ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-1-2499
https://elibrary.ru/THPBUS

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Изучение пригодности к низкотемпературному консервированию плодов черешни

Б. М. Гусейнова[1,*], Р. Т. Мусаева[2]

[1] *Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия*

[2] *Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова, Махачкала, Россия*

Поступила в редакцию: 02.06.2023
Принята после рецензирования: 27.10.2023
Принята к публикации: 07.11.2023

**Б. М. Гусейнова: batuch@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-3104-5100*
Р. Т. Мусаева: https://orcid.org/0000-0001-8154-316X

© Б. М. Гусейнова, Р. Т. Мусаева, 2024

Аннотация.
Плоды черешни (*Prunus avium* L.) ценятся за вкусовые и питательные свойства, но относятся к скоропортящимся продуктам. В связи с этим разработка технологии низкотемпературного консервирования черешни без большого изменения ее полезных свойств является актуальной задачей. Цель исследования – экспериментальное обоснование оптимальных способов и режимов замораживания черешни, а также сроков ее холодильного хранения и выявление наиболее пригодных сортов для низкотемпературного консервирования.
Объектами исследования являлись плоды черешни 8 сортов, выращиваемых в северно-предгорной зоне Дагестана. Опытные образцы плодов черешни изучались в свежем виде, замороженные погружением в жидкий хладоноситель (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) при температуре –24 °C и россыпью в воздушной среде при температурах –30, –33 и –35 °C, а затем после хранения при –22 °C в течении 3, 9 и 12 месяцев. Содержание пищевых веществ в плодах определяли методами химического анализа, потерю сока дефростированными плодами оценивали по разности массы замороженных и размороженных плодов. Дегустационную оценку проводили по 5-балльной шкале.
Наилучшая сохранность пищевых веществ в черешне наблюдалась после заморозки в воздушной среде при –35 °C, а наихудшая при –30 °C. Снижение содержания нутриентов в черешне после заморозки россыпью в воздушной среде при температуре –33 °C и погружением в жидкий хладоноситель при –24 °C, по сравнению с замораживанием в воздушной среде при –35 °C, составило 4,2–5,4 %. В плодах, замороженных в воздушной среде, после 12 месяцев хранения при –22 °C витамин С сохранился на 77,5–81,6 %, пектиновые вещества на 83,7–89,0 %, антоцианы на 85,1–88,5 %, сахара на 81,4–86,4 %. В плодах, замороженных погружением в жидкий хладоноситель, после 12 месяцев хранения витамин С сохранился на 75,9–79,0 %, пектиновые вещества на 84,4–88,2 %, антоцианы на 83,8–87,5 %, сахара на 80,3–84,7 %. Наиболее пригодными для 12 месячного срока хранения оказались плоды сортов Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов, которые отличались минимальными изменениями показателей качества в цикле замораживание – хранение – размораживание. Черешню сортов Буйнакская черная, Крупноплодная и Полянка рекомендуется хранить до 9 месяцев, а Жемчужная и Гудзон не более 3 месяцев.
Замораживание плодов черешни россыпью в воздушной среде при температуре –33 °C и погружением в жидкий хладоноситель при температуре –24 °C сохраняет их физико-химические свойства после 3, 9 и 12 месяцев хранения при температуре –22 °C. Результаты исследования расширили информацию о низкотемпературном консервировании черешни и ее полезных для здоровья свойствах.

Ключевые слова. *Prunus avium* L., плодовые культуры, низкотемпературное консервирование, замораживание, холодильное хранение, сокоудерживающая способность, биохимический состав, качество

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания, согласно тематическому плану Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан (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» (№ 122022400196-7).

Для цитирования: Гусейнова Б. М., Мусаева Р. Т. Изучение пригодности к низкотемпературному консервированию плодов черешни // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 1. С. 178–190. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-1-2499

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-1-2499
https://elibrary.ru/THPBUS

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Low-Temperature Preservation of Cherries

Batuch M. Guseynova[1,*], Ragima T. Musaeva[2]

[1] Dagestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Russia

[2] M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agricultural University, Makhachkala, Russia

Received: 02.06.2023
Revised: 27.10.2023
Accepted: 07.11.2023

*Batuch M. Guseynova: batuch@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-3104-5100
Ragima T. Musaeva: https://orcid.org/0000-0001-8154-316X

© B.M. Guseynova, R.T. Musaeva, 2024

Abstract.
Cherries (*Prunus avium* L.) are valued for their taste and nutritional properties. However, they are highly perishable. A low-temperature preservation technology can preserve cherries without spoiling their beneficial properties. This research experimentally substantiated the optimal methods and modes of freezing cherries, defined their refrigerated shelf-life, and identified varieties for low-temperature preservation.
The study featured cherries of eight varieties grown in the northern foothills of Dagestan. Fresh cherries served as control. Some cherries were frozen by immersion in a liquid solution of water, alcohol, and sugar (65:20:15) at –24°C. Others were frozen in bulk in air at –30, –33, and –35°C to be stored at –22°C for 3, 9, and 12 months. The nutritional profile was determined by standard methods of chemical analysis. The amount of juice lost during defrosting was assessed by the difference in weight before and after defrosting. The sensory evaluation involved a five-point scale.
The best nutritional profile belonged to the sample frozen in air at –35°C while the worst result was observed in the cherries frozen at –30°C. The cherries frozen in bulk in air at –33°C and those immersed in liquid coolant at –24°C demonstrated a poorer nutritional content (by 4.2–5.4%) than the sample frozen in air at –35°C. The sample frozen in air preserved 77.5–81.6% vitamin C, 83.7–89.0% pectin substances, 85.1–88.5% anthocyanins, and 81.4–86.4% sugar after 12 months of storage at –22°C. The sample frozen in liquid coolant retained 75.9–79.0% vitamin C, 84.4–88.2% pectin substances, 83.8–87.5% anthocyanins, and 80.3–84.7% sugar after 12 months of storage. The cherries of the Lezginka, Dagestanka, and Valery Chkalov varieties showed minimal changes after 12 months. The varieties of Buynakskaya, Krupnoplodnaya, and Polyanka could be recommended for nine-month storage. The varieties of Zhemchuzhnaya and Gudzon lost consumer attractiveness as early as after 3 months.
When frozen in bulk in air at –33°C and immersed in liquid coolant at –24°C, the cherries preserved their physicochemical properties after 3, 9, and 12 months of storage at –22°C. The study expanded the existing data about low-temperature preservation of cherries and their health benefits.

