

УДК 664.8/.9

UDC 664.8/.9

DOI 10.30679/2219-5335-2024-2-86-163-187

DOI 10.30679/2219-5335-2024-2-86-163-187

**ХРАНЕНИЕ ТОМАТОВ –
ТРАДИЦИОННЫЕ
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**TOMATO STORAGE –
TRADITIONAL AND PROMISING
TECHNOLOGIES**

Першакова Татьяна Викторовна
д-р техн. наук, доцент
ведущий научный сотрудник
отдела хранения и комплексной
переработки сельскохозяйственного сырья
e-mail: 7999997@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8528-0966>

Pershakova Tatyana Viktorovna
Dr. Sci. Tech., Docent
Leading Research Associate
of Storage and Complex processing
of Agricultural Raw Materials Department
e-mail: 7999997@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8528-0966>

Яковлева Татьяна Викторовна
канд. техн. наук, доцент
старший научный сотрудник
отдела хранения и комплексной
переработки сельскохозяйственного сырья
e-mail: yakovleva_yy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8411-8422>

Yakovleva Tatyana Viktorovna
Candidate of Tech. Sci., Docent
Senior Research Associate
of Storage and Complex Processing
of Agricultural Raw Materials Department
e-mail: yakovleva_yy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8411-8422>

Чернявская Юлия Николаевна
аспирант
младший научный сотрудник
отдела хранения и комплексной
переработки сельскохозяйственного сырья
e-mail: yulya19992011@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-0504-9997>

Chernyavskaya Yulia Nikolaevna
Postgraduate Student
Junior Research Associate
of Storage and Complex Processing
of Agricultural Raw Materials Department
e-mail: yulya19992011@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-0504-9997>

*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 Scientific Research
Institute for Storage and Processing
of Agricultural Products –
branch of the Federal State
Budgetary Scientific Institution
«North Caucasus Federal
Scientific Center for Horticulture,
Viticulture, Winemaking»,
Krasnodar, Russia*

Как известно, томаты содержат в своем составе достаточно большое количество биологически ценных веществ. Потребители отдают предпочтение томатам в свежем виде. Однако, являясь климактерической культурой, томаты во время хранения и созревания отличаются высокой скоростью дыхания и испарения влаги, что приводит

As known, tomatoes contain a fairly large amount of biologically valuable substances in their composition. Consumers prefer tomatoes in fresh form. However, being a climacteric crop, tomatoes differ during storage and maturation by a high rate of respiration and evaporation of moisture,

к снижению ценных питательных веществ, ухудшению качества, перезреванию и быстрому старению, что в результате, снижает товарный вид продукции. Традиционные способы обработки томатов перед хранением не всегда достаточно эффективны для поддержания качества плодов на должном уровне, так как не всегда удается хранить томаты при рекомендуемой пониженной температуре, необходимой относительной влажности воздуха и т.д. Для того, чтобы увеличить продолжительность хранения томатов при сохранении их качества и безопасности, необходим поиск новых, современных методов обработки плодов перед хранением. В связи с этим проведен обзор существующих традиционных технологий, также современных и перспективных приемов и методов подготовки томатов свежих к хранению, способствующих сокращению количественных потерь, сохраняющих качественные характеристики. Наиболее перспективными методами предварительной подготовки томатов к хранению, обеспечивающими на высоком уровне физико-химические, органолептические и микробиологические показатели, безопасность хранящейся продукции являются: обработка ингибиторами биосинтеза этилена и поглотителями этилена, озонирование, модифицированная газовая атмосфера, обработка электрическим полем и ультразвуком, применение биопрепаратов, использование активной упаковки, антимикробных пленкообразующих покрытий и т.д. В статье описаны работы как отечественных, так и иностранных исследователей.

Ключевые слова: ТОМАТЫ СВЕЖИЕ, ОБРАБОТКА, ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ, КАЧЕСТВО

which leads to a decrease in valuable nutrients, deterioration in quality, over-ripening and rapid aging, which as a result reduces the marketable appearance of products. Traditional methods of processing tomatoes before storage are not always effective enough to maintain the quality of tomato fruits at the proper level, since it is not always possible to store tomatoes at the recommended low temperature, the necessary relative humidity, etc. In order to increase the storage time of tomatoes while maintaining their quality and safety, it is necessary to search for new modern methods of fruit processing before storage. In this regard, an overview of existing traditional technologies, as well as modern and promising techniques and methods for preparing fresh tomatoes for storage, contributing to the reduction of quantitative losses, preserving qualitative characteristics, is carried out. The most promising methods of preliminary preparation of tomatoes for storage, providing a high level of physical-chemical, organoleptic and microbiological indicators that ensure the safety of stored products are: treatment with ethylene biosynthesis inhibitors and ethylene absorbers, ozonation, modified gas atmosphere, electric field and ultrasound treatment, the use of biological products, the use of active packaging, antimicrobial film-forming coatings, etc. The article describes the work of both domestic and foreign researchers.

Keywords: FRESH TOMATOES, PROCESSING, STORAGE TECHNOLOGY, QUALITY

Введение. Томаты (*Solanum lycopersicum* L.) относятся к семейству пасленовые, являются культурой, известной и широко культивируемой во всем мире. Томаты обладают уникальным вкусом и высокой питательной

ценностью, содержат в своем составе большое количество биологически ценных веществ (белки, жиры, углеводы, органические кислоты, Na, K, Ca, Mg и т.д.), а также витаминов, например, C, B₁, B₂, PP, K [1-4].

Томаты относятся к овощам климактерического периода, у которых в процессе хранения в определенный период времени усиливается частота дыхания, скорость испарения влаги, выработка этилена, который способствует ускоренному созреванию и старению плодов томата, что приводит к ухудшению качества продукции. Кроме этого, на срок хранения томатов влияют болезни, вызванные жизнедеятельностью патогенных микроорганизмов, грибов, дрожжей, плесеней [5-7].

Для того, чтобы сохранить качество томатов и увеличить срок их хранения, применяют традиционные технологии подготовки томатов.

Следовательно, кроме традиционных методов подготовки томатов к хранению, необходим поиск и разработка современных и перспективных методов и технологий, способствующих сохранению качества томатов во время хранения [8, 9].

Цель работы – определение актуальных направлений исследований в сфере повышения эффективности хранения томатов на основе изучения традиционных и инновационных технологий.

Объекты и методы исследований. В данной работе представлен проведенный нами обзор статей на русском и английском языках с помощью использования баз данных WoS, Scopus, РИНЦ, опубликованных в период с 2019 по 2024 гг. в научных журналах, прошедших рецензирование.

Обсуждение и результаты. Одним из традиционных способов хранения томатов является хранение при низких температурах, параметры которого описаны в ГОСТ 1725-2019 «Томаты свежие для промышленной переработки. Технические условия». Согласно нормативному документу,

помещения для хранения томатов должны быть хорошо вентилируемыми, чистыми, сухими, с отсутствием сельскохозяйственных вредителей, кроме того, не должно быть постороннего запаха.

