

Изменение показателей качества черешни из Дагестана в зависимости от способов её замораживания, сроков хранения и сортовой принадлежности

Федеральный аграрный научный центр
Республики Дагестан, г. Махачкала,
Российская Федерация

Б. М. Гусейнова

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Батуч Мухтаровна Гусейнова
E-mail: batuch@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гусейнова, Б. М. (2024). Изменение показателей качества черешни из Дагестана в зависимости от способов её замораживания, сроков хранения и сортовой принадлежности. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 32(3), 42–57. <https://doi.org/10.36107/spfp.2024.3.538>

ПОСТУПИЛА: 10.01.2024

ДОРАБОТАНА: 17.08.2024

ПРИНЯТА: 15.09.2024

ОПУБЛИКОВАНА: 30.09.2024

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ «ФАНЦ РД» по теме FNMN-2022-0009 «Создание новых сортообразцов плодовых культур, адаптированных к стрессовым факторам среды, разработка и освоение экологически безопасных и конкурентоспособных систем производства и переработки плодов, овощей и картофеля» (Номер государственной регистрации темы: 122022400196-7).



АННОТАЦИЯ

Введение: Плоды черешни (*Prunus avium* L.) ценятся за богатый нутриентный состав и высокие товарно-потребительские качества, но относятся к скоропортящимся продуктам. В связи с этим разработка научно обоснованной стратегии длительного низкотемпературного хранения черешни без существенного изменения её полезных свойств и способствующей решению проблемы круглогодичного обеспечения населения ею, является актуальной задачей.

Цель: Изучить влияние различных режимов и способов замораживания (замораживание россыпью в воздушной среде (ВС) при $t = -30$; -33 и -35 °C; замораживание погружением в ЖХ при $t = -24$ °C) и сроков холодильного хранения (3, 9 и 12 месяцев) при $t = -24$ °C на сохранность исходных физико-химических и органолептических свойств плодов черешни в сортовом разрезе для разработки системы круглогодичного хранения черешни.

Материалы и методы: Исследовались плоды черешни сортов Валерий Чкалов, Гудзон, Крупноплодная, Полянка, Буйнакская черная, Дагестанка, Жемчужная и Лезгинка, собранные в экспериментальных насаждениях Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур. Содержание пектинов и витамина Р в черешне определяли химическими методами, а потерю сока – по разности массы замороженных и размороженных плодов. Дегустационную оценку давали по 5-ти балльной шкале.

Результаты: Наиболее оптимальными и экономически эффективными способами низкотемпературного консервирования черешни, изучаемых сортов, обеспечивающими хорошую сохранность физико-химических свойств плодов, оказались: замораживание в ВС при $t = -33$ °C и погружением в ЖХ при $t = -24$ °C. Снижение массовых концентраций витамина Р и пектинов в черешне после заморозки в ВС при $t = -33$ °C и погружением в ЖХ при $t = -24$ °C, по сравнению с замораживанием в ВС при $t = -35$ °C, составило 2,2–2,9 %, разница в потере сока 0,3–0,9 %. Сохранность пектинов в плодах после 12 месяцев холодильного хранения зависела от сорта, способов замораживания и составила: 83,7 (Жемчужная) – 89,0 % (Дагестанка) (ВС) и 84,4 (Жемчужная) – 88,2 % (Дагестанка) (ЖХ), а витамина Р 88,6 (Жемчужная) – 92,9 % (Лезгинка) (ВС) и 85,5 (Жемчужная) – 90,8 % (Дагестанка) (ЖХ). К концу эксперимента наиболее высокие общие дегустационные оценки (4,4–4,7 балла) получили плоды черешни сортов Дагестанка, Валерий Чкалов и Лезгинка, оказавшиеся лучшими по влагоудерживающей способности, сохранности витамина Р и пектинов.

Выводы: Полученные данные послужат исходным ориентиром для использования в технологиях низкотемпературного консервирования черешни с учетом сортовых особенностей и с позиции сохранения на хорошем уровне ее исходных физико-химических и органолептических характеристик.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

черешня (*Prunus avium* L.); сорт черешни; показатели качества; низкотемпературное замораживание; методы и режимы замораживания; холодильное хранение черешни

Change in the Quality Indicators of Sweet Cherries from Dagestan Depending on Its Freezing Methods, Shelf life and Variability

Dagestan Agriculture Science Center,
Makhachkala, Russian Federation

Batuch M. Guseynova

CORRESPONDENCE:

Batuch M. Guseynova

E-mail: batuch@yandex.ru

FOR CITATIONS:

Guseynova, B. M. (2024). Change in quality indicators of sweet cherries from Dagestan depending on its freezing methods, shelf life and variability. *Storage and Processing of Farm Products*, 32(3), 42–57.
<https://doi.org/10.36107/spfp.2024.3.538>

RECEIVED: 10.01.2024

REVISED: 17.08.2024

ACCEPTED: 15.09.2024

PUBLISHED: 30.09.2024

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.

FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment according to the thematic plan of the Federal Agriculture Research Center of the Republic of Dagestan on the topic FNMN-2022-0009 «The creation of new varieties of fruit crops adapted to environmental stressors, development and implementation of environmentally friendly and competitive systems for the production and processing of fruits, vegetables and potatoes» (Topic state registration number: 122022400196-7)

ABSTRACT

Background: Sweet cherries (*Prunus avium* L.) are valued for their rich nutrient composition and high consumer qualities. As they are perishable products, it is urgent to develop a scientifically based strategy for the long-term low-temperature storage of sweet cherries without a significant change in their useful properties and contribute to solving the problem of the year-round provision of the population with it.

Purpose: To study the effect of various freezing modes and methods (freezing in bulk in the AE at $t = -30$; -33 and -35 °C; freezing by immersion in LC at $t = -24$ °C) and the periods of refrigeration storage (3, 9 and 12 months) at $t = -24$ °C on the preservation of initial physicochemical and organoleptic properties of sweet cherry fruits in varietal section for the development of a system of year-round sweet cherry storage.

Materials and Methods: Sweet cherry fruits of varieties Bujnaskaja chernaja, Valerij Chkalov, Gudzon, Dagestanka, Zhemchuzhnaja, Krupnoplodnaja, Lezginka and Poljanka, collected in the experimental plantings of the Dagestan selection experimental station of fruit crops, were studied. The content of pectins and vitamin P in sweet cherries was determined by chemical methods, and the loss of juice was determined by the difference in mass of frozen and defrosted fruits. The tasting score was given on a 5-point scale.

Results: The most optimal and cost-effective methods of low-temperature preservation of the studied varieties of sweet cherries, ensuring good preservation of the physicochemical properties of fruits, appeared to be freezing in the AE at $t = -33$ °C and immersion in LC at $t = -24$ °C. The decrease in mass concentrations of vitamin P and pectin substances in fruits after their freezing in the AE at $t = -33$ °C and immersion in LC at $t = -24$ °C compared to the frozen in the AE at $t = -35$ °C was 2.2–2.9%, while the difference in juice loss was – 0.3–0.9%. The preservation of pectins in fruits by the end of 12 months of cold storage depended on the variety and methods of freezing and amounted to: 83.7 (Pearl) – 89.0% (Dagestanka) (AE) and 84.4 (Zhemchuzhnaja) – 88.2% (Dagestanka) (LC), and vitamin P – 88.6 (Zhemchuzhnaja) – 92.9% (Lezginka) (AE) and 85.5 (Zhemchuzhnaja) – 90.8% (Dagestanka) (LC). By the end of the experiment, the highest overall tasting ratings (4.4–4.7 points) were received by Dagestanka, Valerij Chkalov and Lezginka sweet cherries varieties. They were also the best in terms of moisture retention, the preservation of vitamin P and pectins.

Conclusion: The obtained data will serve as a reference point for the use in low-temperature preservation technologies for sweet cherries, taking into account varietal characteristics and from the standpoint of preserving its original physicochemical and organoleptic characteristics at a good level.