Keywords. *Prunus avium* L., fruit crops, low-temperature canning, freezing, cold storage, juice holding capacity, biochemical composition, quality

Funding. The research was part of state assignment to the Dagestan Agriculture Science Center (DASC), research topic FNMN-2022-0009: New stress-adapted fruits: sustainable and competitive production and processing of fruits, vegetables, and potatoes (No. 122022400196-7).

For citation: Guseynova BM, Musaeva RT. Low-Temperature Preservation of Cherries. Food Processing: Techniques and Technology. 2024;54(1):178–190. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-1-2499

Введение

Несмотря на то что пищевой рацион большинства россиян по запасу основных нутриентов (белки, жиры и углеводы) укладывается в норму, он беден микронутриентами – витаминами, антиоксидантами, минеральными веществами и другими биологически активными соединениями [1]. Потребность организма современного человека в необходимом количестве микронутриентов выросла из-за нерациональной структуры питания и роста стрессовых и экологически неблагоприятных факторов [2–6]. Одной из задач государства является обеспечение населения пищевыми продуктами, которые богаты недостающими микронутриентами, для предупреждения развития алиментарно-зависимых заболеваний и сохранения физического здоровья нации [7–9].

Плодовые культуры являются источником природных антиоксидантов, витаминов, незаменимых аминокислот, макро- и микроэлементов [10–14]. Без них невозможно обеспечить полноценное сбалансированное

питание. Пирамида здорового питания показывает, что в ежедневный рацион человека должно входить около 40 % фруктов и овощей [15].

Широкое распространение во всем мире получили косточковые плодовые культуры. В России площади под ними составляют около 25 % от общей площади всех плодовых насаждений [16]. Большой ареал распространения среди косточковых культур имеет черешня (*Prunus avium* L.), которая ценится ранним созреванием и обладает высокими вкусовыми и питательными свойствами [17–19]. Черешня пользуется большой популярностью в современном садоводстве Дагестана, а ее плоды высоким спросом на потребительском рынке плодовой продукции.

Плоды черешни – это скоропортящийся продукт, период их употребления в свежем виде ограничен малым временным интервалом. Поэтому научно-обоснованная стратегия эффективного использования в течение года плодов черешни без большого изменения их питательно ценных свойств, физико-химических и органолептических показателей качества, является актуальной.

В мировой практике одним из наиболее прогрессивных способов пролонгирования периода потребления скоропортящейся плодовой продукции является технология низкотемпературного замораживания и последующего холодильного хранения [15, 20, 21]. Низкотемпературные технологии обеспечивают высокую сохранность исходных свойств плодоовощного сырья. Это связано с замедлением биохимических процессов, протекающих в нем, почти полным прекращением активности ферментов и разрушительным действием микроорганизмов [22, 23].

Качество замороженных плодов определяется сортовыми особенностями плодовых культур, структурно-механическими и биохимическими показателями качества плодов, а также зависит от климатических условий места их произрастания, времени сбора урожая, степени спелости замораживаемых плодов и продолжительности периода между сбором урожая и переработкой [22–24]. Качество плодовой продукции, полученной с применением технологии низкотемпературного замораживания, зависит от условий обработки, применяемого температурного режима, длительности хранения и используемых способов дефростации [15, 20].

Сегодня дагестанский рынок замороженных плодов представлен импортной или изготовленной в центральных регионах России продукцией. В Дагестане, располагающем большими запасами плодового сырья, применение технологии низкотемпературного замораживания свежих плодов и изготовленных из них продуктов является актуальным и экономически выгодным. Внедрение технологии «шоковой заморозки» могло бы содействовать решению проблемы сбалансированного питания населения и расширению базы перерабатывающей промышленности республики.

Цель работы – экспериментальное обоснование оптимальных способов и режимов замораживания черешни (*Prunus avium* L.), а также сроков ее холодильного хранения и выявление наиболее пригодных сортов для низкотемпературного консервирования.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Изучение нутриентного профиля плодов 8 сортов черешни, подвергнутых замораживанию разными способами: контактным способом в жидком хладоносителе (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) методом погружения при t = –24 °C и в воздушной среде скороморозильной камеры россыпью при t = –30, –33 и –35 °C;

2. Оценка биохимического состава, органолептических характеристик и сокоудерживающей способности плодов черешни, замороженных разными способами, после их длительного (3, 9 и 12 месяцев) холодильного хранения при t = –22 °C. Выбор крайнего срока хранения плодов черешни (12 месяцев) объясняется тем, что дальнейшее холодовое хранение замороженной черешни не имеет смысла, т. к. на рынке появится черешня нового урожая.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись плоды 8 сортов черешни (Валерий Чкалов, Гудзон, Крупноплодная, Полянка, Буйнакская черная, Дагестанка, Жемчужная и Лезгинка), выращиваемых в экспериментальных насаждениях Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур, которые расположены в северно-предгорной зоне Дагестана.