По степени зрелости томаты подразделяются на зеленые, молочные, бурые, розовые и красные. При зеленой степени зрелости томаты имеют зеленую окраску, полностью сформировавшуюся структуру плода, плотную мякоть, без ослизнения. Цвет плодов молочной степени зрелости – светло-зеленый с беловатым оттенком, цвет мякоти также светло-зеленый, вокруг семян начинаются признаки ослизнения, при этом кожура еще твердая. Томаты с бурой степенью зрелости плотные, глянцевые, цвет поверхности плодов начинает розоветь у вершины, цвет мякоти белесовато-бурый с пятнами, имеющими светло-розовый оттенок, семена полностью ослизнены. При розовой степени зрелости плоды также плотные, их цвет варьирует от светло-розового до ярко-оранжевого, доходя до 50 % желтовато-бурого, при этом мякоть имеет светло-розовую окраску с беловато-бурыми пятнами. Плоды томата при красной степени зрелости обладают плотной структурой и полной биологической зрелостью, половина поверхности плода может иметь более светлый, розоватый или оранжевый оттенок [10].

В ГОСТ 1725-2019 описаны рекомендуемые температуры и продолжительность хранения для томатов различной степени зрелости при показателях относительной влажности воздуха 85-90 %, которые приведены в таблице.

Режимы хранения томатов

Степень зрелости томатов	Температура	Продолжительность хранения, недель
Молочная	11-13 °С	3-4
Бурая	1-2 °С	Не более 4
Розовая	1-2 °С	Не более 4
Красная	0,5-1 °С 10-18 °С	Не более 2 До 1

При разработке современных технологий хранения томатов необходимо учитывать их биологические особенности.

Важную роль при хранении томатов играет этилен (выделяемый растениями газообразный фитогормон), который влияет на качество томатов и их продолжительность хранения. Во время хранения томаты вступают в климактерическую фазу, происходит ускоренная выработка этилена, которая приводит к усиленному дыханию плодов и испарению влаги из тканей, быстрому созреванию и старению, что способствует перезреванию, снижению устойчивости к патогенным микроорганизмам, к размягчению тканей томата. Не в полной мере созревшие томаты имеют низкую интенсивность выделения этилена, но, в свою очередь, более чувствительны к нему, в то время как полностью созревшие томаты являются источником интенсивного выделения этилена [11-14]. Во время хранения томатов в результате действия ферментов пектиноэстеразы и целлюлазы, которые вызывают разложение пектина, происходит размягчение тканей плода, повышается потеря питательных веществ и снижаются качественные характеристики [15, 16]. Овощная продукция подвержена заражению патогенными микроорганизмами, плесенью, дрожжами в течение хранения, вызывающими послеуборочную гниль плодов, порчу, что снижает товарный вид и качество продукции, повышая потери при хранении. Наиболее часто встречаемые болезни томатов – серая гниль, которая является результатом жизнедеятельности такого патогенного грибка, как *Botrytis cinerea*, альтернариозная гниль, вызываемая патогеном *Alternaria alternata*, *Salmonella enterica*, вызывающая сальмонеллез, кишечную палочку, золотистый стафилококк. [17-21]. Кожица плодов томата служит неким барьером для газов, паров воды, предотвращая потерю летучих веществ, создает вокруг оболочки плодов измененную атмосферу, но при этом не в полной мере может сохранить питательные вещества и качественные характеристики томатов, в результате чего сокращается срок хранения томатов [22, 23].

В связи с этим ведется разработка современных технологий хранения томатов с учетом их биологических особенностей во время хранения и созревания по таким направлениям, как физические (низкие температуры, электрическое поле, ультразвук, модифицированная газовая атмосфера (МГА)), химические (озонирование, использование ингибиторов биосинтеза этилена и его поглотителей), биологические (биопрепараты) и совокупность как физических, так и химических (активная упаковка, пленкообразующие антимикробные покрытия) (рис.).

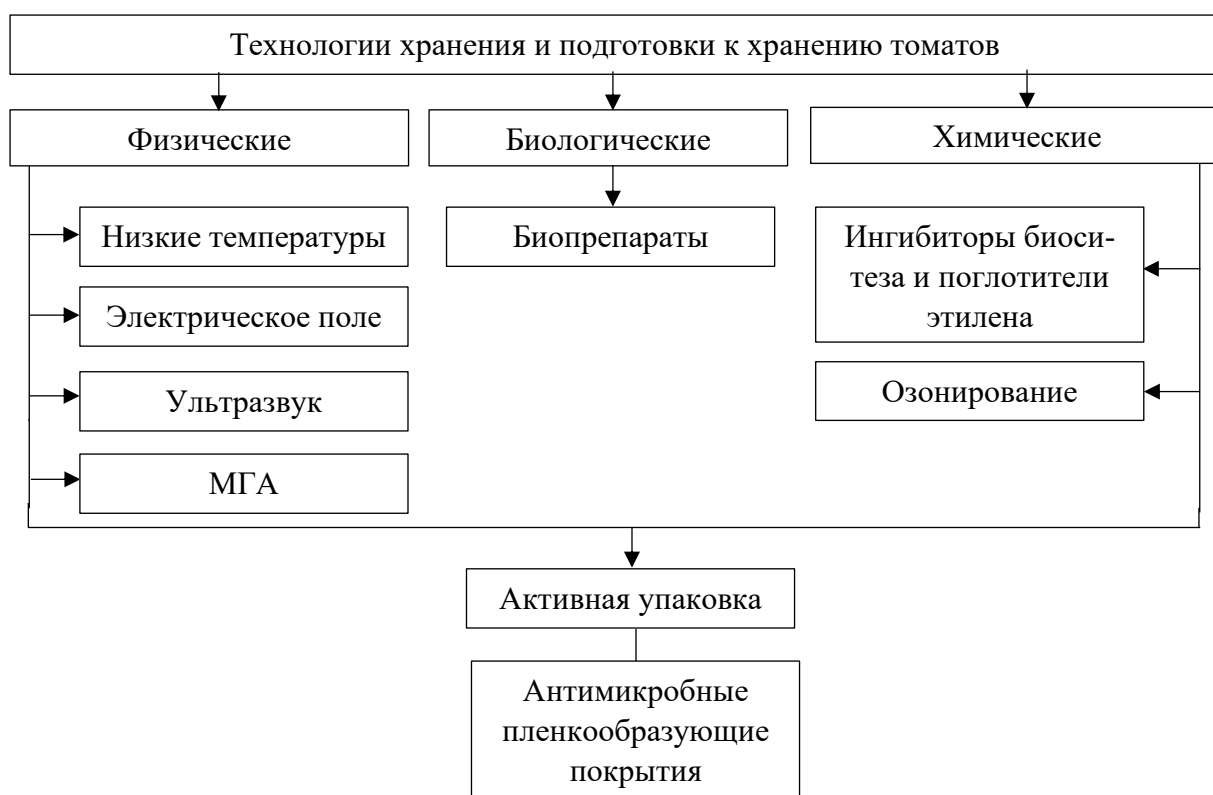


Рис. Классификация технологий хранения томатов

Для увеличения продолжительности хранения томатов используют такие химические способы обработки томатов к хранению, как применение ингибиторов биосинтеза и поглотителей этилена, которые могут контролировать скорость выработки этилена при созревании томатов, а также

озонирование, которое приводит к снижению популяций патогенов, сохраняя качество и безопасность плодов [24-27].

Ниже приведены примеры работ, посвященных разработке и исследованию ингибиторов биосинтеза этилена и его поглотителей.

Zakriya M. и др. исследовали различные поглотители этилена и их влияние на качество плодов томатов при хранении и сохранение питательных веществ в образцах. Состав изучаемых поглотителей этилена: CaCl_2 и KMnO_4 , салициловая кислота и KMnO_4 , CaCl_2 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, салициловая кислота и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Результаты исследования показали, что обработка плодов томата перед хранением поглотителями этилена снизила показатель титруемой кислотности, сохранила содержание в плодах фенолов, флавоноидов, витамина С, лучший эффект действия проявила комбинация CaCl_2 и KMnO_4 , создав наибольшую антиоксидантную активность и продлив продолжительность хранения томатов до 40 дней, качественные характеристики томатов остались на достаточно высоком уровне [28].