KEYWORDS

sweet cherries (*Prunus avium* L.); sweet cherry variety; quality characteristics; low-temperature freezing; freezing methods and modes; refrigeration storage of sweet cherries



ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наблюдается возросший интерес к продуктам питания, которые, помимо выполнения основных питательных функций, содержат высокие уровни антиоксидантов, фитонцидов, витаминов, минеральных веществ, иммуномодуляторов и других биологически активных компонентов. Этот тренд обусловлен нарастающей физиологической потребностью организма современного человека в микронутриентах, что связано с несбалансированным рационом питания, ухудшением экологических условий, ростом нервно-эмоциональных нагрузок и изменением ритма жизни (Коденцова и др., 2020; Тутельян и др., 2020; Johnson-Down et al., 2019; Tam et al., 2020).

Флодоовощное сырье представляет собой важнейший источник биологически активных соединений и характеризуется сложным химическим составом, включающим витамины, минералы и другие полезные вещества, влияющие на органолептические качества и общее состояние организма (Праскова и др., 2021; Yeung et al., 2019; Акимов, 2020; Гусейнова & Мусаева, 2023). Регулярное употребление растительной пищи в достаточных количествах способно снижать риск развития алиментарно-зависимых заболеваний, таких как сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и онкологические болезни (Chareonrungrueangchai et al., 2020; Сметнева и др., 2020; Zurbau et al., 2020).

Согласно рекомендациям Пирамиды здорового питания, в ежедневный рацион человека должно входить не менее 400 г фруктов и овощей. Достижение уровня потребления свыше 800 г в сутки могло бы предотвратить до 7,8 млн случаев преждевременной смерти в мире (Aune et al., 2017). Однако в ряде стран Европы, включая Россию, фактическое потребление растительных продуктов ниже 400 г в сутки, а в некоторых регионах эта цифра составляет менее 300 г (Bacchetti et al., 2019). Согласно современным требованиям здорового питания в России, годовая норма потребления фруктов и ягод должна составлять 100 кг на одного человека, однако, по данным Росстата, в 2022 году фактическое

потребление составляло лишь 63 % от медицинской нормы¹.

Черешня (*Prunus avium* L.) занимает особое место среди плодово-ягодных культур благодаря своим ранним срокам созревания, высоким вкусовым и питательным свойствам, что делает ее популярной среди потребителей. По данным Минсельхозпрода Республики Дагестан, черешневые сады занимают около 1000 га и дают ежегодный урожай в пределах 2,5–3 тыс. тонн. Удельный вес черешни среди косточковых культур Дагестана составляет 12 %. Плоды черешни известны своим высоким антиоксидантным потенциалом и противовоспалительными свойствами, обусловленными содержанием витаминов С и Р, полифенолов и антоцианов. Концентрация витамина С может достигать 6–8 мг %, а в некоторых сортах — до 12,5 мг %, содержание витамина Р варьируется от 30,9 до 126,0 мг % (Быкова и др., 2017; Причко & Алехина, 2018; Заремук & Доля, 2021; Гусейнова & Мусаева, 2023). Содержание фенольных соединений колеблется от 10,0 до 323,5 мг %, что придает плодам выраженные антиоксидантные свойства (Ballistreri et al., 2013). Черешня также содержит значительное количество пектинов (до 0,7 %) и минеральных веществ, включая соли калия, кальция, магния и железа. Высокое содержание железа делает черешню эффективным продуктом при железодефицитной анемии, а способность к накоплению йода способствует ее использованию при заболеваниях щитовидной железы (Киселева и др., 2007). Низкий гликемический индекс черешни делает ее подходящей для диетического питания, включая диабетические рационы (Причко & Алехина, 2018; Заремук & Доля, 2021; Гусейнова & Мусаева, 2023).

Одним из основных ограничений использования черешни в течение всего года является ее требовательность к условиям хранения. Замораживание является самым распространенным и эффективным методом сохранения качества, снижения потерь и продления срока потребления плодово-овощной продукции (Vaishali et al., 2020; Yashmita & Pradeep, 2023; Mamatov et al., 2020; Гусейнова и др., 2021; Гусейнова и др., 2022). Мировой объем рынка замороженных фруктов и овощей в 2023 году до-

¹ Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Минздрава России от 19.08.2016 № 614. Законодательство Российской Федерации. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minzdrava-Rossii-ot19.08.2016-N-614>.

стиг 4,31 млрд долларов США, демонстрируя рост на 6,7%. Это требует от ученых создания инновационных, экономически эффективных и высокотехнологичных методов замораживания (Celli et al., 2016). На выбор метода замораживания и его влияние на качество сырья влияют предварительная обработка, сроки и температурные режимы хранения, а также способы дефростации (Simona et al., 2016; Rayman et al., 2020; Гусейнова и др., 2021). Существуют четыре основных способа замораживания: статическая заморозка, шоковая заморозка (IQF), замораживание в жидком хладоносителе и криогенное замораживание (Bilbao-Sainz et al., 2019; Arevström et al., 2019; Celli et al., 2016).

Шоковая заморозка является наиболее эффективной, так как формирует мелкокристаллическую структуру, обеспечивающую сохранность клеточной структуры и физических свойств продукта (Vaishali et al., 2020). Замораживание в жидком хладоносителе позволяет максимально быстро снизить температуру продукта и сохранить его исходные свойства (Simona et al., 2016). Не все сорта подходят для замораживания, так как могут происходить необратимые изменения их свойств, что ухудшает качество после оттаивания (Adkison et al., 2018; Гусейнова и др., 2021).

Цель исследования: изучить влияние различных режимов и способов замораживания и сроков хранения на сохранность физико-химических и органолептических свойств плодов черешни для разработки системы круглогодичного хранения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Изучали черешню восьми сортов (Валерий Чкалов, Гудзон, Крупноплодная, Полянка, Буйнакская черная, Дагестанка, Жемчужная и Лезгинка), выращиваемых в экспериментальных насаждениях Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур. Исследовали физико-химические свойства плодов черешни как в свежем виде, так и после замораживания погружением в ЖХ (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) при $t = -24^\circ\text{C}$; замораживания россыпью в воздушной среде (BC) при $t = -30; -33$ и -35°C ; а также после 3, 9 и 12 месяцев хранения при $t = -22^\circ\text{C}$. Свежие

плоды черешни по качеству и по показателям безопасности для жизни и здоровья человека отвечали требованиям ГОСТ 33801–2016.

Оборудование

При проведении исследований по определению массовой концентрации пектиновых веществ в объектах исследований использовано следующее оборудование: весы лабораторные Ohaus PA2102C (Китай); весы лабораторные CAS MWP MWP-300N (Южная Корея); баня водяная Biosan WB-4MS (Латвия); лабораторный сушильный шкаф Climcontrol ШС 30/250–100-Л Тор (Россия); центрифуга лабораторная ЭКРОС-6914 (Россия); термометр лабораторный ТЛ5 (Россия); плита программируемая ПЛП-03 НПП «Томьяналит» (Россия) и термостат MIR-262 Sanyo (Япония). Фотоэлектрический колориметр «ФЭК-56М» (Россия) применяли при определении в плодах черешни содержания витамина Р.

Методы

Биохимические параметры

Массовую концентрацию пектиновых веществ в плодах черешни сразу после сбора и низкотемпературного замораживания, а также длительного холодильного хранения определяли — титрованием щелочью предварительно выделенных и подготовленных для анализа пектиновых веществ до и после гидролиза, ГОСТ 29059–911; а массовую концентрацию витамина Р — колориметрическим методом с использованием прибора «ФЭК-56М» (Россия).

Сенсорный анализ

Дегустационную оценку замороженной черешни проводили по 5-ти балльной шкале с учетом требований ГОСТ ISO 6658–20163 в помещении без посторонних запахов и хорошо освещенном. Каждый опытный образец оценивался по показателям: внешний вид, цвет, вкус, аромат и консистенция мякоти. На оценку каждого показателя отводилось 5 баллов. Были выведены средние баллы по всем показателям (общие дегустационные оценки): 1,0–2,0 — отход; 2,1–3,4 — непригодны для замораживания; 3,5–3,9 — удовлетворительная пригодность; 4,0–4,4 — хорошая пригодность; 4,5–5,0 — отличная пригодность.