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

Замораживание плодов черешни для выявления сортов, пригодных к низкотемпературному консервированию, и определения оптимальных способов и режимов шоковой заморозки, а также сроков длительного холодильного хранения проводили следующим образом:

– сбор плодов черешни в стадии потребительской зрелости с удалением помятых, перезрелых, поврежденных и пораженных вредителями и болезнями плодов;
– сортировка, мойка и подсушивание: плоды черешни сортировали, удаляли плодоножки, мыли водопроводной водой и подсушивали;
– замораживание плодов черешни разными способам:

1) погружением в жидкий хладоноситель: в полистироловые ёмкости (объем 500 мл) заливали жидкий хладоноситель (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) при t = –24 °C, а затем в него погружали свежие плоды черешни до полного покрытия поверхностного слоя плодов. После этого ёмкости направляли в морозильную камеру RENOVA FC-310S для замораживания при t = –24 °C;

2) в воздушной среде: замораживание плодов черешни россыпью (толщина слоя 3–4 см) в низкотемпературном шкафу GRUNLAND T 25/01.1 (Германия) при t = –30, –33 и –35 °C до достижения в центре плода

температуры –22 °С, которую определяли полупроводниковым измерителем ИТ-1 со шкалой от –190 до +50 °С;

– упаковка плодов черешни, замороженных россыпью в воздушной среде при t = –33 °С, в полиэтиленовые пакеты по 0,3 кг перед отправкой их на хранение при t = –22 °С. Плоды черешни, замороженные в жидком хладоносителе при t = –24 °С в полистироловых ёмкостях, в таком же виде направляли на холодильное хранение;

– хранение замороженных разными способами плодов черешни в холодильной камере RENOVA FC-310S в течение 3, 9 и 12 месяцев при t = –22 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %;

– оттаивание замороженной черешни с применением СВЧ-энергии частотой 2450 МГц и мощностью 190 Вт до достижения в центре плода температуры 4–5 °С перед проведением оценки их качества по физико-химическим и органолептическим показателям качества.

Свежие и замороженные плоды черешни исследовали по показателям: общее содержание сахаров – методом Бертрана по ГОСТ 8756.13-87; содержание титруемых кислот – титрованием децинормальным раствором NaOH по ГОСТ ISO 750; содержание витамина С – ускоренным методом по Ермакову и др. (1987 г.), титрованием щавелевокислых вытяжек краской Тильманса (2,6-дихлорфенолиндофенолом) по ГОСТ 24556-89 и йодометрическим методом; массовая концентрация пектиновых веществ – титрованием щелочью предварительно выделенных и подготовленных пектиновых веществ до и после гидролиза по ГОСТ 29059-91; массовые концентрации антоцианов – колориметрическим методом с использованием прибора ФЭК-56М (Россия) (Методические указания по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности).

Дегустационную оценку замороженной черешни проводили по 5-балльной шкале по ГОСТ ISO 6658-2016 в хорошо освещенном и без посторонних запахов помещении. Каждый опытный образец черешни 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.

Сахарокислотный индекс (СКИ) плодов черешни определяли как отношение массы концентрации сахаров в них к содержанию титруемых кислот.

Потерю сока (X, %) замороженных плодов черешни после дефростации определяли по разности массы замороженных и размороженных плодов, выраженную в процентах к исходной массе плода:

$$X=\frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_к}\times 100$$

где M_1 – масса замороженных плодов черешни до дефростации, г; M_2 – масса замороженных плодов черешни после дефростации, г; $M_к$ – масса косточек плодов черешни, г.

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

В процессе работы использовали следующее оборудование: баня водяная Biosan WB-4MS (Латвия); весы лабораторные Ohaus PA2102C и Ohaus PA214 (Китай), весы лабораторные CAS MWP MWP-300H (Южная Корея); лабораторный сушильный шкаф Climcontrol ШС 30/250-100-Л Тор (Россия); центрифуга лабораторная ЭКРОС-6914 (Россия); термометр лабораторный ТЛ5 (Россия); гомогенизатор HG-15F-Set (Корея); настольный измеритель pH Ohaus Starter 2100 (Китай); плита программируемая ПЛП-03 НПП («Томьаналит», Россия); термостат MIR-262 Sanyo (Япония); фотоэлектрический колориметр ФЭК-56М (Россия).

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 $p \leq 0{,}05$. Результаты анализа представлены в виде среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего значения (± m).

Результаты и их обсуждение

После низкотемпературного замораживания черешни при всех примененных способах и режимах наблюдалось уменьшение массовой концентрации сахаров в плодах. Это можно объяснить ферментативным гидролизом сахарозы и окислением моносахаридов под действием оксидаз, не ингибированных шоковой заморозкой. Направленность изменения их содержания в процессе замораживания для всех сортов черешни оказалась идентичной и не зависела от условий и приемов замораживания. На сохранность сахаров способы и режимы замораживания не оказывают значительного влияния (самая высокая стабильность их концентрации была определена в черешне, замороженной в воздушной среде при t = –35 °С). Потери сахаров в черешне, подвергнутой низкотемпературному замораживанию россыпью в воздушной среде при t = –30, –33 °С и –35 °С, по сравнению с их содержанием в свежих плодах, составили 6,5–8,9, 5,9–7,9 и 5,7–7,5 % соответственно. В черешне, замороженной погружением в жидкий хладоноситель (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) при t = –24 °С, потери сахаров варьировались от 6,3 % (сорт Валерий Чкалов) до 8,5 % (сорт Жемчужная) в зависимости от сорта. Это больше на 0,4 %, чем в черешне, замороженной в воздушной среде при t = –33 °С (табл. 1).

Массовая концентрация титруемых кислот в опытных образцах черешни в процессе замораживания, в отличие от сахаров, увеличилась при всех примененных технологических режимах замораживания. Это может быть связано с протекающими процессами окисления и фосфорилирования, которые приводят к образованию продуктов неполного окисления углеводов, в первую очередь органических кислот [25].