В исследовании Назирова Р.М. и др. изучили эффективность действия газообразного ингибитора синтеза этилена – препарата Фитоатака в крайне низких концентрациях, в состав которого входит 1-метилциклопропен (1-МЦП), на качество и срок хранения томатов, данный препарат являет безопасным для здоровья человека и окружающей его среды. 1-МЦП воздействует на замедление выделения не только эндогенного, но и экзогенного, при обработке Фитоатака этилен становится неспособным образовывать активные комплексы, что, в свою очередь, приводит к его бездействию. Исследователями было установлено, что обработка препаратом ингибитора этилена Фитоатака более эффективна при бурой степени зрелости, при этом снижается скорость созревания плодов томатов в 1,5 раза, сокращается поражение плодов патогенными микроорганизмами, грибами, что предотвращает томаты от преждевременного старения и перезревания, увеличивает продолжительность хранения при од-

новременном сохранение физико-химических и органолептических показателей [29].

Wu X. и др. в своей работе изучили воздействие ингибитора этилена на потери влаги плодами томатов и водопроницаемость эпидермиса, на которые влияет кутикула кожицы томатов. В состав кожицы томатов входит кутикула, состоящая из воска и кутина, покрытая слоем эпидермиса, которая играет важную роль, защищая томаты от потерь воды, от механических повреждений, от заражения микроорганизмами, в то же время высокая плотность кожицы ведет к снижению качественных и вкусовых характеристик плодов. Результаты проведенного исследования показали, что обработка томатов ингибитором этилена (1-МЦП) в течение 3 дней способствует активизации образования кутикулы, сокращению потерь воды томатами и потерь веса, сохранению упругости плодов, кроме того, обработка 1-МЦП снизила содержание эндогенного этилена [23].

Несколько ученых исследовали влияние обработки озоном на антибактериальный эффект, качественные характеристики томатов с сохранением органолептических показателей. В первом исследовании использовали обработку газообразным озоном в течение 2,5 и 5 ч при 23 °С, данная обработка снизила популяцию *Escherichia coli* после 2,5 ч, *Listeria monocytogenes* и *Salmonella enterica* после 5 ч обработки. Результаты следующего исследования показывают, что при обработке озоном в течение 10 мин при 20, 35 и 50 ppm сократили очаги микробиологической порчи, увеличив срок хранения на 10 дней. Озонирование проводили 2 ч в день в течение 16 дней на зеленых томатах, в результате, поражение патогенными микроорганизмами снизилось на 14 %, при этом значительного влияния на pH, титруемую кислотность и содержание растворимых сухих веществ не было выявлено [30].

Wang L. и др. провели исследование, целью которого было изучение влияния обработки томатов черри сухим и увлажненным озоном на со-

кращение роста и инактивацию деятельности *Salmonella enterica* и повышение качества томатов. Результаты исследования показали, что обработка озоном в увлажненном виде в течение 1 ч оказывает значительно большее влияние на сокращение микробиологической порчи, вызванной *Salmonella enterica*, что способствует сохранению качества плодов в течение всего срока хранения, увеличивая его продолжительность, в то время как обработанные образцы томатов сухим озоном в течение 1 ч практически не отличались от контрольных образцов [12].

Wang L. и др. провели исследование, в котором изучили влияние кратковременной обработки газообразным озоном высокой концентрации на сокращение популяции *Salmonella enterica*, а также на качество хранящихся томатов черри, их питательные и вкусовые качества.

В ходе исследования было обнаружено, что обработка томатов газообразным озоном высокой концентрации перед хранением снизила очаги возникновения *Salmonella enterica*, но не оказала влияния на плесени и дрожжи, в то же время, применение озона привело к снижению содержания ликопина, аскорбиновой кислоты [17].

Чтобы предотвратить порчу продукции, вызванную патогенами, сохранить качественные характеристики томатов на высоком уровне применяют физические методы предварительной обработки томатов перед хранением (электрическое поле, ультразвук, МГА).

Достаточно большое количество работ представлено по исследованию влияния обработки томатов электрическим полем перед хранением на их качество [31].

Предварительную обработку электрическим полем (постоянного и переменного тока) перед хранением исследовали Chang С.К. и др. [15].

В ходе проведения исследования было обнаружено, что воздействие переменного и постоянного тока обладает эффектом, положительно действующим на сохранность продукции, который ингибирует действие фер-

ментов пектиноэстеразы и целлюлазы, в результате чего снижается частота дыхания и выработка этилена у овощей, замедляются окислительные реакции, протекающие в томатах, снижается скорость разложения тканей плодов. Однако обработка образцов электрическим полем переменного тока продолжительностью 90 и 120 мин более эффективна при сохранении питательных веществ и качества хранящейся продукции. В конце хранения у томатов, обработанных переменным током, была выявлена меньшая потеря аскорбиновой кислоты, веса, плоды практически не потемнели, сохранили целостность тканей, что привело к увеличению продолжительности хранения томатов [15].

Zhao Y. и др. провели исследование, в котором определили влияние обработки высоковольтным электростатическим полем на физико-химические и микробиологические показатели, оказывающие воздействие на сохранность томатов черри в течение хранения. Высоковольтное электростатическое поле является новым методом обработки томатов перед хранением, при этом данный метод обработки обладает широкими перспективами в применении благодаря экологически чистой технологии. В результате проведенного анализа после обработки образцов в течение 0, 30, 60, 90, 120 мин было выявлено, что воздействие высоковольтного электростатического поля привело к более высокой сохранности томатов, при этом снизились показатели потери веса, плоды практически не были подвержены изменению цвета, также данный метод обработки обеспечил целостность и твердость овощей, увеличилось содержание витамина С, повысились антиоксидантные свойства томатов. Кроме того, степень загрязнения патогенными микроорганизмами, соответственно, показатель порчи снизились [32].

Приведены работы по изучению влияния предварительной обработки ультразвуком томатов, влияющей на сохранение твердости тканей плодов, замедление роста и жизнедеятельности патогенов, ингибирование

скорости дыхания и выработку этилена для увеличения срока хранения и сохранения качественных характеристик [33, 34].

Sun X. и др. изучили влияние обработки томатов черри ультразвуком в сочетании с лактатом кальция на качественные характеристики и распределение ионов Ca^{2+} в плодах. Соединение пектина и ионов Ca^{2+} формирует структуру, которая предотвращает размягчение ткани плодов путем ингибирования разложения пектина, происходящее из-за растворения содержащихся в его составе углеводов (арабинозы, рамноза) [16].

Получены результаты исследования, при котором плоды томата погружали в раствор лактата кальция и обрабатывали ультразвуком. Обработка увеличила содержание Ca^{2+} в плодах, что привело к сохранению твердости плодов на достаточно высоком уровне, также в обработанных образцах лучше сохранялось содержание титруемой кислоты, что в итоге привело к ингибированию разложения пектина, снижению потерь массы томатов, лучшей сохраняемости плодов при хранении [16].

В своем исследовании Mustapha A.T. и др. [18] оценили эффективность обработки многочастотным ультразвуком на качественные характеристики томатов черри, а именно: на частоту дыхания, выработку этилена, активность ферментов, состав летучих компонентов, определяющих аромат томатов. Ультразвук – один из новых нетермических методов подготовки томатов к хранению, являющийся экологически чистым и нетоксичным.