Оценка влагоудерживающей способности замороженных плодов при дефростации

Потерю сока (X, %) замороженными плодами черешни после дефростации определяли по разности массы замороженных и размороженных плодов, выраженной в процентах к исходной массе плода, пользуясь следующей формулой:

$$X = (M1 - M2)/(M1 - M_k) \cdot 100,$$

где M1 — масса замороженных плодов черешни до дефростации, г; M2 — масса замороженных плодов черешни после дефростации, г; M_k — масса косточек плодов черешни, г.

Влагоудерживающую способность (%) определяли, отнимая из 100 % величину показателя потери сока (X, %).

Процедура исследования

Подготовку опытных образцов черешни для проведения научных исследований, направленных на изучение влияния различных способов замораживания, а также сроков холодильного хранения на физико-химические и органолептические показатели качества плодов с учетом их сортовых особенностей, осуществляли следующим образом:

- (1) сортировка, мойка и подсушивание — плоды черешни сортировали, удаляли плодоножки, мыли водопроводной водой и подсушивали;
- (2) замораживание плодов черешни разными способами:
 - (а) погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) — в полистироловые емкости (объем 1000 мл) заливали жидкий хладоноситель (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) при температуре –24 °С, а затем погружали свежие плоды черешни до полного покрытия поверхностного слоя плодов ЖХ, после этого емкости направляли в морозильную камеру RENOVA FC-310S для замораживания при температуре t = –24 °С;
 - (б) в воздушной среде (ВС) — замораживание плодов черешни россыпью (толщина слоя 3–4 см) в низкотемпературном шкафу GRUNLAND T 25/01.1 (Германия) при t = –30 °С; t = –33 °С; t = –35 °С до до-

стижения в центре плода температуры –22 °С, которую определяли полупроводниковым измерителем ИТ-1 со шкалой от t = –190 до +50 °С;

- (3) упаковка плодов черешни замороженных россыпью в воздушной среде (ВС) при t = –33 °С в полиэтиленовые пакеты по 0,5 кг перед отправкой их на хранение при t = –22 °С, а плоды черешни, предварительно замороженные в жидком хладоносителе (ЖХ) при t = –24 °С в полистироловых емкостях, в таком же виде направляли на холодильное хранение;
- (4) хранение замороженных плодов черешни как россыпью в ВС при t = –33 °С, так и погружением в ЖХ при t = –24 °С в холодильной камере RENOVA FC-310S в течение 3, 9 и 12 месяцев при температуре –22 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %;
- (5) замороженные плоды черешни, перед проведением оценки их качества по физико-химическим и органолептическим показателям, оттаивали до достижения в центре плода температуры 4–5 °С.

Анализ данных

Все измерения проводили на трех параллельных выборках для каждой переменной, и результаты исследований были представлены в виде среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего значения ($\pm m$). Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Достоверность полученных отличий устанавливали по t-критерию Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при P ≤ 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сортовые особенности изменения содержания пищевых веществ в плодах черешни при различных режимах и способах замораживания

Важнейшими биохимическими компонентами плодовых культур являются пектиновые вещества, составляющие основу структуры клеточной стенки, которая выполняет формообразовательную функцию, регулирует водообмен. Пектины являются

гидрофильными соединениями, способными адсорбировать пятнадцатикратное по весу количество воды, участвующими в процессе гелеобразования, что увеличивает способность растительной ткани удерживать влагу и повышает обратимость процесса замораживания (Gubanenko et al., 2021). Кроме того, пектины также являются одними из основных компонентов пищи, обладающими протекторным действием по отношению к тяжелым металлам, канцерогенным соединениям и радионуклидам. Поэтому представляло интерес определение содержания пектиновых веществ как в свежих плодах исследуемых сортов черешни, так и после низкотемпературного замораживания и длительного холодильного хранения.

Технологические требования, предъявляемые сортам черешни, предназначенным для переработки и замораживания, предусматривают содержание в её плодах не менее 0,8% пектиновых веществ (Мегердичев, 2003). Этим требованиям отвечало большинство из опытных образцов плодов, за исключением черешни сортов Гудзон и Жемчужная. Наиболее высокие концентрации пектинов определены в плодах сортов Лезгинка (0,97%) и Крупноплодная (0,95%), а наименьшее количество в сорте Гудзон (0,72%). Сортное различие по concentra-

ции пектиновых соединений для черешни исследованных сортов — 1,6 раза (Таблица 1).

При всех примененных способах и температурных режимах замораживания, наблюдалось уменьшение содержания пектинов. Направленность изменения концентрации этих веществ в процессе замораживания у всех сортов черешни оказалась идентичной и не зависела от условий и приемов замораживания. Наибольшие потери пектинов (6,1–10,8%) выявлены при замораживании в ВС морозильной камеры ($t = -30^{\circ}\text{C}$), а наилучшая их сохранность (94,4–96,8%) определена в черешне, замороженной в ВС ($t = -35^{\circ}\text{C}$). В опытных образцах, замороженных погружением в ЖХ ($t = -24^{\circ}\text{C}$), также наблюдалась хорошая сохранность пектинов, что в зависимости от сорта составило 93,4–95,2% от их содержания в свежих плодах.

Черешня входит в десятку продуктов, богатых Р-активными веществами, наряду с лимоном, грейпфрутом, абрикосом, шиповником, чёрной смородиной и т.д. (Ballistreri, 2013; Гусейнова & Мусаева, 2023). Поэтому было интересно изучить влияние различных режимов и способов замораживания на динамику содержания витамина Р в плодах различных сортов черешни, культивируемых в Дагестане. Как

Таблица 1

Изменение содержания пектиновых веществ в плодах черешни, выращиваемой в Дагестане, в процессе замораживания разными способами и температурными режимами

Table 1

Changes in pectin content in sweet cherries grown in Dagestan during freezing using different methods and temperature conditions

Сорт черешни	Массовая концентрация пектиновых веществ в плодах черешни, %				
	Свежие плоды	Замороженные погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$	Замороженные россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$	Замороженные россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$	Замороженные россыпью в ВС при $t = -35^{\circ}\text{C}$
Буйнакская черная	$0,82 \pm 0,013$	$0,78 \pm 0,013$	$0,77 \pm 0,010$	$0,78 \pm 0,009$	$0,79 \pm 0,009$
Валерий Чкалов	$0,87 \pm 0,014$	$0,82 \pm 0,016$	$0,80 \pm 0,011$	$0,83 \pm 0,011$	$0,83 \pm 0,012$
Гудзон	$0,72 \pm 0,009$	$0,68 \pm 0,012$	$0,65 \pm 0,009$	$0,68 \pm 0,008$	$0,69 \pm 0,010$
Дагестанка	$0,90 \pm 0,014$	$0,85 \pm 0,014$	$0,84 \pm 0,015$	$0,86 \pm 0,013$	$0,85 \pm 0,011$
Жемчужная	$0,78 \pm 0,011$	$0,73 \pm 0,012$	$0,72 \pm 0,014$	$0,73 \pm 0,008$	$0,74 \pm 0,012$
Крупноплодная	$0,95 \pm 0,016$	$0,89 \pm 0,015$	$0,87 \pm 0,014$	$0,90 \pm 0,017$	$0,91 \pm 0,016$
Лезгинка	$0,97 \pm 0,017$	$0,92 \pm 0,017$	$0,91 \pm 0,016$	$0,92 \pm 0,017$	$0,94 \pm 0,015$
Полянка	$0,83 \pm 0,013$	$0,79 \pm 0,013$	$0,74 \pm 0,012$	$0,80 \pm 0,015$	$0,80 \pm 0,013$

Таблица 2

Изменение содержания витамина Р в плодах черешни, выращиваемой в Дагестане, в процессе замораживания разными способами и температурными режимами

Table 2

Changes in vitamin P content in sweet cherries grown in Dagestan during freezing using different methods and temperature conditions