Таблица 1. Влияние способов и режимов замораживания на сохранность пищевых веществ в плодах черешни, выращиваемой в Дагестане

Table 1. Effect of freezing methods and modes on the nutritional profile of Dagestan cherries

Сорт черешни	Массовая концентрация пищевых веществ				
	Сахара, %	Тируемые кислоты, %	Витамин С, мг/100 г	Антоцианы, мг/100 г	Пектиновые вещества, %
	В свежих плодах черешни				
Буйнакская черная	11,92 ± 0,16	0,630 ± 0,010	7,21 ± 0,09	112,50 ± 1,24	0,820 ± 0,013
Валерий Чкалов	10,54 ± 0,10	0,720 ± 0,011	7,13 ± 0,08	132,20 ± 1,45	0,870 ± 0,014
Гудзон	11,85 ± 0,13	0,920 ± 0,013	9,35 ± 0,13	112,00 ± 1,23	0,720 ± 0,009
Дагестанка	10,61 ± 0,14	0,720 ± 0,011	7,90 ± 0,09	135,40 ± 1,56	0,900 ± 0,014
Жемчужная	10,78 ± 0,12	0,710 ± 0,013	7,54 ± 0,08	79,60 ± 0,88	0,780 ± 0,011
Крупноплодная	11,35 ± 0,15	0,750 ± 0,016	8,91 ± 0,12	150,30 ± 2,10	0,950 ± 0,016
Лезгинка	12,23 ± 0,16	0,680 ± 0,009	5,11 ± 0,08	124,10 ± 1,86	0,970 ± 0,017
Полянка	12,47 ± 0,19	1,100 ± 0,018	6,76 ± 0,09	62,20 ± 0,82	0,830 ± 0,013
В плодах черешни, замороженных погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C					
Буйнакская черная	11,10 ± 0,13	0,660 ± 0,012	6,71 ± 0,10	120,00 ± 1,20	0,780 ± 0,013
Валерий Чкалов	9,88 ± 0,09	0,750 ± 0,013	6,67 ± 0,09	140,00 ± 1,64	0,820 ± 0,016
Гудзон	10,96 ± 0,12	0,970 ± 0,018	8,55 ± 0,11	118,20 ± 1,19	0,680 ± 0,012
Дагестанка	9,82 ± 0,14	0,750 ± 0,016	7,29 ± 0,12	145,30 ± 2,03	0,850 ± 0,014
Жемчужная	9,86 ± 0,11	0,740 ± 0,016	6,87 ± 0,09	86,10 ± 0,99	0,730 ± 0,012
Крупноплодная	10,48 ± 0,16	0,790 ± 0,015	8,21 ± 0,12	158,70 ± 2,45	0,890 ± 0,015
Лезгинка	11,39 ± 0,19	0,710 ± 0,016	4,73 ± 0,07	132,30 ± 1,88	0,920 ± 0,017
Полянка	11,65 ± 0,17	1,150 ± 0,019	6,29 ± 0,10	66,70 ± 0,87	0,790 ± 0,013
В плодах черешни, замороженных россыпью в воздушной среде при t = –30 °C					
Буйнакская черная	10,98 ± 0,14	0,680 ± 0,010	6,58 ± 0,07	119,10 ± 1,31	0,770 ± 0,010
Валерий Чкалов	9,85 ± 0,10	0,770 ± 0,012	6,54 ± 0,06	138,90 ± 1,81	0,810 ± 0,011
Гудзон	10,83 ± 0,12	0,990 ± 0,017	8,44 ± 0,15	117,30 ± 1,35	0,680 ± 0,009
Дагестанка	9,79 ± 0,11	0,760 ± 0,016	7,22 ± 0,10	144,20 ± 1,29	0,840 ± 0,015
Жемчужная	9,82 ± 0,10	0,760 ± 0,015	6,78 ± 0,07	85,60 ± 0,96	0,720 ± 0,014
Крупноплодная	10,45 ± 0,15	0,800 ± 0,016	8,09 ± 0,14	158,00 ± 2,17	0,890 ± 0,014
Лезгинка	11,31 ± 0,15	0,730 ± 0,014	4,66 ± 0,06	131,50 ± 1,72	0,920 ± 0,016
Полянка	11,57 ± 0,17	1,160 ± 0,019	6,19 ± 0,09	66,20 ± 0,80	0,780 ± 0,012
В плодах черешни, замороженных россыпью в воздушной среде при t = –33 °C					
Буйнакская черная	11,12 ± 0,20	0,650 ± 0,009	6,78 ± 0,08	119,00 ± 1,43	0,780 ± 0,009
Валерий Чкалов	9,92 ± 0,10	0,750 ± 0,013	6,72 ± 0,07	138,10 ± 1,71	0,830 ± 0,011
Гудзон	11,00 ± 0,12	0,960 ± 0,016	8,66 ± 0,16	118,60 ± 1,38	0,680 ± 0,008
Дагестанка	9,86 ± 0,11	0,740 ± 0,014	7,40 ± 0,10	143,70 ± 2,07	0,860 ± 0,013
Жемчужная	9,93 ± 0,11	0,730 ± 0,012	6,95 ± 0,09	85,60 ± 1,06	0,730 ± 0,008
Крупноплодная	10,51 ± 0,14	0,780 ± 0,012	8,31 ± 0,14	157,80 ± 2,32	0,900 ± 0,017
Лезгинка	11,42 ± 0,18	0,710 ± 0,011	4,79 ± 0,07	130,10 ± 1,77	0,920 ± 0,017
Полянка	11,70 ± 0,21	1,140 ± 0,018	6,35 ± 0,11	66,10 ± 0,90	0,800 ± 0,015
В плодах черешни, замороженных россыпью в воздушной среде при t = –35 °C					
Буйнакская черная	11,16 ± 0,18	0,650 ± 0,010	6,84 ± 0,11	118,80 ± 1,31	0,790 ± 0,009
Валерий Чкалов	9,94 ± 0,13	0,740 ± 0,011	6,77 ± 0,10	138,50 ± 1,75	0,830 ± 0,012
Гудзон	11,03 ± 0,12	0,950 ± 0,015	8,70 ± 0,17	117,00 ± 1,39	0,700 ± 0,010
Дагестанка	9,90 ± 0,11	0,740 ± 0,014	7,44 ± 0,13	143,80 ± 2,20	0,850 ± 0,011
Жемчужная	9,97 ± 0,13	0,730 ± 0,014	6,98 ± 0,13	85,30 ± 1,07	0,740 ± 0,012
Крупноплодная	10,57 ± 0,14	0,780 ± 0,016	8,34 ± 0,15	157,70 ± 2,68	0,910 ± 0,016
Лезгинка	11,50 ± 0,17	0,700 ± 0,015	4,80 ± 0,09	131,20 ± 1,80	0,940 ± 0,015
Полянка	11,75 ± 0,19	1,120 ± 0,018	6,40 ± 0,12	65,90 ± 0,86	0,800 ± 0,013