Mustapha A.T. и др. получили результаты, в которых сообщается, что предварительная многочастотная ультразвуковая обработка томатов перед хранением привела к замедлению роста и жизнедеятельности патогенов, повышению активности ферментов, ингибированию скорости дыхания и выработки этилена, ко всему этому, дополнительная обработка водным озоном сохранила содержание ароматических летучих соединений, что оказало влияние на запах и вкусовые качества плодов томата, все перечисленные показатели обеспечивают микробиологическую безопасность, со-

хранение качественных свойств томата и поддержание органолептических характеристик [18].

Достаточно большое количество работ посвящено изучению влияния применения МГА для увеличения продолжительности хранения томатов с помощью изменения газового состава атмосферы в упаковке путем естественного дыхания плодов в сочетании с проникновением газов через перфорированную пленку [35, 36].

Tilahun S. и др. исследовали эффект воздействия упаковки с МГА с одновременной обработкой 1-МЦП, а также с высоким содержанием CO_2 на томаты черри для сохранения качественных характеристик и антиоксидантных свойств. Результаты исследования показали, что одновременное применение МГА с 1-МЦП и МГА с повышенным содержанием CO_2 оказали положительное влияние на качество хранящихся плодов томата, при этом сочетание МГА+ CO_2 оказало большее воздействие, чем МГА+1-МЦП, снизилась потеря веса, сохранилась антиоксидантная активность, практически не изменилось содержание титруемой кислотности, растворимых сухих веществ, аскорбиновой кислоты и фенольных соединений в составе томатов, кроме того, оценивая результаты органолептических показателей, можно сказать о сохранении цвета, упругости и твердости образцов, что приводит к увеличению срока хранения томатов [37].

В своей работе Oliveira-Bouzas V. и др. [38] изучили влияние применения упаковки с МГА в поддонах на сохранение качества (физико-химические, органолептические показатели) томатов при хранении с использованием низких температур (6 °C).

Применение МГА увеличило продолжительность хранения томатов, при этом снизилась потеря веса, потеря твердости, произошло ингибирование роста патогенных микроорганизмов, вызывающих гниль томатов, уменьшилась частота дыхания, выработки этилена, скорость созревания,

цвет плодов практически не изменился во время хранения за счет снижения метаболических процессов [38].

Bremenkamp I. и др. исследовали упаковку МГА с одновременной обработкой образцов холодной плазмой (в качестве дезинфекции от загрязнения патогенами) при температурах 10 и 20 °С на качество, безопасность и продолжительность хранения томатов черри.

Исследование показывает, что у обработанных томатов холодной плазмой при хранении в МГА при 10 °С увеличивается срок хранения до 35 дней, а при 20 °С – до 14 дней, при этом снизился рост аэробных микроорганизмов, плесеней и дрожжей, уменьшилась потеря веса плодов, практически не наблюдалось изменение показателя pH и цвета кожицы плодов томата, причем у хранившихся образцов при температуре 10 °С было меньшее изменение цвета [39].

В борьбе с патогенными микроорганизмами применяют различные биологические способы обработки томатов, например, применение биопрепаратов. Результаты работ с использованием биопрепаратов приведены ниже [40, 41].

В исследовании Malika J. и др. [42] изучили действие липопептидов, продуцируемых штаммом *Bacillus altitudinis* TM22A, и их противогрибковый эффект для подавления гнили томатов, вызываемой грибом *Alternaria alternata*. Липопептиды являются биомолекулами, которые нетоксичны для человека и безопасны для окружающей среды.

В данном исследовании было выявлено, что липопептиды, полученные из штамма *Bacillus altitudinis* TM22A, обладают противогрибковым действием против альтернариозной гнили томатов, ингибируя рост мицелия гриба и прорастание спор, при этом снизился очаг и частота поражения, одновременно с этим воздействие липопептидов вызвало активацию таких антиоксидантных ферментов, как каталаза, полифенолоксидаза, пероксидаза, но изменения титруемой кислотности, pH, содержания раство-

римых сухих веществ были незначительными, кроме того, влияние на потерю веса плодов и упругость их тканей также было невелико [42].

Wang P. и др. провели исследование, в котором изучили влияние предварительной обработки фитоцитокином Systemin, который является растительным пептидным гормоном, на устойчивость томатов во время хранения к патогенному грибку *Botrytis cinerea*. Фитоцитокины вырабатываются, когда растение сталкивается с патогенной инфекцией. В результате проведенных исследований была обнаружена значительно повышенная устойчивость томатов к патогенам *Botrytis cinerea*, обработанных в течение 24 часов фитоцитокином Systemin, который способствовал активации ранних иммунных реакций, то есть экспрессии связанных с иммунитетом генов, усилил действие ферментов хитиназы, пероксидазы, сопряженных со стрессом, и выработку активных форм кислорода, что, в конечном итоге, сократило поражение плодов патогенными грибами, повысило качественные характеристики томата во время хранения, снизив при этом экономические потери [43].

Упаковка защищает продукт от различного вида воздействий: света, температуры, влаги и т.д., регулируя при этом частоту дыхания овощей. В процессе хранения соотношение углекислого газа CO_2 и кислорода O_2 играет важную роль в поддержании качества продукции и повышении срока ее хранения, что достигается использованием упаковок из полимерных пленок со специфической проницаемостью. Многие ученые посвятили свои работы изучению применения активной упаковки для томатов [19, 44, 45].

Böhmer-Maas B.W. и др. оценили влияние нановолокон из «zein» (проламин белка кукурузы), этанола и наночастиц диоксида титана TiO_2 , способствующих поглощению этилена во время хранения томатов черри, повышая фотокаталитическую активность. Полученное нановолокно является перспективным биологически активным материалом для активной

упаковки томатов при хранении, повышая сохраняемость и качество плодов. В ходе проведения исследования было выявлено, что диоксид титана уменьшает диаметр нановолокон, снижает концентрацию этилена при воздействии ультрафиолета в результате взаимодействия электронов с этиленом, что приводит к его полной деградации с выделением углекислого газа и воды, таким образом, упаковка для хранения томатов перспективна для применения во время хранения продукции [46].

В своей работе Ramos A.V. и др. изучили совместное влияние холодной плазменной обработки и упаковки в равновесной модифицированной атмосфере на сохраняемость томатов черри во время хранения. Холодная плазма является новым и безопасным методом обработки томатов перед хранением для сокращения роста патогенных микроорганизмов. Одновременное применение упаковки и обработка холодной плазмой сохранили качественные характеристики томатов, наблюдалось снижение роста патогенов (аэробных микроорганизмов, плесени и дрожжей), была установлена значительно меньшая потеря веса, однако при этом не было выявлено различий в цвете плодов в сравнении с необработанными образцами, лучшую сохраняемость показали плоды, хранившиеся при температуре 10 °С, поэтому данный метод обработки может быть использован для увеличения срока хранения томатов в качестве барьерной технологии [47].

В проведенном исследовании Ну J. и др. разработали и оценили действие ультратонкой полимерной пленки высокой селективности на качество томатов черри во время хранения на основе поли-L-молочной кислоты толщиной 15 мкм, обладающей отличными газобарьерными свойствами, имеющей недорогую стоимость и являющейся экологичной. В данном исследовании было выявлено, что высокобарьерная упаковка из полимерной ультратонкой пленки с поли-L-молочной кислотой повышает содержание CO₂ и защищает от действия ультрафиолета, снижая окислительное воздействие на клетки плодов, ингибирует гниение и развитие других бо-

лезней, замедляя созревание и старение томатов, сохраняет ценные питательные вещества, вкусовые качества, в результате чего увеличивается срок хранения, поддерживаются качественные характеристики плодов томата на достаточно высоком уровне [48].