Сорт черешни	Массовая концентрация витамина Р в плодах черешни, мг/100 г				
	Свежие плоды	Замороженные погружением в ЖХ при t = –24 °С	Замороженные россыпью в ВС при t = –30 °С	Замороженные россыпью в ВС при t = –33 °С	Замороженные россыпью в ВС при t = –35 °С
Буйнакская черная	50,2 ± 0,87	47,3±0,53	46,3±0,46	47,9±0,64	48,7±0,73
Валерий Чкалов	70,3 ± 0,94	66,2±0,64	64,7±0,77	67,1±0,73	67,8±0,80
Гудзон	89,6 ± 0,96	84,0±0,79	82,1±0,90	83,7±0,90	85,2±0,92
Дагестанка	42,0 ± 0,67	38,6±0,50	38,6±0,44	39,0±0,58	40,2±0,61
Жемчужная	52,0 ± 0,79	48,5±0,55	47,3±0,53	48,3±0,67	49,2±0,66
Крупноплодная	67,1 ± 0,93	62,4±0,71	61,6±0,83	63,5±0,88	64,1±0,90
Лезгинка	54,5 ± 0,86	51,8±0,59	50,6±0,61	52,1±0,65	52,5±0,74
Полянка	51,8 ± 0,78	48,8±0,49	47,8±0,50	49,0±0,60	49,5±0,72

видно из таблицы 2, по массовой концентрации витамина Р свежие плоды существенно отличались друг от друга. Сортовое различие — 2,1 раза. Самое большое количество витамина Р было выявлено в черешне сорта Гудзон (89,6 мг/100г), а наименьшее в сорте Дагестанка (42,0 мг/100 г). Средний показатель Р-витаминности для изученного сорта составил 59,7 мг/100 г.

В процессе низкотемпературного замораживания при примененных способах и температурных режимах во всех опытных образцах черешни наблюдалось уменьшение количества витамина Р (Таблица 2). Также, как и для пектиновых веществ, наилучшая сохранность витамина Р — 93,8–97,0% от содержания в свежих плодах, была обнаружена в черешне, замороженной россыпью в воздушной среде (t = –35 °С), а наихудшая — в пределах 91,0–92,8%, в плодах, подвергнутых низкотемпературной обработке в ВС морозильной камеры при температуре –30 °С.

Снижение массовых концентраций витамина Р в черешне после её шоковой заморозки россыпью в ВС (t = –33 °С) и погружением в ЖХ (t = –24 °С), по сравнению с содержанием этого витамина

в плодах, замороженных в ВС при t = –35 °С, составило в среднем 2,5–3,2% (Таблица 2).

Изменение влагоудерживающей способности плодов черешни при различных режимах и способах замораживания

Одним из показателей, характеризующих пригодность плодовоовощных культур к замораживанию, является влагоудерживающая способность их плодов при дефростации. На этот показатель значительное влияние, наряду с биологическими особенностями сорта (прочность кожицы, консистенция мякоти и соотношения свободной и связанной воды в плодах), оказывают также способы и режимы замораживания, сроки и условия холодильного хранения (Гусейнова и др., 2021).

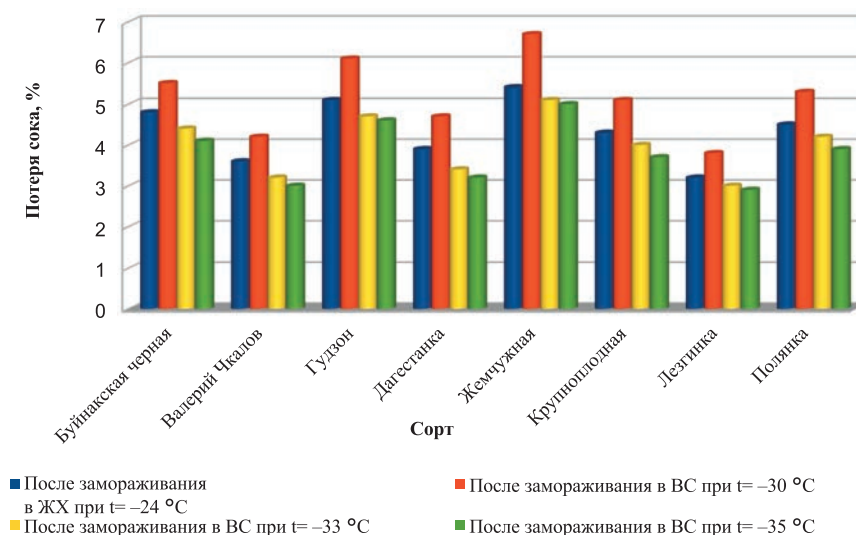
Динамику влагоудерживающей способности плодов наиболее перспективных сортов черешни из Дагестана, в процессе замораживания разными способами и режимами иллюстрирует Рисунок 1. Низкотемпературное замораживание черешни в воздушной среде при t = –33 °С и t = –35 °С, способствовало хорошему сохранению влагоудержи-

Рисунок 1

Потеря сока при дефростации плодов черешни замороженных разными способами

Figure 1

Juice loss during defrosting of sweet cherries frozen using different methods



Примечание. Стандартная ошибка среднего значения для показателя потери сока составила 0,042...0,083 %.

Note. The standard error of the mean for juice loss was 0.042–0.083 %.

вающей способности, соответственно, в зависимости от температурного режима, на уровне 95,3 (Гудзон) — 97,0 % (Лезгинка); 95,0 (Жемчужная) — 97,1 % (Лезгинка). Однако в плодах, замороженных методом погружения в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$, разница в потере сока, по сравнению с плодами, замороженными россыпью в ВС при $t = -35^{\circ}\text{C}$, была незначительной и составила 0,3–0,7 %. Наименьшая влагоудерживающая способность определена у черешни, замороженной в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$. Потеря сока, в зависимости от сорта, варьировалась в пределах 3,8 (Лезгинка) — 6,7 % (Жемчужная).

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что, хотя самая высокая сохранность изученных пищевых веществ и самые незначительные потери сока в процессе дефростации были определены в плодах исследованного сортимен- та черешни после их низкотемпературной обработки при $t = -35^{\circ}\text{C}$, другие примененные способы и режимы замораживания (россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$ и погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$) также обеспечили хорошую стабильность физико-химических показателей плодов. Кроме того, они являются более экономичными по энергоза-

трапам в сравнении с применением $t = -35^{\circ}\text{C}$. Поэтому в следующем этапе исследований, изучающем влияние длительности периода холодильного хранения плодов черешни на их органолептические показатели, сокоудерживающую способность и динамику пищевых веществ в них, заморозку черешни проводили как россыпью в ВС морозильной камеры при $t = -33^{\circ}\text{C}$, так и погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$.

Изменение физико-химических и органолептических показателей качества черешни в процессе длительного холодильного хранения

Пектиновые вещества неоднозначно реагировали на продолжительность холодильного хранения (3, 9 и 12 месяцев) при $t = -22^{\circ}\text{C}$. В начальный период, длившийся в течение трех месяцев, в плодах всех сортов черешни произошло незначительное увеличение их количества, в зависимости от сорта, способов и режимов низкотемпературной обработки — на 3,6–5,0 % (плоды, замороженные россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$) и 4,3–6,1 % (плоды, заморожен-

ные погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$), по сравнению с содержанием пектинов в опытных образцах сразу после замораживания (Таблицы 1 и 3). Последующее хранение черешни при $t = -22^{\circ}\text{C}$ в течение 9 и 12 месяцев привело к снижению концентрации пектинов в ней. К концу 12 месяцев хранения количество пек-

тиновых веществ уменьшилось в среднем на 12,7–13,0%, по сравнению с их содержанием в свежих плодах. Наиболее богатыми пектиновыми веществами (0,80–0,86%), после 12 месяцев холодильного хранения, оказались плоды черешни сортов Дагестанка, Крупноплодная и Лезгинка (Таблица 3).

