet indutsirovannoi rezistentnosti s pomoshch'yu nekotorykh khimicheskikh veshchestv i bioagentov [Control of plant diseases due to induced resistance with the help of certain chemicals and bioagents]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii [Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia]*, 53(5), 113–143. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2018-5-53-113-143>
- Gudkovskii, V. A., Klada, A. A., Kozhina, L. V., & Nazarov, Yu. B. (2014). Fiziologicheskie i tekhnologicheskie osnovy upravleniya produktivnost'yu nasazhdenii i kachestvom plodov yabloni v preduborochnyi i posleuborochnyi period [Physiological and technological bases of plant productivity management and apple fruit quality in the pre-harvest and post-harvest period]. In *Nauchno-prakticheskie osnovy povysheniya effektivnosti sadovodstva dlya uluchsheniya struktury pitaniya naseleniya otechestvennoi ekologicheskoi bezopasnoi plodoovoshchnoi produkcii: Sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferentsii [The Scientific and practical foundations of improving the efficiency of horticulture to improve the nutrition structure of the population with domestic environmentally safe fruit and vegetable products: Collection of materials of the scientific and practical conference]* (pp. 18–33). Michurinsk: Michurinsk-naukograd RF.
- Gudkovskii, V. A., Kozhina, L. V., Nazarov Yu. B., & Gucheva R. B. (2019). Vysokotochnye tekhnologii khraneniya plodov yabloni — osnova obespecheniya ikh kachestva (dostizheniya, zadachi na perspektivu) [High-precision apple fruit storage technologies are the basis for ensuring their quality (achievements, tasks for the future)]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of Agriculture]*, 33(2), 61–67. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10215>
- Pershakova, T. V., Lisovoi, V. V., Kupin, G. A., Aleshin, V. N., Panasenko, E. Yu., & Viktorova, E. P. (2016). Sposoby obespecheniya stabil'nogo kachestva rastitel'nogo syr'ya v protsesse khraneniya [Methods of ensuring stable quality of vegetable raw materials during storage]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Polythematic Online Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University]*, (116), 205–217.
- Prichko, T. G., & Karpushina, M. V. (2010). Novaya vysokoeffektivnaya tekhnologiya khraneniya plodov yabloni [A new highly efficient technology for storing apple fruits]. In *Vysokotochnye tekhnologii proizvodstva khraneniya i pererabotki plodov i yagod: Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [High-precision technologies of production, storage and processing of fruits and berries: Collection of materials of the international scientific and practical conference]* (pp. 344–350). Krasnodar: FGBNU Severo-Kavkazskii federal'nyi nauchnyi tsentr sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya.
- Prichko, T. G., Pershakova, T. V., Kazakhmedov, R. E., Droficheva, N. V., Kupin, G. A., Aleshin, V. N., Gorlov, S. M., Lisovoi, V. V., Machneva, I. A., Mikhailuyuta, L. V., Germanova, M. G., Smelik, T. L., Babakina, M. V., & Mago-medova, M. A. (2019). Vyyavit' zakonomernosti vliyaniya fizicheskikh, khimicheskikh i biotekhnologicheskikh metodov vozdeistviya na razvitie patogenov pri posleuborochnykh obrabotkakh plodovogo i ovoshchnogo syr'ya, tekhnologicheskikh rezhimov khraneniya i pererabotki na osobennosti protsevaniya biokhimicheskikh i fiziologicheskikh protsessov, pozvolayushchikh upravlyat' dinamiko izmeneniya kachestva syr'ya [To identify patterns of influence of physical, chemical and biotechnological methods of influence on the development of pathogens during post-harvest processing of fruit and vegetable raw materials, technological modes of storage and processing on the peculiarities of biochemical and physiological processes that allow controlling the dynamics of changes in the quality of raw materials]. Krasnodar: Severo-Kavkazskii federal'nyi nauchnyi tsentr sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya.