Антимикробные пленкообразующие покрытия являются альтернативным и перспективным методом подготовки томатов к хранению, будучи полупроницаемыми, служат дополнительным барьером для газов и паров воды, предотвращая потерю летучих веществ, создают вокруг оболочки плодов измененную атмосферу, при этом сохраняются питательные вещества, показатели качества и увеличивается срок хранения. В то же время, покрытия являются биоразлагаемыми, съедобными и недорогими. Ниже представлены работы исследователей, посвященных изучению антимикробных пленкообразующих покрытий [49-52].

Liuaab Q. и др. [22] провели исследование, в котором изучили эффективность применения антимикробного пленкообразующего покрытия, составленного из изолята соевого белка с добавлением эфирного масла тимьяна, на физико-химические и органолептические характеристики томатов черри, а также на антибактериальные свойства полученного покрытия. Эфирное масло тимьяна проявляет антиоксидантную активность по отношению к патогенным микроорганизмам, является нетоксичным, безопасным. Изолят соевого белка использовали в качестве каркаса для построения покрытия.

Результаты исследования показали, что пленкообразующее покрытие при добавлении эфирного масла тимьяна проявляет более сильную антимикробную активность к золотистому стафилококку и кишечной палочке на томатах, соответственно, замедляет порчу, гниение и разложение плодов, кроме того, покрытие сохраняет упругость плодов, снижает потерю веса из-за уменьшения частоты дыхания и испарения, что приводит к увеличенному сроку хранения томатов [22].

В своей работе Ahmed M. и др. изучили влияние пленкообразующего покрытия, составленного из биоцеллюлозы, крахмала, альгината натрия и хитозана, на качественные характеристики томата и его продолжительность хранения. Биологическая целлюлоза является высокочистым веществом, хитозан проявляет антибактериальные свойства, а также придает прочность покрытию, альгинат натрия применяют в качестве загустителя и стабилизатора, который защищает от потери влаги и придает антимикробные свойства продукту, при этом сохраняя аромат. Результаты работы показали, что применение антимикробного пленкообразующего покрытия на томатах из биоцеллюлозы, крахмала, альгината натрия и хитозана улучшило твердость, органолептические показатели, была отмечена меньшая потеря титруемой кислотности, аскорбиновой кислоты, растворимых сухих веществ; снижение скорости дыхания и потери влаги, а также микробиологической обсемененности образцов, что увеличило срок хранения томатов [54].

В исследовании Wardak M.H. и др. разработали и оценили влияние пленкообразующего покрытия на основе крахмала в комплексе с лимонной кислотой и нановолокон из целлюлозы, нанесенного методом частичного покрытия, на структурно-механические, физико-химические и органолептические характеристики томатов. Новая технология заключается в нанесении раствора покрытия только на чашечку плода, на которую приходится 92-97 % потерь воды, при этом применяется небольшое количество раствора, которое быстро сохнет, что является преимуществом. Результаты показали, что комплекс крахмала и лимонной кислоты образует более прочную структуру покрытия. Метод нанесения частичного покрытия на чашечки плодов томата является таким же эффективным, как и метод полного покрытия плода [55].

Проведенный обзор позволил сделать вывод о том, что антимикробные пленкообразующие покрытия объединяют достоинства биологиче-

ских, физических и химических способов подготовки томатов к хранению, обладая барьерными свойствами, создавая измененную атмосферу вокруг плода, снижая скорость дыхания и испарения влаги, обладают антимикробными свойствами, препятствуя возникновению микробной порчи, сохраняя физико-химические и органолептические характеристики томатов. Все это позволяет избежать недостатков остальных способов хранения томатов, включая низкую эффективность оборудования, дороговизну, неэкологичность. При этом проблемой является отсутствие эффективных пленкообразующих покрытий отечественного производства.

Выводы. Традиционные технологии подготовки томатов к хранению не всегда могут обеспечить сохранение качества и безопасности хранящейся продукции на высоком уровне из-за отклонения от стандартных параметров и режимов при хранении, ресурсоемкости и неэкологичности. Поэтому необходим поиск современных и перспективных технологий обработки томатов, поддерживающих качественные характеристики плодов, увеличивающих продолжительность хранения, которые являются эффективными, недорогими и безопасными.

Литература

1. Белкина Р.И., Губанова В.М. Стандартизация, подтверждение соответствия и управление качеством продукции растениеводства. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2022. 200 с. EDN: LJSGIE.
2. Курина А.Б., Соловьева А.Е., Храпалова И.А., Артемьева А.М. Биохимический состав плодов томата различной окраски // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25(5). С. 514-527. DOI: 10.18699/VJ21.058.
3. Скорина В.В., Соляник Т.Л. Биохимический состав сортов томата в открытом грунте // Известия ФНЦО. 2019. № 1. С. 157-159. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-1-157-159.
4. Узун И.В. Оценка биохимического состава томатов вишневидного типа с разной окраской плода // Материалы VIII международной научно-практической конференции. Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки. Симферополь, 2023. С. 75. DOI: 10.5281/zenodo.8254499.
5. Иванов В.С., Чагин В.В. Особенности хранения плодов томатов // Сборник IV национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Теория и практика современной аграрной науки. Новосибирск, 2021. С. 100-102. EDN: DUPUWE.

6. Karagiannis E. 1 – Postharvest physiology of climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. In: V. Ziogas, F.J. Corpas (eds). Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Post-Harvest Physiology of Horticultural Crops. Academic Press, 2024. P. 1-21. DOI: 10.1016/B978-0-323-91798-8.00003-5
7. Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Физиологические аспекты созревания и продления срока хранения сочных плодов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. Вып. 4. С. 75-94. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-4-75-94.
8. Бердникова Р.М. Изучение способов длительного хранения свежих томатов // Материалы Международной научно-практической конференции. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству. Ижевск, 2019. Т.1. С. 17-22. EDN: EZHSVH.
9. Мильчакова, А.В., Мазунина, Н.И., Вахрушева, В.К. Особенности хранения томатов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК. Ижевск, 2021. Т. III. С. 159-162. EDN: MCVWUD.
10. ГОСТ 1725-2019. Томаты свежие для промышленной переработки. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 9 с.
11. Повышение устойчивости томатов при хранении / Г.А. Купин, [и др.] Краснодар: Издательский Дом-Юг, 2023. 60 с. EDN: PBDWBO.
12. Wang L., Fan X., Gurtler J. Reduction of *Salmonella enterica* Typhimurium populations and quality of grape tomatoes treated with dry and humidified gaseous ozone // Postharvest Biology and Technology. 2022. Vol. 193. 112061. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2022.112061
13. Visually imperceptible mechanical damage of harvested tomatoes changes ethylene production, color, enzyme activity, and volatile compounds profile / P.C. Sprocgo, et al. // Postharvest Biology and Technology. 2021. Vol. 176. 111503. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111503
14. Пархомук Я.В., Завадская О.В. Качество плодов томата разных сортов в зависимости от степени их зрелости // Сборник материалов всероссийской молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Наука и творчество: вклад молодежи. Махачкала, 2020. С. 129-132. EDN: ZMKLFY.
15. Direct and alternating current electric fields affect pectin esterase and cellulase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage / C.K. Chang, et al. // Postharvest Biology and Technology. 2023. Vol. 205. 112495. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112495
16. Changes of Ca forms and chelate-soluble pectin in cherry tomatoes treated with ultrasound and calcium lactate / X. Sun, et al. // LWT. 2023. Vol. 173. 114393. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.114393
17. Wang L., Fan X., Sokorai K., Sites J. Quality deterioration of grape tomato fruit during storage after treatments with gaseous ozone at conditions that significantly reduced populations of *Salmonella* on stem scar and smooth surface // Food Control. 2019. Vol. 103. P. 9-20. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.03.026
18. Mustapha A.T., Zhou C. Novel assisted/unassisted ultrasound treatment: Effect on respiration rate, ethylene production, enzymes activity, volatile composition, and odor of cherry tomato // LWT. 2021. Vol. 149. 111779. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111779
19. Factors responsible for spoilage, drawbacks of conventional packaging, and advanced packaging systems for tomatoes / S. Khalid, et al. // Journal of Agriculture and Food Research. 2024. Vol. 15. 100962. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100962
20. Смоляная Н.М., Белый А.И., Цапко В.А. Видовой состав основных возбудителей болезней томата // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С. И. Леонтьева. Омск, 2019. С. 482-492. EDN: ZILQTR.