Таблица 3

Изменение в процессе холодильного хранения ($t = -22^{\circ}\text{C}$) массовых концентраций пектинов и витамина Р в плодах черешни, предварительно замороженных россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$ и погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$

Table 3

Changes in the mass concentrations of pectins and vitamin Р in sweet cherries during cold storage ($t = -22^{\circ}\text{C}$), previously frozen in bulk in the AE at $t = -33^{\circ}\text{C}$ and by immersion in LC at $t = -24^{\circ}\text{C}$

Сорт черешни	Пектиновые вещества, %		Витамин Р, мг/100г	
	замороженные россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$	замороженные погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$	замороженные россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$	замороженные погружением в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$
После 3 месяцев холодильного хранения при $t = -22^{\circ}\text{C}$				
Буйнакская черная	0,81±0,016	0,82±0,017	45,4±0,76	44,7±0,71
Валерий Чкалов	0,86±0,018	0,86±0,016	63,9±0,80	62,9±0,93
Гудзон	0,71±0,014	0,71±0,014	78,2±0,79	78,7±0,60
Дагестанка	0,90±0,015	0,91±0,019	37,3±0,59	37,0±0,66
Жемчужная	0,77±0,014	0,76±0,013	45,2±0,66	45,1±0,75
Крупноплодная	0,94±0,017	0,94±0,016	61,0±0,89	59,7±0,76
Лезгинка	0,96±0,017	0,96±0,018	49,9±0,85	49,3±0,81
Полянка	0,83±0,015	0,84±0,014	46,6±0,72	46,0±0,69
После 9 месяцев холодильного хранения при $t = -22^{\circ}\text{C}$				
Буйнакская черная	0,76±0,015	0,75±0,014	44,3±0,77	43,4±0,63
Валерий Чкалов	0,80±0,016	0,79±0,015	62,3±0,98	61,0±0,79
Гудзон	0,65±0,011	0,65±0,013	76,2±0,75	76,0±0,95
Дагестанка	0,83±0,017	0,82±0,019	36,6±0,69	36,1±0,60
Жемчужная	0,71±0,016	0,71±0,018	43,8±0,73	43,5±0,58
Крупноплодная	0,88±0,018	0,87±0,018	59,8±0,88	58,6±0,39
Лезгинка	0,90±0,018	0,88±0,015	49,4±0,66	48,8±0,42
Полянка	0,78±0,013	0,77±0,012	45,4±0,57	44,9±0,49
После 12 месяцев холодильного хранения при $t = -22^{\circ}\text{C}$				
Буйнакская черная	0,72±0,013	0,72±0,017	43,3±0,69	41,9±0,72
Валерий Чкалов	0,77±0,015	0,76±0,018	60,9±0,77	59,4±0,70
Гудзон	0,62±0,016	0,61±0,013	74,5±0,84	72,3±0,96
Дагестанка	0,80±0,017	0,78±0,013	35,8±0,56	35,0±0,57
Жемчужная	0,65±0,015	0,66±0,012	42,8±0,69	41,5±0,66
Крупноплодная	0,84±0,019	0,83±0,016	58,5±0,71	56,7±0,88
Лезгинка	0,85±0,019	0,86±0,018	48,4±0,70	46,8±0,74
Полянка	0,73±0,016	0,72±0,019	44,4±0,72	43,5±0,69

Согласно Таблице 3, в плодах черешни в течение всего срока их холодного хранения при температуре $t = -22^\circ\text{C}$ произошло стабильное снижение содержания витамина Р. По окончании 3 месячного хранения черешни ($t = -22^\circ\text{C}$), в зависимости от сорта, условий и режимов замораживания, количество витамина Р уменьшилось незначительно — на 4,0–7,1 % от его содержания, определенного в замороженных плодах перед холодильным хранением. При увеличении длительности хранения в черешне усилились процессы деструкции витамина Р. Его содержание в плодах опытных образцов, предварительно замороженных погружением в ЖХ при $t = -24^\circ\text{C}$, через 12 месяцев холодильного хранения, снизилось на 14,1–20,2 %, по сравнению с количеством, определенным в свежей черешни, а в плодах, подвергнутых замораживанию в ВС при $t = -33^\circ\text{C}$, уменьшение массовой концентрации витамина Р составило 11,2–17,7 % (Таблица 3).

Влияние длительности периода холодильного хранения (3, 9 и 12 мес.) при $t = -22^\circ\text{C}$ на влагоудерживающую способность плодов черешни

при дефростации иллюстрируют данные Таблицы 4. С продлением периода хранения черешни наблюдалось снижение влагоудерживающей способности плодов при всех примененных технологических режимах и способах их предварительной заморозки. Минимальные потери клеточного сока в цикле «замораживание-хранение-размораживание» определены у черешни после 3 месяцев холодильного хранения: 4,2–8,4 % (плоды, замороженные погружением в ЖХ) и 3,7–7,8 % (плоды, замороженные россыпью в ВС).

Самая незначительная сокоотдача в течение всего периода холодильного хранения при $t = -22^\circ\text{C}$ наблюдалась у плодов черешни, замороженных в ВС при $t = -33^\circ\text{C}$, но и замораживание погружением в ЖХ при $t = -24^\circ\text{C}$, также обеспечивало хорошую сохранность влагоудерживающей способности — 92,3 (сорт Лезгинка) — 84,9 % (сорт Жемчужная). После 12 месяцев хранения потеря сока в плодах, по сравнению с их сокоотдачей сразу после замораживания, увеличилась в 2,4–2,8 раза в зависимости от сорта, условий и режимов замораживания (Таблица 4).

Таблица 4

Изменение в процессе холодильного хранения ($t = -22^\circ\text{C}$) влагоудерживающей способности плодов черешни, предварительно замороженных россыпью в воздушной среде (ВС) при $t = -33^\circ\text{C}$ и погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) при $t = -24^\circ\text{C}$

Table 4

Changes in the process of refrigeration storage ($t = -22^\circ\text{C}$) of the moisture-holding capacity of sweet cherry fruits, previously frozen in bulk in an air environment (AE) at $t = -33^\circ\text{C}$ and immersion in a liquid coolant (LC) at $t = -24^\circ\text{C}$

Сорт черешни	Потеря сока, %		
	После 3 месяцев хранения при $t = -22^\circ\text{C}$	После 9 месяцев хранения при $t = -22^\circ\text{C}$	После 12 месяцев хранения при $t = -22^\circ\text{C}$
Буйнакская черная	6,3/7,2	9,2/10,7	11,4/13,1
Валерий Чкалов	4,0/4,8	6,1/7,4	7,7/9,2
Гудзон	6,8/7,7	9,8/11,4	12,2/13,9
Дагестанка	4,5/5,4	6,7/8,2	8,4/10,0
Жемчужная	7,8/8,4	11,1/12,4	13,7/15,1
Крупноплодная	5,3/6,1	7,9/9,2	10,3/11,4
Лезгинка	3,7/4,2	5,7/6,1	7,2/7,7
Полянка	6,1/6,6	8,8/9,9	10,9/12,2

Примечание: * потеря сока в процессе хранения плодами черешни, замороженными россыпью в воздушной среде (ВС) при $t = -33^\circ\text{C}$ / ** потеря сока в процессе хранения плодами черешни, замороженными погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) при $t = -24^\circ\text{C}$. Стандартная ошибка среднего значения для показателя потери сока составила 0,035...0,085 %.

Note: *juice loss during storage of sweet cherries frozen in bulk in an air environment (AE) at $t = -33^\circ\text{C}$ / **juice loss during storage of sweet cherries frozen by immersion in a liquid coolant (LC) at $t = -24^\circ\text{C}$. The standard error of the mean for juice loss was 0.035...0.085 %.

Пригодность плодов восьми исследованных сортов черешни к низкотемпературному консервированию по показателю влагоудерживающей способности оценивали с помощью обобщенной функции желательности Харрингтона, где потеря сока: до 5 % — очень хорошая влагоудерживающая способность; 5,1–10 % — хорошая; 10,1–20 % — удовлетворительная; свыше 20 % — исследуемые объекты не пригодны для замораживания (Гусейнова и др., 2021).