Рост количества кислот в черешне после шоковой заморозки россыпью в воздушной среде при t = –30, –33 и –35 °С составил 5,2–7,3, 3,0–4,5 и 2,2–3,8 % соответственно. Кислотность в плодах, замороженных погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С, выросла, в зависимости от сорта, с 3,9 % (сорт Дагестанка) до 5,8 % (сорт Гудзон) в сравнении с количеством в свежих плодах. Наибольшая стабильность показателя кислотности отмечена у черешни, подвергнутой низкотемпературной обработке при t = –35 °С (табл. 1).

После замораживания черешни как в водно-спиртово-сахарном растворе в соотношении 65:20:15 при t = –24 °С, так и в воздушной среде при t = –30, –33 и –35 °С увеличилось содержание антоцианов в среднем на 6,6, 5,9, 5,7 и 5,6 % соответственно (табл. 1). Данное увеличение объясняется высвобождением антоцианов, находящихся в плодах в связанной форме в виде гликозидов, в результате разрушительного действия низких температур на β-1,3 гликозидную связь, а также повышением активности гидролаз [25].

Массовые концентрации витамина С и пектиновых веществ в свежих плодах черешни варьировались в пределах 5,11–9,35 мг/100 г и 0,72–0,97 % соответственно (табл. 1). При всех примененных температурных режимах и способах замораживания наблюдалось уменьшение содержания этих пищевых веществ. Выявленное в процессе замораживания снижение содержания витамина С и пектинов в черешне обусловлено разрушительным действием низких температур на клеточные стенки плодов и ферментов, малое количество которых не было ингибировано холодовым стрессом, а также потерями при размораживании. Более лабильным, по сравнению с пектиновыми веществами, оказался витамин С. Его большие потери (от 8,5 % (сорт Валерий Чкалов) до 10,1 % (сорт Жемчужная)) наблюдались в черешне, замороженной при t = –30 °С. Снижение массовой концентрации пектиновых веществ при этом способе замораживания, в зависимости от сорта черешни, составило 5,6–7,3 %. Сохранность витамина С и пектиновых веществ у плодов, замороженных погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С, составила 91,1–93,5 и 93,4–95,2 % соответственно от их содержания в свежей черешне.

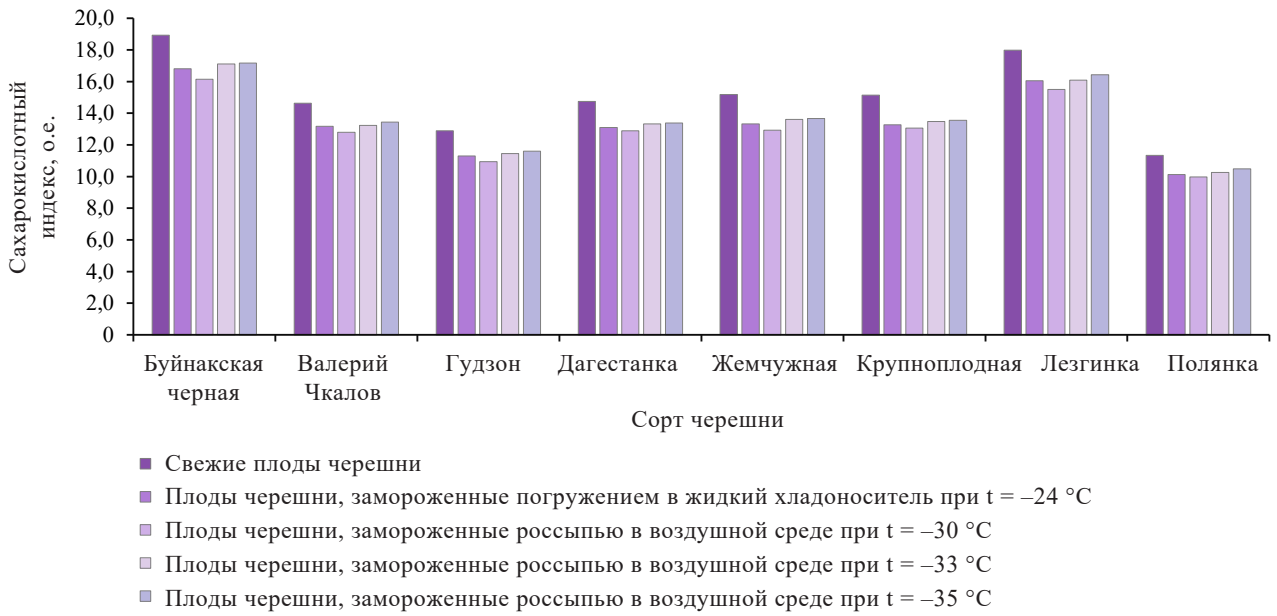
Хотя высокая сохранность изученных пищевых веществ в плодах исследованного сортимента черешни наблюдалась после низкотемпературной обработки при t = –35 °С, другие примененные способы и режимы замораживания также обеспечили хорошую стабильность нутриентного состава. Снижение массовых концентраций пищевых веществ в плодах всех исследованных сортов черешни после их шоковой заморозки россыпью в воздушной среде при t = –33 °С и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С, по сравнению с их содержанием в плодах черешни, замороженных в воздушной среде при t = –35 °С, составило в среднем 4,2–5,4 % (табл. 1). Худшая сохранность нутриентного профиля черешни была отмечена при ее замораживании россыпью в воздушной среде в морозильной камере при t = –30 °С. Поэтому результаты проведенных экспериментов дают основание рекомендовать проведение заморозки как путем низкотемпературной обработки в воздушной среде при t = –33 °С, так и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С, поскольку эти режимы более экономичны по энергозатратам в сравнении с замораживанием при t = –35 °С [11, 19].