21. Колобов В.А., Потапова И.Н. Вредители и болезни томатов // Мир инноваций. 2022. № 3(22). С. 14-19. EDN: HUFXDI.
22. Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes / Q. Liuab, et al. // LWT. 2024. Vol. 191. 115686. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115686
23. 1-Methylcyclopropene reduces postharvest water loss by modulating cuticle formation in tomato fruit / X. Wu, et al. // Postharvest Biology and Technology. 2023. Vol. 206. 112564. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112564
24. Zhao T., Nakano A., Iwasaki Y. Differences between ethylene emission characteristics of tomato cultivars in tomato production at plant factory // Journal of Agriculture and Food Research. 2021. Vol. 5. 100181. DOI: 10.1016/j.jafr.2021.100181
25. Ethylene inhibitors improve crop productivity by modulating gene expression, antioxidant defense machinery and photosynthetic efficiency of *Solanum lycopersicum* L. cv. Pusa Ruby grown in controlled salinity stress conditions / P. Yadav, et al. // South African Journal of Botany. 2023. Vol. 161. P. 66-77. DOI: 10.1016/j.sajb.2023.07.060
26. Fan X., Sokorai J.B., Gurtler J.B. Advanced oxidation process for the inactivation of *Salmonella typhimurium* on tomatoes by combination of gaseous ozone and aerosolized hydrogen peroxide // International Journal of Food Microbiology. 2020. Vol. 312. 108387. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108387
27. Freitas-Silva O., Trombete F.M., Moreira de Souza A. Chapter 13 - Current development in ozone-based food preservation. In: A.K. Jaiswal, S. Shankar (eds). Food Packaging and Preservation. Academic Press, 2024. P. 235-258. DOI: 10.1016/B978-0-323-90044-7.00013-6
28. Effect of different types of ethylene scavengers used in different combinations, on the post-harvest quality and phytochemicals retention of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) / M. Zakriya, et al. // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2023. Vol. 10. 90. DOI: 10.1186/s40538-023-00465-w.
29. Назирова Р.М., Усмонов Н.Б., Зокиров А. Изучение влияния обработки на сохранность плодовоовощного сырья ингибиторами образования этилена // Вопросы науки и образования. 2019. № 7(53). С. 13-18. EDN: ZDVEIP.
30. Бурак Л.Ч. Современные методы обработки и консервирования плодовоовощного сырья. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 488 с.
31. Razola-Díaz M.C., Tylewicz U., Rocculi P., Verardo V. Chapter Eight – Application of pulsed electric field processing in the food industry. In: S.M. Jafaru, N. Therdtthai (eds). Non-thermal Food Processing Operations. Woodhead publishing, 2023. P. 257-298. DOI: 10.1016/B978-0-12-818717-3.00009-3
32. Postharvest storage properties and quality kinetic models of cherry tomatoes treated by high-voltage electrostatic fields / Y. Zhao, et al. // LWT. 2023. Vol. 176. 114497. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114497
33. Effect of plasma-activated water and buffer solution combined with ultrasound on fungicide degradation and quality of cherry tomato during storage / M. Ali, et al. // Ultrasonics Sonochemistry. 2023. Vol. 97. 106461. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2023.106461
34. Sonozonation: Enhancing the antimicrobial efficiency of aqueous ozone washing techniques on cherry tomato / A.T. Mustapha, et al. // Ultrasonics Sonochemistry. 2020. Vol. 64. 105059. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105059
35. Belay Z.A., Calebb O.J., Linus U. Influence of initial gas modification on physicochemical quality attributes and molecular changes in fresh and fresh-cut fruit during modified atmosphere packaging // Food Packaging and Shelf Life. 2019. Vol. 21. 100359. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.100359

36. Paulsen E., Barrios S., Lema P. Ready-to-eat cherry tomatoes: Passive modified atmosphere packaging conditions for shelf life extension // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 22. 100407. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.100407
37. Modified atmosphere packaging combined with CO₂ and 1-methylcyclopropene prolong the storability and maintain antioxidant properties of cherry tomato / S. Tilahun, et al. // *Scientia Horticulturae*. 2021. Vol. 288. 110401. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110401
38. Oliveira-Bouzas V., Pita-Calvo C., Vázquez-Odériz M.L., Romero-Rodríguez M.Á. Evaluation of a modified atmosphere packaging system in pallets to extend the shelf-life of the stored tomato at cooling temperature // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 364. 130309. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130309
39. Combined effect of plasma treatment and equilibrium modified atmosphere packaging on safety and quality of cherry tomatoes / I. Bremenkamp, et al. // *Future Foods*. 2021. Vol. 3. 100011. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100011
40. Efficacy of *Wickerhamomyces anomalus* in the biocontrol of black spot decay in tomatoes and investigation of the mechanisms involved / M. Zhu, et al. // *Biological Control*. 2023. Vol. 186. 105356. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2023.105356
41. The potentiality of *Wickerhamomyces anomalus* against postharvest black spot disease in cherry tomatoes and insights into the defense mechanisms involved / F.A. Raynaldo, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2024. Vol. 209. 112699. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112699
42. Biocontrol potential of lipopeptides produced by the novel *Bacillus altitudinis* strain TM22A against postharvest *Alternaria* rot of tomato / J. Malika, et al. // *LWT*. 2024. Vol. 191. 115541. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115541
43. The phyto cytokine systemin enhances postharvest tomato fruit resistance to *Botrytis cinerea* / P. Wang, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2024. Vol. 210. 112738. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112738
44. Kim D., Thanakkasaranee S., Leeb K., Sadeghib K. Smart packaging with temperature-dependent gas permeability maintains the quality of cherry tomatoes // *Food Bioscience*. 2021. Vol. 41. 100997. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100997
45. Locali-Pereira A.R., Guazi J.S., Conti-Silva A.C., Nicoletti V.R. Active packaging for postharvest storage of cherry tomatoes: Different strategies for application of microencapsulated essential oil // *Food Packaging and Shelf Life*. 2021. Vol. 29. 100723. DOI: 10.1016/j.fpsl.2021.100723
46. Photocatalytic zein-TiO₂ nanofibers as ethylene absorbers for storage of cherry tomatoes / B.W. Böhmer-Maas, et al. // *Food Packaging and Shelf Life*. 2020. Vol. 24. 100508. DOI: 10.1016/j.fpsl.2020.100508
47. Combined effect of plasma treatment and equilibrium modified atmosphere packaging on safety and quality of cherry tomatoes A.V. Ramos, et al. // *Future Foods*. 2021. Vol. 3. 100011. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100011
48. Towards ductile and high barrier poly (L-lactic acid) ultra-thin packaging film by regulating chain structures for efficient preservation of cherry tomatoes / J. Hu, et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 251. 126335. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126335
49. Synergistic effect of gum Arabic and carboxymethyl cellulose as biocomposite coating delays senescence in stored tomatoes by regulating antioxidants and cell wall degradation / M.S. Shakir, et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 251. 126335. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.01.073
50. Kumar A., Saini C.S. Edible composite bi-layer coating based on whey protein isolate, xanthan gum and clove oil for prolonging shelf life of tomatoes // *Measurement: Food*. 2021. Vol. 2. 100005. DOI: 10.1016/j.meafuo.2021.100005