В разные группы, сформированные по пригодности к замораживанию, согласно шкале желательности Харрингтона, могут попасть плоды одного и того же сорта черешни, в зависимости от примененных способов и режимов замораживания, а также продолжительности периода холодильного хранения. В нашем эксперименте, например, плоды черешни сортов Буйнакская черная, Крупноплодная и Полянка после замораживания россыпью в ВС при температуре -33°C попали в группу «очень хороших», после 3 и 9 месяцев холодильного хранения ($t = -22^{\circ}\text{C}$) — в группу «хороших», а к концу 12 месяцев хранения черешня этих же сортов оказалась в числе «удовлетворительных» (потеря сока 10,3–11,4 %).

Структура пектиновых веществ и их изменение в процессе замораживания влияют на состав и свойства растительных продуктов (вкус, консистенция), а также на влагоотдачу, что особенно важно при проведении дефростации (Shuhan, et al., 2024). Самые низкие потери клеточного сока, независимо от способа и режимов замораживания, определены в плодах черешни сортов Дагестанка, Валерий Чкалов и Лезгинка, содержащих достаточно большие количества пектиновых соединений — 0,86–0,97 % (Таблицы 1 и 4).

Между содержанием пектиновых веществ и потерей клеточного сока в черешне, после 12 месячного срока её холодного хранения при $t = -22^{\circ}\text{C}$, выявлена тесная обратная корреляция. При этом коэффициенты парной корреляции между этими показателями для черешни, замороженной методом погружения в ЖХ при $t = -24^{\circ}\text{C}$ и россыпью в ВС при $t = -33^{\circ}\text{C}$, составили $r = -0,820$ и $r = -0,770$, соответственно.

Все исследуемые сорта черешни, по влагоудерживающей способности плодов пригодны к низко-

температурному замораживанию и холодильному хранению при температуре $t = -22^{\circ}\text{C}$ в течение разных сроков. По уровню желательности Харрингтона они распределились, в основном, на три группы. Наиболее пригодными к замораживанию и длительному хранению до 12 месяцев оказались плоды сортов: Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов; ко второй группе отнесены плоды черешни сортов Буйнакская черная, Крупноплодная и Полянка, которые рекомендуется хранить до 9 месяцев. В третью группу вошли плоды сортов Жемчужная и Гудзон. Их можно хранить, без значительных изменений исходных свойств, до 3 месяцев.

Хотя при замораживании и длительном холодильном хранении плодов активность, содержащихся в них ферментов, резко снижается, но в процессе размораживания часть окислительно-восстановительных ферментов, не разрушенных морозом, восстанавливает свою активность (Першакова и др., 2022; Гусейнова и др. 2021). Это и вызывает изменение органолептических свойств замороженных плодов. Поэтому, применяя 5-балльную шкалу, давали дегустационную оценку плодам черешни как свежим, так и подвергнутым замораживанию и длительному холодильному хранению.

Все исследованные плоды черешни характеризовались отсутствием несвойственных сортам посторонних привкусов и запахов. К концу эксперимента самые высокие общие дегустационные оценки (4,4–4,7 балла) получили плоды сортов Дагестанка, Валерий Чкалов и Лезгинка, которые оказались лучшими как по влагоудерживающей способности, так и по степени сохранности в них пектинов и витамина Р, рекомендованные по степени устойчивости этих показателей качества для 12 месяцев холодильного хранения при $t = -22^{\circ}\text{C}$ (Таблицы 3 и 4). По результатам дегустации черешни сортов Буйнакская черная, Полянка и Крупноплодная, замороженная погружением в ЖХ, через 12 месяцев хранения при $t = -22^{\circ}\text{C}$ имела общие дегустационные оценки 4,2; 4,1 и 4,2 балла, а замороженная россыпью в ВС — 4,3; 4,2 и 4,3 балла, соответственно. Самые низкие общие дегустационные оценки (3,5–3,8 балла) после 12 месяцев холодильного хранения получили плоды черешни сортов Жемчужная и Гудзон.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования, посвященного влиянию различных технологических режимов и методов замораживания, а также сроков холодильного хранения на физико-химические и органолептические свойства плодов черешни, подтверждаются данными из других научных работ (Simona et al., 2016; Rayman et al., 2020; Sajad et al., 2016; 2020; Гусейнова и др., 2021; Yashmita & Pradeep, 2023). Наши эксперименты показали, что лучшие показатели сохранности биохимического состава, органолептических характеристик и влагоудерживающей способности плодов черешни при дефростации достигаются при использовании шоковой заморозки в воздушной среде при температурах -33°C и -35°C , а также при замораживании методом погружения в жидкий хладоноситель при -24°C . Эти данные согласуются с выводами предыдущих исследований, которые указывают на то, что быстрое замораживание способствует формированию мелкокристаллической структуры, обеспечивающей целостность клеток и тканей, что в свою очередь способствует сохранению исходных физико-химических свойств (Simona et al., 2016; Rayman et al., 2020; Vaishali et al., 2020; Mamatov et al., 2020; Гусейнова и др., 2021; Колодязная и др., 2023).

Анализ также показал, что на сохранность физико-химических и органолептических характеристик черешни значительное влияние оказывают сроки хранения (3, 9 и 12 месяцев при -22°C). Продление сроков хранения приводило к снижению влагоудерживающей способности, уменьшению содержания пектиновых веществ и витамина Р (табл. 3). Эти изменения могут быть объяснены деструктивным действием низких температур на клеточные стенки, восстановлением активности окислительных ферментов при дефростации и потерями сока (Simona et al., 2016; Короткий & Сахабутдинова, 2019; Schudel et al., 2021; Гусейнова и др., 2021; Колодязная и др., 2023). Полученные нами результаты перекликаются с выводами исследований, посвященных пригодности различных плодовоовощных культур к низкотемпературному консервированию и разработке методов их длительного хранения (Adkison et al., 2018; Shuhan et al., 2024).

Недостаток данных в научной литературе о влиянии замораживания и хранения на содержание и структуру пектиновых веществ в плодах и ягодах делает это исследование особенно актуальным. Обнаруженное нами незначительное увеличение содержания пектиновых веществ на начальном этапе хранения (через 3 месяца при -22°C) может быть связано с гидролизом протопектина и переходом его в растворимую форму вследствие деструктивных изменений, вызванных замораживанием. Эти данные согласуются с работами по изучению пектиновых веществ при низкотемпературном консервировании (Кварцхелия & Родионова, 2014).

Известно, что пригодность разных сортов плодовоовощных культур к замораживанию зависит от их структурных полимеров, содержания воды, вязкости протоплазмы и прочности мембран (Adkison et al., 2018; Simona et al., 2016; Короткий & Сахабутдинова, 2019). Наше исследование, направленное на выявление сортов черешни, наиболее пригодных для шоковой заморозки и длительного хранения, имеет практическую значимость, поскольку данные о влиянии замораживания и хранения на черешню с учетом ее сортовых особенностей в литературе отсутствуют.

Через 12 месяцев хранения при -22°C сорта Валерий Чкалов, Лезгинка и Дагестанка показали лучшие результаты по сохранности физико-химических свойств и дегустационным характеристикам (4,4–4,7 балла), что позволяет считать их наиболее пригодными для длительного хранения.

Ограничения исследования включают дефицит научных данных о влиянии различных способов замораживания и сроков хранения на черешню с учетом ее сортовых особенностей. Большинство доступных публикаций касаются других плодовоовощных культур и общих аспектов низкотемпературного консервирования (Дерябина & Колодязная, 2003; Adkison et al., 2018; Гусейнова и др., 2021). Эти ограничения могут повлиять на объем и глубину выводов, сделанных в данном исследовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования установлено, что на стабильность физико-химических и органолептических показателей качества плодов черешни в процессе низкотемпературного консервирования оказывают значительное влияние не только режимы и методы замораживания (в частности, замораживание россыпью в воздушной среде при температуре -30 ; -33 и -35 °C и замораживание погружением в жидкие хладагенты при температуре -24 °C), но также сортовые особенности и сроки хранения в условиях холодильной камеры (3, 9 и 12 месяцев при температуре -22 °C).