Гармоничное сочетание сахаров и кислот определяет вкус плодов. Отношение количества сахаров к тируемой кислотности характеризуется сахарокислотным индексом (СКИ), который принято называть объективным показателем вкуса. На рисунке 1 показано изменение СКИ, определенного в плодах черешни в процессе замораживания погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С и россыпью в воздушной среде при t = –30, –33 и –35 °С. Такая низкотемпературная обработка черешни привела к снижению значений СКИ по сравнению с показателями СКИ у свежих плодов.

На качество замороженных продуктов, наряду с условиями и режимами замораживания, влияют продолжительность и температура холодильного хранения. В связи с этим при разработке технологий низкотемпературного консервирования плодов черешни необходимо было изучить влияние условий длительности холодильного хранения на их качественные показатели. Поэтому в следующем эксперименте низкотемпературную обработку плодов перед их отправкой на холодильное хранение осуществляли россыпью в воздушной среде при t = –33 °С и методом погружения в жидкий хладоноситель при t = –24 °С.

Результаты анализов химического состава черешни, замороженной разными способами, после 3, 9 и 12 месяцев холодильного хранения (t = – 22 °С) представлены в таблице 2. Длительное холодильное хранение вызвало в опытных образцах снижение массовой концентрации всех определяемых пищевых веществ, за исключением титруемых кислот, увеличение количества которых наблюдалось в течение всего периода хранения, и пектиновых соединений, содержание которых увеличилось в начальный период хранения.

Потери сахаров в плодах черешни, замороженных контактным способом в жидком хладоносителе при t = –24 °С, после их холодильного хранении в течение 3, 9 и 12 месяцев составили 7,5–10,1, 10,3–14,1 и 15,3–19,7 % соответственно в сравнении с их количеством, определенным до воздействия холодом. При замораживании черешни россыпью в воздушной среде при t = –33 °С сохранность сахаров после 3, 9 и 12 месяцев хранения была больше, в зависимости от сорта, на 0,6–1,5, 0,9–1,6 и 0,6–2,4 % соответственно, по сравнению с плодами черешни, предварительно замороженными в жидком хладоносителе. Наблюдаемое в процессе хранения снижение количества сахаров обусловлено разрушительным действием низких температур на клеточные стенки плодов, потерями при размораживании



Примечание: стандартная ошибка среднего значения для показателя СКИ составила 0,13–0,17 о.е.

Рисунок 1. Изменение сахарокислотного индекса черешни, выращиваемой в Дагестане, после замораживания погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C и россыпью в воздушной среде при t = –30, –33 и –35 °C

Figure 1. Sugar acid index of Dagestan cherries frozen in liquid coolant at –24°C vs. cherries frozen in bulk in air at –30, –33, and –35°C

и действием гидролитических и транспортных ферментов в процессе хранения, малое количество которых не было ингибировано холодовым стрессом. Наилучшая сохранность сахаров после окончания эксперимента определена в черешне сортов Валерий Чкалов, Лезгинка и Крупноплодная, замороженной россыпью в воздушной среде при t = –33 °C, – 86,4, 86,1 и 86,0 % соответственно (табл. 2).

Количество титруемых кислот, в отличие от сахаров, в плодах черешни, независимо от сорта, увеличилось как в результате замораживания (табл. 1), так и после 3, 9 и 12 месяцев холодильного хранения (табл. 2). Через 9 месяцев хранения рост содержания тируемых кислот в черешне, замороженной в воздушной среде при t = –33 °C и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C, составил в среднем 12,3 и 13,6 % соответственно по сравнению с их количеством в свежих плодах. К концу 12 месяцев холодильного хранения показатели титруемой кислотности повысились на 12,5–18,9 % в зависимости от сорта, условий и режимов замораживания (табл. 2). Увеличение содержания титруемых кислот в черешне в процессе замораживания и холодильного хранения при t = –22 °C может быть связано с разобщением процессов окисления и фосфорилирования, которые происходят в клетках плодов. Это способствует образованию продуктов неполного окисления углеводов, в первую очередь органических кислот, в том числе пировиноградной и яблочной. Кроме того, моносахариды в кислой среде под действием ферментов оксидаз, в основном глюкозидазы и каталазы, способны окисляться до альдоновых кислот, что приводит к повышению кислотности [25].

Сохранность витамина С является основным индикатором, который характеризует щадящий эффект технологической обработки продукта. Среди всех изученных пищевых веществ черешни наибольшим изменениям подвергся витамин С. Степень его разрушения зависела от способов и режимов замораживания, а также сроков холодильного хранения: чем ниже температура замораживания и короче период хранения, тем выше была его сохранность. Уменьшение содержания витамина С в плодах черешни в процессе замораживания и длительного холодового хранения связано с нарушением течения ферментативных окислительно-восстановительных реакций. При шоковой заморозке и последующем холодовом хранении плодов многие ферменты, присутствующие в них, деструктурируются, а при их дефростации небольшое количество неразрушенных замораживанием окислительных ферментов быстро восстанавливает свою активность, и витамин С безвозвратно окисляется. Этому содействует доступ кислорода, усиленный из-за разрушительных изменений в тканях замороженных плодов [15].