51. Ghoshal G., Shivani. Thyme essential oil nano-emulsion/Tamarind starch/Whey protein concentrate novel edible films for tomato packaging // Food Control. 2022. Vol. 138. 108990. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.108990
52. Enhancing the functional and physicochemical properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit through polysaccharides edible dipping technique coating under various storage conditions / E. Asiamah, et al. // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2023. Vol. 30. 100373. DOI: 10.1016/j.bcdf.2023.100373
53. A new edible coating of fish gelatin incorporated into açai oil to increase the post-harvest shelf life of tomatoes / A.C. Pereira da Silva, et al. // Food Chemistry. 2024. Vol. 438. 138047. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.138047
54. Ahmed M., Saini P., Iqbal U. Bio cellulose-based edible composite coating for shelf-life extension of tomatoes // Food and Humanity. 2023. Vol. 1. P. 973-984. DOI: 10.1016/j.foohum.2023.08.016
55. Development of edible films and partial coating, a novel coating technique for tomato fruits, using citric acid-crosslinked starch and cellulose nanofiber / M.H. Wardak, et al. // Progress in Organic Coatings. 2024. Vol. 187. 108127. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2023.108127

References

1. Belkina R.I. Gubanova V.M. Standardization, conformity assessment and crop product quality management. Tyumen: GAU of the Northern Urals, 2022. 200 p. EDN: LJSGIE. (in Russian).
2. Kurina A.B., Solovyova A.E., Khrapalova I.A., Artemyeva A.M. Biochemical composition of tomato fruits of various colors // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25(5). P. 514-527. DOI: 10.18699/VJ21.058.
3. Skorina, V.V., Solyanik, T.L. Biochemical composition of tomato varieties grown in the open ground // News of FSVC. 2019. № 1. C. 157-159. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-1-157-159. (in Russian).
4. Uzun I.V. Assessment of biochemical composition of cherry tomatoes with different fruit color // Materials of the VIII International scientific and practical conference. Current state, problems and prospects of agricultural science development. Simferopol, 2023. P. 75. DOI: 10.5281/zenodo.8254499. (in Russian).
5. Ivanov V.S., Chagin V.V. Features of tomato fruit storage // Collection of the IV national (All-Russian) scientific conference with international participation. Theory and practice of modern agrarian science. Novosibirsk, 2021. P. 101-102 EDN: DUPUWE. (in Russian).
6. Karagiannis E. 1 – Postharvest physiology of climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. In: V. Ziogas, F.J. Corpas (eds). Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Post-Harvest Physiology of Horticultural Crops. Academic Press, 2024. P. 1-21. DOI: 10.1016/B978-0-323-91798-8.00003-5
7. Panfilova O.F., Pilshchikova N.V. Physiological aspects of ripening and extending the shelf life of fleshy fruits // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2023. № 4. P. 75-94. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-4-75-94. (in Russian).
8. Berdnikova R.M. Studying methods of long-term storage of fresh tomatoes // Materials of the International scientific and practical conference. Agricultural science – agricultural production. Izhevsk, 2019. Vol.1. P. 17-22. EDN: EZHSVH. (in Russian).
9. Milchakova A.V., Mazunina N.I., Vakhrusheva V.K. Features of tomato storage // Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the Year of Science and Technology in Russia. Technological trends in the sustainable functioning and development of the agro-industrial complex. Izhevsk, 2021. Vol. III. P. 159-162. EDN: MCVWDU. (in Russian).

10. GOST 1725-2019. Fresh tomatoes for industrial processing. Technical specifications. Moscow: Standartinform, 2019. 9 p. (in Russian).
11. Increasing the stability of tomatoes during storage / G.A. Kupin, et al. Krasnodar: Publishing Dom-Yug, 2023. 60 p. EDN: PBDWBO. (in Russian).
12. Wang L., Fan X., Gurtler J. Reduction of *Salmonella enterica* Typhimurium populations and quality of grape tomatoes treated with dry and humidified gaseous ozone // *Postharvest Biology and Technology*. 2022. Vol. 193. 112061. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2022.112061
13. Visually imperceptible mechanical damage of harvested tomatoes changes ethylene production, color, enzyme activity, and volatile compounds profile / P.C. Sprocogo, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2021. Vol. 176. 111503. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111503
14. Parkhomuk Ya.V., Zavadskaya O.V. The quality of tomato fruits of different varieties depending on their degree of maturity // Collection of materials of the All-Russian youth scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. Science and creativity: the contribution of youth. Makhachkala, 2020. P. 129-132. EDN: ZMKLFY. (in Russian).
15. Direct and alternating current electric fields affect pectin esterase and cellulase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage / C.K. Chang, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2023. Vol. 205. 112495. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112495
16. Changes of Ca forms and chelate-soluble pectin in cherry tomatoes treated with ultrasound and calcium lactate / X. Sun, et al. // *LWT*. 2023. Vol. 173. 114393. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.114393
17. Wang L., Fan X., Sokorai K., Sites J. Quality deterioration of grape tomato fruit during storage after treatments with gaseous ozone at conditions that significantly reduced populations of *Salmonella* on stem scar and smooth surface // *Food Control*. 2019. Vol. 103. P. 9-20. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.03.026
18. Mustapha A.T., Zhou C. Novel assisted/unassisted ultrasound treatment: Effect on respiration rate, ethylene production, enzymes activity, volatile composition, and odor of cherry tomato // *LWT*. 2021. Vol. 149. 111779. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111779
19. Factors responsible for spoilage, drawbacks of conventional packaging, and advanced packaging systems for tomatoes / S. Khalid, et al. // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024. Vol. 15. 100962. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100962
20. Smolyanaya N.M., Belyi A.I., Tsapko V.A. Species composition of the main pathogens of tomato diseases // Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of S. I. Leontiev. Omsk, 2019. P. 482-492. EDN: ZILQTR. (in Russian).
21. Kolobov V.A., Potapova I.N. Pests and diseases of tomatoes // *World of innovation*. 2022. № 3(22). P. 14-19. EDN: HUFXDI. (in Russian).
22. Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes / Q. Liuab, et al. // *LWT*. 2024. Vol. 191. 115686. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115686
23. 1-Methylcyclopropene reduces postharvest water loss by modulating cuticle formation in tomato fruit / X. Wu, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2023. Vol. 206. 112564. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112564
24. Zhao T., Nakano A., Iwasaki Y. Differences between ethylene emission characteristics of tomato cultivars in tomato production at plant factory // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2021. Vol. 5. 100181. DOI: 10.1016/j.jafr.2021.100181
25. Ethylene inhibitors improve crop productivity by modulating gene expression, antioxidant defense machinery and photosynthetic efficiency of *Solanum lycopersicum* L. cv. Pusa Ruby grown in controlled salinity stress conditions / P. Yadav, et al. // *South African Journal of Botany*. 2023. Vol. 161. P. 66-77. DOI: 10.1016/j.sajb.2023.07.060