В ходе исследования выяснилось, что наилучшими способами замораживания с точки зрения минимизации потерь сока и сохранения нутриентного состава плодов для всех изученных сортов черешни являются замораживание россыпью в воздушной среде при температуре -33 °C и замораживание погружением в жидкие хладагенты при температуре -24 °C. Увеличение продолжительности хранения привело к снижению влагоудерживающей способности плодов, а также к необратимому уменьшению содержания пектиновых веществ и витамина Р. Среди исследованных сортов наиболее устойчи-

выми к замораживанию и длительному хранению (до 12 месяцев) без существенных изменений исходных характеристик оказались сорта Дагестанка, Валерий Чкалов и Лезгинка.

Полученные результаты способствуют углублению знаний об изменении физико-химических и органолептических показателей замороженных плодов черешни в зависимости от сортовых характеристик, сроков хранения и методов замораживания, что имеет важное значение для разработки технологий сортового низкотемпературного консервирования черешни, обеспечивающих высокую степень сохранности исходных качеств плодов. Эти технологии могут быть использованы для создания системы круглогодичного хранения черешни.

Перспективные направления дальнейших исследований включают изучение влияния сортовых особенностей, агротехнических и экологических факторов зоны выращивания, сроков созревания и времени сбора плодов на товарно-технологические показатели качества черешни в процессе замораживания и длительного холодильного хранения, что необходимо для оптимизации параметров технологии низкотемпературного консервирования черешни.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Акимов, М. Ю. (2020). Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания. *Вопросы питания*, 89(4), 244–254. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10057>
- Akimov, M.Yu. (2020). New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry. *Problems of Nutrition*, 89(4), 244–254. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10057>
- Быкова, Т. О., Алексашина, С. А., Демидова, А. В., Макарова, Н. В., & Деменина, Л. Г. (2017). Сравнительный анализ химического состава плодов вишни и черешни различных сортов, выращенных в Самарской области. *Известия вузов. Пищевая технология*, (1), 32–35.
- Bykova, T. O., Aleksashina, S. A., Demidova, A. V., Makarova, N. V., & Demenina, L. G. (2017). Comparative analysis of the chemical composition of cherry and sweet cherry fruits of various varieties grown in the Samara region. *Izvestiya vuzov. Food technology*, (1), 32–35. (In Russ.)
- Гусейнова, Б. М., Асабутаев, И. Х., & Даудова, Т. И. (2022). Быстрозамороженные фруктово-ягодные десерты: разработка и оценка качества. *Техника и технология пищевых производств*, 52(2), 271–281. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2362>
- Guseinova, B.M., Asabutaev, I.H., & Daudova, T.I. (2022). Development and Quality Evaluation of Quick-Frozen Fruit-and-Berry Desserts. *Food Processing: Techniques and Technology*, 52(2), 271–281. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2362>
- Гусейнова, Б. М., Асабутаев, И. Х., Даудова, Т. И. (2021). Оценка пригодности абрикосов к шоковой заморозке по физико-технологическим показателям качества. *Вестник Международной академии холода*, (1), 74–83. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2021-20-1-74-83>
- Guseinova, B.M., Asabutaev, I.H., & Daudova, T.I. (2021). Assessment of apricots suitability for shock freezing according to physical and technological quality indicators. *Journal of International Academy of Refrigeration*, (1), 74–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2021-20-1-74-83>
- Гусейнова, Б.М., & Мусаева, Р.Т. (2023). Нутриентный профиль местных селекционных и интродуцированных сортов черешни, культивируемых в условиях Дагестана. *Известия вузов. Пищевая технология*, (392), 10–17. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2023.2-3.2>

- Guseynova, B.M., & Musaeva, R.T. (2023). Nutrient profile of local breeding and introduced cherry varieties cultivated under Dagestan conditions. *Izvestiya vuzov. Food technology*, (392), 10–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2023.2-3.2>.
- Гусейнова, Б.М., Асабутаев, И.Х., & Даудова, Т.И. (2021). Влияние низкотемпературных режимов консервирования на сохранность товарных качеств и нутриентного состава абрикосов с учетом сортовых особенностей и сроков хранения. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 15–29. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.185>
- Guseynova, B.M., Asabutaev, I.H., & Daudova, T.I. (2021). Effect of low-temperature preservation regimes on preservation of commercial qualities and nutrient composition of apricots taking into account varietal features and shelf life. *Storage and Processing of Farm Products*, (1), 15–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.185>
- Дерябина, С.С., & Колодязная, В. С. (2003). Качество плодов абрикосов при замораживании в жидких некипящих хладоносителях. *Производство и реализация мороженого и быстрозамороженных продуктов*, (2), 34–37. (In Russ.)
- Deryabina, S.S., & Kolodyaznaya, B.C. (2003). Quality of apricots frozen in liquid non-boiling coolants. *Production and Sale of Ice-Cream and Frozen Foods*, (2), 34–37. (In Russ.)
- Заремук, Р.Ш., & Доля, Ю.А. (2021). Конкурентоспособные сорта черешни для садоводства Краснодарского края. *Садоводство и виноградарство*, 3, 29–35. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-3-29-35>
- Zaremuk, R.Sh., & Dolya, Yu.A. (2021). Sweet cherry competitive varieties for the horticulture of the Krasnodar Territory. *Horticulture and Viticulture*, 3, 29–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-3-29-35>
- Кварцхелия, В. Н., & Родионова, Л. Я. (2014). Изменение аналитических характеристик пектиновых веществ яблок позднего срока созревания при длительном влиянии низких температур. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)*, 100(6), 1193–1203.
- Kvartskheliya, V. N., & Rodionova, L. Ya. (2014). Changing the analytical characteristics of pectin substances apples winter ripening under long influence of low temperatures. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 100(6), 1193–1203. (In Russ.)
- Киселева, Т. Л., Карпеев, А. А., Смирнова, Ю. А., Амалицкий, В. В., Сафонов, В. П., Цветаева, Е. В., Блинков, И. Л., Коган, Л. И., Чепков, В. Н., & Дронова, М. А. (2007). *Лечебные свойства пищевых растений*. М: Издательство ФНКЭЦ ТМДЛ Росздрава.
- Kiseleva, T. L., Karpeev, A. A., Smirnova, Yu. A., Amalickij, V. V., Safonov, V. P., Cvetaeva, E. V., Blinkov, I. L., Kogan, L. I., Chepkov, V. N., & Dronova, M. A. (2007). Medicinal properties of food plants. Publishing house: FNKETS TMDL Roszdrava. (In Russ.)
- Коденцова, В.М., Жилинская, Н.В., & Шпигель, Б.И. (2020). Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения. *Вопросы питания*, 89(4), 89–99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045>
- Kodentsova, V.M., Zhilinskaya, N.V., & Shpigel, B.I. (2020). Vitaminology: from molecular aspects to improving technology of vitamin status children and adults. *Problems of Nutrition*, 89(4), 89–99. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045>
- Колодязная, В.С., Румянцева, О. Н., & Кипрушкина, Е.И. (2023). История и перспективы развития холодильной технологии пищевых продуктов. *Вестник Международной академии холода*, (1), 47–54. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-47-54>
- Kolodyazhnaya, V. S., Rumyantseva, O. N., & Kiprushkina E. I. (2023). The history and the prospects of food refrigeration. *Journal of International Academy of Refrigeration*, (1), 47–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-47-54>
- Короткий, И.А., & Сахабутдинова, Г.Ф. (2019). Совершенствование и анализ процессов низкотемпературной обработки овощных смесей. *Холодильная техника*, 108(9), 51–55. <https://doi.org/10.17816/RF104170>
- Korotkiy, I.A., & Sakhabutdinova, G.F. (2019). Improvement and analysis of processes of low-temperature processing of vegetable mixtures. *Refrigeration Technology*, 108(9), 51–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/RF104170>
- Мегердичев, Е.Я. (2003). *Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различных видов консервирования*. М.: Россельхозакадемия.
- Megerdichev, E.Ya. (2003). *Technological requirements for varieties of vegetable and fruit crops intended for various types of preservation*. Moscow: Russian Agricultural Academy. (In Russ.)
- 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), 52–64. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.299>
- 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), 52–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.299>
- Праскова, Ю. А., Киселева, Т. Ф., Резниченко, И. Ю. и др. (2021). Биологически активные вещества *Vitisamurensis Rupr.* для профилактики преждевременного старения. *Техника и технология пищевых производств*, 51(1), 159–169. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-159-169>