Как видно из таблицы 2, к концу эксперимента наилучшая сохранность витамин С (77,5–81,6 % от содержания в свежих плодах) определена в плодах, замороженных в условиях воздушной среды при t = –33 °C. Самые большие потери витамина С (от 24,1 % (сорт Жемчужная) до 21,0 % (сорт Валерий Чкалов)), по сравнению с содержанием в свежих плодах, определены

Таблица 2. Изменение в процессе длительного холодильного хранения (t = –22 °C) содержания пищевых веществ в плодах черешни, замороженных россыпью в воздушной среде при t = –33 °C и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C

Table 2. Changes in the nutritional profile during long-term refrigerated storage (–22°C): cherries frozen in bulk in air at –33°C vs. cherries in liquid coolant at –24°C

Сорт черешни	Массовая концентрация пищевых веществ				
	Сахара, %	Тируемые кислоты, %	Витамин С, мг/100 г	Антоцианы, мг/100 г	Пектиновые вещества, %
	После 3 месяцев холодильного хранения при t = –22 °C				
Буйнакская черная	11,06*/10,88**	0,67/0,68	6,40/6,33	112,6/112,1	0,81/0,82
Валерий Чкалов	9,83/9,75	0,77/0,78	6,37/6,29	132,3/132,0	0,86/0,86
Гудзон	10,83/10,74	0,99/1,01	8,16/8,05	111,4/110,2	0,71/0,71
Дагестанка	9,73/9,66	0,76/0,77	7,00/6,90	136,1/136,6	0,90/0,91
Жемчужная	9,80/9,69	0,76/0,77	6,54/6,48	80,0/80,2	0,77/0,76
Крупноплодная	10,53/10,43	0,80/0,81	7,84/7,73	151,0/150,6	0,94/0,94
Лезгинка	11,39/11,28	0,72/0,73	4,50/4,46	124,8/125,9	0,96/0,96
Полянка	11,50/11,42	1,18/1,17	5,99/5,92	62,9/63,0	0,83/0,84
После 9 месяцев холодильного хранения при t = –22 °C					
Буйнакская черная	10,56/10,42	0,71/0,72	5,98/5,84	107,9/107,9	0,76/0,75
Валерий Чкалов	9,62/9,45	0,81/0,82	6,03/5,89	126,9/127,5	0,80/0,79
Гудзон	10,40/10,30	1,05/1,06	7,70/7,49	106,6/104,7	0,65/0,65
Дагестанка	9,37/9,25	0,80/0,81	6,56/6,43	127,3/126,8	0,83/0,82
Жемчужная	9,38/9,26	0,81/0,82	6,15/6,01	74,4/73,8	0,71/0,71
Крупноплодная	10,17/10,04	0,83/0,84	7,41/7,22	142,8/141,9	0,88/0,87
Лезгинка	11,14/10,95	0,76/0,76	4,32/4,23	118,9/119,6	0,90/0,88
Полянка	11,14/10,99	1,22/1,24	5,69/5,58	59,2/58,7	0,78/0,77
После 12 месяцев холодильного хранения при t = –22 °C					
Буйнакская черная	9,98/9,79	0,73/0,74	5,70/5,58	98,8/97,1	0,72/0,72
Валерий Чкалов	9,11/8,93	0,83/0,84	5,82/5,63	116,8/115,9	0,77/0,76
Гудзон	9,74/9,67	1,07/1,09	7,32/7,16	96,7/94,2	0,62/0,61
Дагестанка	9,08/8,83	0,82/0,83	6,38/6,18	118,3/116,5	0,80/0,80
Жемчужная	8,77/8,66	0,83/0,84	5,84/5,72	67,7/ 66,7	0,65/0,66
Крупноплодная	9,76/9,56	0,84/0,87	7,11/6,87	131,3/129,7	0,84/0,83
Лезгинка	10,53/10,36	0,77/0,79	4,11/4,03	109,0/108,3	0,85/0,86
Полянка	10,70/10,44	1,25/1,27	5,37/5,29	54,3/53,1	0,73/0,72

Примечание: * содержание пищевых веществ в процессе хранения в плодах черешни, замороженных россыпью в воздушной среде при t = –33 °C; ** содержание пищевых веществ в процессе хранения в плодах черешни, замороженных погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C. Стандартная ошибка среднего значения для массовой концентрации сахаров составила 0,11–0,22 %; тируемых кислот – 0,009–0,018 %; витамина С – 0,07–0,15 мг/100 г; антоцианов – 1,20–2,10 мг/100 г; пектиновых веществ – 0,012–0,019 %.

Note:* nutrients during storage in cherries frozen in bulk in air at –33°C; ** nutrients during storage in cherries frozen in liquid coolant at –24°C. The standard mean error: mass concentration of sugars – 0.11–0.22%; testable acids – 0.009–0.018%; vitamin C – 0.07–0.15 mg/100 g; anthocyanins – 1.20–2.10 mg/100 g; pectin substances – 0.012–0.019%.

в черешне, замороженной погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C после их холодильного хранения (–22 °C), длившегося 12 месяцев. После завершения эксперимента лучшими по массовой концентрации витамина С оказались плоды черешни сортов Гудзон (7,32 мг/100 г), Крупноплодная (7,11 мг/100 г) и Дагестанка (6,38 мг/100 г).