- Balciunas, E. M., Castillo Martinez, F. A., Todorov, S. D., Gombossy de Melo Franco, B. D., Converti, A., & Pinheiro de Souza Oliveira, R. (2013). Novel biotechnological applications of bacteriocins: A review. *Food Control*, 32(1), 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.025>
- Cavaglieri, L., Orlando, J., Rodriguez, M. I., Chulze, S., & Etcheverry, M. (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level. *Research in Microbiology*, 156(5–6), 748–754. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2005.03.001>
- Chen, C., Cao, Z., Li, J., Tao, C., Feng, Y., & Han, Y. (2020). A novel endophytic strain of *Lactobacillus plantarum* CM-3 with antagonistic activity against *Botrytis cinerea* on strawberry fruit. *Biological Control*, 148, Article 104306. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104306>
- Davidson, P. M., & Zivanovic, S. (2003). The use of natural antimicrobials. In *Food Preservation Techniques* (pp. 5–30). Woodhead Publishing Ltd.: Cambridge. <https://doi.org/10.1533/9781855737143.1.5>
- Davidson, P. M., Critzer, F. J., & Taylor, T. M. (2013). Naturally occurring antimicrobials for minimally processed foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 163–190. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182535>
- Feliziani, E., Lichter, A., Smilanick, J. L., & Ippolito, A. (2016). Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.POSTHARVBIO.2016.04.016>
- Finnegan, E., & O'Beirne, D. (2015). Characterising deterioration patterns in fresh-cut fruit using principal component analysis. II: Effects of ripeness stage, seasonality, processing and packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.009>
- Forges, M. Vâsquez, H., Charles, F., Chabane Sari, D., Urban, L., Lizzi, Y., Bardin, M., & Aarouf, J. (2018). Impact of UV-C radiation on the sensitivity of three strawberry plant cultivars (*Fragaria x ananassa*) against *Botrytis cinerea*. *Scientia Horticulturae*, 240, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.063>
- Gamboa-Gomez, C. I., Simental-Mendia, L. E., Gonzalez-Laredo, R. F., Alcantar-Orozco, E. J., Monserrat-Juarez, V. H., &

- Ramirez-España, J. C. (2017). In vitro and in vivo assessment of anti-hyperglycemic and antioxidant effects of Oak leaves (*Quercus convallata* and *Quercus arizonica*) infusions and fermented beverages. *Food Research International*, 102, 690–699. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.040>
- Gudkovskii, V. A., Kozhina, L. V., Akimov, M. Y., & Zhidekhina, T. V. (2020). Innovative storage technology of modern commercial black currant cultivars. *Acta Horticulturae*, 1277, 487–494. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1277.69>
- Haiyan, F., Ru, J., Zhang, Y., Wang, Q., & Li, Y. (2017). Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease. *Microbiological Research*, 199, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.03.004>
- Jovanovic-Malinovska, R., Kuzmanova, S., & Winkelhausen, E. (2014). Oligosaccharide profile in fruits and vegetables as sources of prebiotics and functional foods. *International Journal of Food Properties*, 17(5), 949–965. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.680221>
- Kapp, J. M., & Summer, W. (2019). Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of Epidemiology*, 30, 66–70. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.11.001>
- Khedher, S. B., Kilani-Feki, O., Dammak, M., Khiareddine, Hayfa J. M., Remadi, D., & Tounsi, S. (2019). Efficacy of *Bacillus subtilis* V26 as a biological control agent against *Rhizoctonia solani* on potato. *Comptes Rendus Biologies*, 338(12), 784–792. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2015.09.005>
- Kim, D. H., Kim, H. B., Chung, H. S., & Moon, K. D. (2018). Browning control of fresh-cut lettuce by phytoncide treatment. *Food Chemistry*, 159, 188–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.040>
- Kleter, G. A., & Marvin, H. J. P. (2009). Indicators of emerging hazards and risks to food safety. *Food and Chemical Toxicology*, 47(5), 1022–1039. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.028>
- Kusznierewicz, B., Smiechowska, A., Bartoszek A., & Namiesnik, J. (2008). The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage Barbara. *Food Chemistry*, 108(3), 853–861. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.049>
- Li, X., Jing, T., Zhou, D., Zhang, M., Qi, D., Zang, X., Zhao, Y., Li, K., Tang, W., Chen, Y., Qi, C., Wang, W., & Xie, J. (2021). Biocontrol efficacy and possible mechanism of *Streptomyces* sp. H4 against postharvest anthracnose caused by *Colletotrichum fragariae* on strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 175, Article 111401. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111401>
- Lung, H. M., Cheng, Y.-C., Chang, Y.-H., Huang, H.-W., Yang, B. B., & Wang, C.-Y. (2005). Microbial decontamination of food by electron beam irradiation. *Trends in Food Science & Technology*, 44(1), 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.005>
- Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., & Gao, Z. (2017). Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 23–38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.005>
- Mantilla, N., Castell-Perez, M. E., Gomes, C., & Moreira, R. G. (2013). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT – Food Science and Technology*, 51(1), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.010>
- Jaiswal, A. (Ed.). (2020). *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*. Elsevier.
- Podsedek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT – Food Science and Technology*, 40(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Punja, Z. K., Rodriguez, G., & Tirajoh A. (2016). Effects of *Bacillus subtilis* strain QST 713 and storage temperatures on post-harvest disease development on greenhouse tomatoes. *Crop Protection*, 84, 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.02.011>
- Rao, S., Kamalnath, M., Umamaheswari, R., Rajinikanth, R., Prabu, P., Priti, K., Grace, G. N., Chaya, M. K., & Gopalakrishnan, C. (2017). *Bacillus subtilis* IHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot. *Scientia Horticulturae*, 218, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.SCIENTA.2017.01.051>
- Rico, D., Martín-Diana, A. B., Frías, J. M., Henehan, G. T. M., & Barry-Ryan, C. (2006). Effect of ozone and calcium lactate treatments on browning and texture properties of fresh-cut lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2179–2188. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2594>
- Sidione, F. dos S., Cardoso, R. de C. V., Borges, Í. M. P., Costal e Almeida, A., Andrade, E. S., Ferreira, I. O., & Ramos, L. C. (2020). Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. *Waste Management*, 101, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.007>
- Vieira, Y. E. M., Bandeira, R.A. de M., & Júnior, O. S. da S. (2021). Multi-depot vehicle routing problem for large scale disaster relief in drought scenarios: The case of the Brazilian northeast region. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 58, Article 102193. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102193>
- Wang, S.-Y., Shi, X.-C., Liu, F.-Q., & Laborda, P. (2021). Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. *Food Chemistry*, 353, Article 129482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129482>
- Wiczowski, W., Szawara-Nowak, D., & Topolska, J. (2015). Changes in the content and composition of anthocyanins in red cabbage and its antioxidant capacity during fermentation, storage and stewing. *Food Chemistry*, 167, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.087>
- Zhang, W., Jiang, H., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.009>
- Zhang, W., & Jiang, W. (2019). UV treatment improved the quality of postharvest fruits and vegetables by inducing resistance. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.012>