- Praskova, Ju.A., Kiseleva, T.F., Reznichenko, I.Yu., Frolova, N.A., Shkrabtak N.V., & Lawrence, Yu. (2021). Biologically Active Substances of *Vitis amurensis* Rupr.: Preventing Premature Aging. *Food Processing: Techniques and Technology*, 51(1), 159–169. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-159-169>.
- Причко, Т.Г., & Алехина, Е.М. (2018). Показатели качества плодов новых сортов черешни. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*, (6), 45–48. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/6/45-48>
- Prichko, T. G., & Alekhina, E. M. (2018). Quality parameters of the fruits of new cherries varieties. *Vestnik of The Russian Agricultural Science*, (6), 45–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/6/45-48>
- Сметнева, Н.С., Погожева, А.В., Васильев, Ю.Л., Дыдыкин, С.С., Дыдыкина, И.С., & Коваленко, А.А. (2020). Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. *Вопросы питания*, 89(3), 114–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Smetneva, N.S., Pogozheva, A.V., Vasil'ev, Yu. L., Dydykin, S.S., Dydykina, I.S., & Kovalenko, A.A. (2020). The role of optimal nutrition in the prevention of cardiovascular diseases. *Problems of Nutrition*, 89(3), 114–124. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Тутельян, В.А., Никитюк, Д.Б., Батурин, А.К. и др. (2020). Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи. *Вопросы питания*, 89(4), 24–34. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039>
- Tutelyan, V.A., Nikityuk, D.B., Baturin, A.K. et al. (2020). Nutriome as the direction of the “main blow”: determination of physiological needs in macro- and micronutrients, minor biologically active substances. *Problems of Nutrition*, 89(4), 24–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039>
- Adkison, E.C., Biasi, W.B., Bikoba, V., Holstege, D.M., & Mitcham, E.J. (2018). Effect of canning and freezing on the nutritional content of apricots. *Journal of Food Science*, 83(6), 1757–1761. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14157>
- Arevström, L., Bergh, C., Landberg, R., H., Wu, H., Rodriguez-Mateos, A., Waldenborg, M., Magnuson, A., Blanc, S., & Frobert, O. (2019). Freeze-dried bilberry (*Vaccinium myrtillus*) dietary supplement improves walking distance and lipids after myocardial infarction: An open label randomized clinical trial. *Nutrition Research*, 62, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2018.11.008>
- Aune, D., Giovannucci, E., Boffetta, P., Fadnes, L. T., Keum, N., Norat, T., Greenwood, D. C., Riboli, E., Vatten, L. J., & Tonstad, S. (2017). Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, 46(3), 1029–1056. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw319>
- Bacchetti, T., Turco, I., Urbano, A., Morresi, C., & Ferretti, G. (2019). Relationship of fruit and vegetable intake to dietary antioxidant capacity and markers of oxidative stress: A sex-related study. *Nutrition*, 61, 164–165. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.10.034>
- Ballistreri, G., Continella, A., Gentile, A., Amenta, M., Fabroni, S., & Rapisarda, P. (2013). Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy. *Journal Food Chemistry*, 140(4), 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.024>
- Bilbao-Sainz, C., Thai, S., Sinrod, A. J. G., Chiou, B. S., & McHugh, T. (2019). Functionality of freeze-dried berry powder on frozen dairy desserts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(9), Article e14076. <https://dx.doi.org/10.1111/jfpp.14076>
- Celli, G. B., Ghanem, A., & Su-Ling Brooks, M. (2016). Influence of freezing process and frozen storage on the quality of fruits and fruit products. *Food Reviews International*, 32(3), 280–304. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1075212>
- Chareonrungrueangchai, K., Wongkawinwoot, K., Anothaisintawee, T., & Reutrakul, S. (2020). Dietary factors and risks of cardiovascular diseases: An umbrella review. *Nutrients*, 12(4), Article ID 1088. <https://doi.org/10.3390/nu12041088>
- Feng, S., Bi, J., Laaksonen, T., Laurén, P., & Yi, J. (2024). Texture of freeze-dried intact and restructured fruits: Formation mechanisms and control technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 104267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104267>
- Gubanenko, G.A., Pushkareva, E.A., Rechkina, E.A., Balyabina, T. A., Korbmakher, T. V., & Strupan E. A. (2021). The study of indicators on quality of pectins from secondary plant raw materials of Krasnoyarsk region, *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 640, 062021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/6/062021>
- Johnson-Down, L., Willows, N., Kenny, T., Ing, A., Fediuk, K., Sadik, T., Man Chan Hing, & Batal, M. (2019). Optimization modelling to improve the diets of first nations individuals. *Journal of Nutritional Science*, (8), 1–18. <https://doi.org/10.1017/jns.2019.30>
- Mamatov, Sh., Aripov, M., Meliboyev, M., & Shamsutdinov, B. (2020). Advantages of quick-freezing technology of cherry. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(3), 3254–3256. <https://doi.org/10.35940/ijitee.C8917.019320>
- Rayman Ergün, A., Gürlek, N., & Baysal, T. (2020). Effects of Freezing Rate on The Quality of Cherry Tomatoes. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 30(2), 317–327. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.670610>
- Sajad, M. W., Masoodi, F. A., Ehtishamul, H., Mukhtar, A., & Ganai, S. A. (2020). Influence of processing methods and storage on phenolic compounds and carotenoids of apricots. *LWT-Food Science and Technology*, 132, 109846. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109846>
- Schudel, S., Prawiranto, K., & Defraeye T. (2021). Comparison of freezing and convective dehydrofreezing of vegetables for reducing cell damage. *Journal of Food Engineering*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110376>

- Oancea, S., Draghici, O., & Ketney, O. (2016). Changes in total anthocyanin content and antioxidant activity in sweet cherries during frozen storage, and air-oven and infrared drying. *Fruits*, 71, 281–288. <https://doi.org/10.1051/fruits/2016025>
- Tam, E., Keats, E. C., Rind, F., Das, J. K., & Bhutta, Z. A. (2020). Micronutrient supplementation and fortification interventions on health and development outcomes among children under-five in low-and middleincome countries: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 12(2), 289. <https://doi.org/10.3390/nu12020289>
- Usenik, V., Fabčić, J., & Stampar, F. (2008). Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 107, 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004>
- Vaishali, Sharma, H. P., Dholu, U., Sharma, S., & Patel, A. (2020). Effect of freezing systems and storage temperatures on overall quality of perishable food commodities. *The Pharma Innovation Journal*, 9(9), 114–122.
- Xiang, Li, Weidong, Wu, Kun, Li, Xueming Ren, & Zian Wang. (2022). Experimental study on a wet pre-cooling system for fruit and vegetables with ice slurry. *International Journal of Refrigeration*, 133, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.10.001>
- Yashmita, G., & Pradeep, S. N. (2023). Recent developments in freezing of fruits and vegetables: Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates. *Journal Food Science*, 88, 4799–4826. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16810>
- Yeung, A. W. K., Tzvetkov, N. T., Zengin, G., Wang, D., Xu, S., Mitrović, G., Brnčić, M., Dall'Acqua, S., Pirgozliev, V., Kijjoo, A., Georgiev, M. I., & Atanasov, A. G. (2019). The berries on the top. *Journal of Berry Research*, 9(1), 125–139. <https://doi.org/10.3233/jbr-180357>
- 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>
- Zurbau, A., Au-Yeung, F., Mejia, S. B., Khan, T. A., Vuksan, V., Jovanovski, E., Leiter, L. A., Kendall, C. W. C., Jenkins, D. J. A., & Sievenpiper, J. L. (2020). Relation of different fruit and vegetable sources with incident cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Heart Association*, 9(19), e017728. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.017728>