26. Fan X., Sokorai J.B., Gurtler J.B. Advanced oxidation process for the inactivation of *Salmonella typhimurium* on tomatoes by combination of gaseous ozone and aerosolized hydrogen peroxide // *International Journal of Food Microbiology*. 2020. Vol. 312. 108387. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108387
27. Freitas-Silva O., Trombete F.M., Moreira de Souza A. Chapter 13 - Current development in ozone-based food preservation. In: A.K. Jaiswal, S. Shankar (eds). *Food Packaging and Preservation*. Academic Press, 2024. P. 235-258. DOI: 10.1016/B978-0-323-90044-7.00013-6
28. Effect of different types of ethylene scavengers used in different combinations, on the post-harvest quality and phytochemicals retention of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) / M. Zakriya, et al. // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2023. Vol. 10. 90. DOI: 10.1186/s40538-023-00465-w.
29. Nazirova R.M., Usmanov N.B., Zakirov A. Studying the effect of processing on the safety of fruit and vegetable raw materials with ethylene formation inhibitors // *Issues of science and education*. 2019. № 7(53). P. 13-18. EDN: ZDVIP. (in Russian).
30. Burak L.Ch. Modern methods of processing and preserving fruit and vegetable raw materials. St. Petersburg: Lan, 2024. 488 p. (in Russian).
31. Razola-Díaz M.C., Tylewicz U., Rocculi P., Verardo V. Chapter Eight – Application of pulsed electric field processing in the food industry. In: S.M. Jafaru, N. Therdthai (eds). *Non-thermal Food Processing Operations*. Woodhead publishing, 2023. P. 257-298. DOI: 10.1016/B978-0-12-818717-3.00009-3
32. Postharvest storage properties and quality kinetic models of cherry tomatoes treated by high-voltage electrostatic fields / Y. Zhao, et al. // *LWT*. 2023. Vol. 176. 114497. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114497
33. Effect of plasma-activated water and buffer solution combined with ultrasound on fungicide degradation and quality of cherry tomato during storage / M. Ali, et al. // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2023. Vol. 97. 106461. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2023.106461
34. Sonozonation: Enhancing the antimicrobial efficiency of aqueous ozone washing techniques on cherry tomato / A.T. Mustapha, et al. // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. Vol. 64. 105059. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105059
35. Belay Z.A., Calebb O.J., Linus U. Influence of initial gas modification on physicochemical quality attributes and molecular changes in fresh and fresh-cut fruit during modified atmosphere packaging // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 21. 100359. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.100359
36. Paulsen E., Barrios S., Lema P. Ready-to-eat cherry tomatoes: Passive modified atmosphere packaging conditions for shelf life extension // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 22. 100407. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.100407
37. Modified atmosphere packaging combined with CO₂ and 1-methylcyclopropene prolong the storability and maintain antioxidant properties of cherry tomato / S. Tilahun, et al. // *Scientia Horticulturae*. 2021. Vol. 288. 110401. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110401
38. Oliveira-Bouzas V., Pita-Calvo C., Vázquez-Odériz M.L., Romero-Rodríguez M.Á. Evaluation of a modified atmosphere packaging system in pallets to extend the shelf-life of the stored tomato at cooling temperature // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 364. 130309. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130309
39. Combined effect of plasma treatment and equilibrium modified atmosphere packaging on safety and quality of cherry tomatoes / I. Bremenkamp, et al. // *Future Foods*. 2021. Vol. 3. 100011. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100011
40. Efficacy of *Wickerhamomyces anomalus* in the biocontrol of black spot decay in tomatoes and investigation of the mechanisms involved / M. Zhu, et al. // *Biological Control*. 2023. Vol. 186. 105356. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2023.105356

41. The potentiality of *Wickerhamomyces anomalus* against postharvest black spot disease in cherry tomatoes and insights into the defense mechanisms involved / F.A. Raynaldo, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2024. Vol. 209. 112699. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112699
42. Biocontrol potential of lipopeptides produced by the novel *Bacillus altitudinis* strain TM22A against postharvest *Alternaria* rot of tomato / J. Malika, et al. // *LWT*. 2024. Vol. 191. 115541. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115541
43. The phyto cytokine systemin enhances postharvest tomato fruit resistance to *Botrytis cinerea* / P. Wang, et al. // *Postharvest Biology and Technology*. 2024. Vol. 210. 112738. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112738
44. Kim D., Thanakkasaranee S., Leeb K., Sadeghib K. Smart packaging with temperature-dependent gas permeability maintains the quality of cherry tomatoes // *Food Bioscience*. 2021. Vol. 41. 100997. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100997
45. Locali-Pereira A.R., Guazi J.S., Conti-Silva A.C., Nicoletti V.R. Active packaging for postharvest storage of cherry tomatoes: Different strategies for application of micro-encapsulated essential oil // *Food Packaging and Shelf Life*. 2021. Vol. 29. 100723. DOI: 10.1016/j.fpsl.2021.100723
46. Photocatalytic zein-TiO₂ nanofibers as ethylene absorbers for storage of cherry tomatoes / B.W. Böhmer-Maas, et al. // *Food Packaging and Shelf Life*. 2020. Vol. 24. 100508. DOI: 10.1016/j.fpsl.2020.100508
47. Combined effect of plasma treatment and equilibrium modified atmosphere packaging on safety and quality of cherry tomatoes A.V. Ramos, et al. // *Future Foods*. 2021. Vol. 3. 100011. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100011
48. Towards ductile and high barrier poly (L-lactic acid) ultra-thin packaging film by regulating chain structures for efficient preservation of cherry tomatoes / J. Hu, et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 251. 126335. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126335
49. Synergistic effect of gum Arabic and carboxymethyl cellulose as biocomposite coating delays senescence in stored tomatoes by regulating antioxidants and cell wall degradation / M.S. Shakir, et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 251. 126335. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.01.073
50. Kumar A., Saini C.S. Edible composite bi-layer coating based on whey protein isolate, xanthan gum and clove oil for prolonging shelf life of tomatoes // *Measurement: Food*. 2021. Vol. 2. 100005. DOI: 10.1016/j.meaf.2021.100005
51. Ghoshal G., Shivani. Thyme essential oil nano-emulsion/Tamarind starch/Whey protein concentrate novel edible films for tomato packaging // *Food Control*. 2022. Vol. 138. 108990. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.108990
52. Enhancing the functional and physicochemical properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit through polysaccharides edible dipping technique coating under various storage conditions / E. Asiamah, et al. // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2023. Vol. 30. 100373. DOI: 10.1016/j.bcdf.2023.100373
53. A new edible coating of fish gelatin incorporated into açai oil to increase the postharvest shelf life of tomatoes / A.C. Pereira da Silva, et al. // *Food Chemistry*. 2024. Vol. 438. 138047. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.138047
54. Ahmed M., Saini P., Iqbal U. Bio cellulose-based edible composite coating for shelf-life extension of tomatoes // *Food and Humanity*. 2023. Vol. 1. P. 973-984. DOI: 10.1016/j.foohum.2023.08.016
55. Development of edible films and partial coating, a novel coating technique for tomato fruits, using citric acid-crosslinked starch and cellulose nanofiber / M.H. Wardak, et al. // *Progress in Organic Coatings*. 2024. Vol. 187. 108127. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2023.108127