Плоды исследованных сортов черешни отличаются друг от друга по массовой концентрации в них антоцианов (табл. 1 и 2). Наибольшее количество этих веществ обнаружено в свежих плодах сорта Крупноплодная (150,3 мг/100 г), а наименьшее – сорта Полянка (62,2 мг/100 г). Во всех опытных образцах черешни в течение всего срока холодильного хранения наблюдалось уменьшение содержания антоцианов. По окончании 3-х месячного срока холодильного хранения (–22 °C) черешни, независимо от сорта, условий и режимов замораживания, количество антоцианов уменьшилось на 4,1–6,9 % от их содержания, определенного в замороженных плодах черешни перед холодильным хранением. Но при увеличении длительности периода хранения в черешне усилилась деструкция антоцианов. Содержание этих веществ в плодах, предварительно замороженных погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C, через 12 месяцев холодильного хранения, по сравнению с количеством

в свежей черешне, снизилось на 11,6–16,2 %, а в плодах, подвергнутых замораживанию в воздушной среде при t = –33 °C, уменьшилось к концу эксперимента на 11,6–14,9 % (табл. 2).

Пектиновые вещества неоднозначно реагировали на продолжительность срока холодильного хранения. В начальный период (3 месяца) в плодах всех сортов черешни произошло увеличение количества пектиновых веществ, в зависимости от сорта, способов и режимов низкотемпературной обработки, на 3,6–5,0 % (плоды, замороженные россыпью в воздушной среде при t = –33 °C) и 4,3–6,1 % (плоды, замороженные погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C) по сравнению с их содержанием после замораживания (табл. 1 и 2). Это можно объяснить гидролизом протопектина в процессе холодильного хранения черешни и переходом нерастворимых протопектинов, которые содержатся в клеточных стенках плодов, в растворимое состояние после деструктивных изменений, вызванных размораживанием. Последующее хранение черешни при t = –22 °C в течение 9 и 12 месяцев привело к снижению концентрации пектинов. К концу 12 месяцев хранения количество пектинов уменьшилось в среднем на 12,7–13,0 % по сравнению с их содержанием в свежих плодах. Такой процесс связан с тем, что пектины в черешне при холодильном хранении постепенно подвергаются гидролитическому распаду под действием пектолитических ферментов, незначительное количество которых могло сохраниться при замораживании. Наиболее богатыми пектиновыми веществами (0,80–0,86 %) после 12 месяцев холодильного хранения оказались плоды черешни сортов Дагестанка, Крупноплодная и Лезгинка (табл. 2).

Одним из показателей пригодности плодов садовых культур к замораживанию является их сокоудерживающая способность при дефростации. На сокоудерживающую способность плодов влияют, наряду с биологическими особенностями сорта (прочность кожицы, консистенция мякоти и соотношения свободной и связанной воды в плодах), способы и режимы замораживания, сроки и условия холодильного хранения [20].

Динамику сокоудерживающей способности плодов наиболее перспективных сортов черешни из Дагестана в процессе замораживания разными способами и температурными режимами, а также в течение длительного 3, 9 и 12 месячного холодильного хранения при t = –22 °C иллюстрируют данные таблицы 3. Низкотемпературное замораживание черешни в воздушной среде при температуре –33 °C способствовало наилучшему сохранению сокоудерживающей способности, в зависимости от сорта, от 95,3 % (сорт Гудзон) до 97,0 % (сорт Лезгинка). Однако в плодах черешни, замороженных методом погружения в жидкий хладоноситель при t = –24 °C, разница в потере сока, по сравнению с плодами, замороженными россыпью в воздушной среде при t = –33 °C, была незначительной и составила 0,3–0,5 %.

С продлением периода холодильного хранения плодов черешни наблюдается снижение их сокоудерживающей способности, независимо от технологических условий и режимов замораживания. Минимальные потери клеточного сока в цикле замораживание – хранение – размораживание определили у черешни после 3 месяцев холодильного хранения: 4,2–8,4 % (плоды, замороженные в жидкои хладоносителе) и 3,7–7,8 % (плоды, замороженные в воздушной среде).

Таблица 3. Изменение в процессе холодильного хранения (t = –22 °C) сокоудерживающей способности плодов черешни, предварительно замороженных россыпью в воздушной среде при t = –33 °C и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C

Table 3. Changes in juice-holding capacity during refrigerated storage (–22°C): cherries frozen in bulk in air at –33°C vs. cherries frozen in liquid coolant at –24°C

Сорт черешни	Потеря сока, %			
	После замораживания	После 3 месяцев хранения при t = –22 °C	После 9 месяцев хранения при t = –22 °C	После 12 месяцев хранения при t = –22 °C
Буйнакская черная	4,4*/4,8**	6,3/7,2	9,2/10,7	11,4/13,1
Валерий Чкалов	3,2/3,6	4,0/4,8	6,1/7,4	7,7/9,2
Гудзон	4,7/5,1	6,8/7,7	9,8/11,4	12,2/13,9
Дагестанка	3,4/3,9	4,5/5,4	6,7/8,2	8,4/10,0
Жемчужная	5,1/5,4	7,8/8,4	11,1/12,4	13,7/15,1
Крупноплодная	4,0/4,3	5,3/6,1	7,9/9,2	10,3/11,4
Лезгинка	3,0/3,2	3,7/4,2	5,7/6,1	7,2/7,7
Полянка	4,2/4,5	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 при t = –33 °C; ** потеря сока в процессе хранения плодами черешни, замороженными погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C. Стандартная ошибка среднего значения для показателя потери сока составила 0,03–0,085 %.

Note: * loss of juice during storage in cherries frozen in bulk in air at –33°C; ** loss of juice during storage in cherries frozen in liquid coolant at –24°C. The standard mean error for juice loss was 0.03–0.085%.

Незначительная сокоотдача в течение всего периода хранения наблюдалась у плодов черешни, замороженных в воздушной среде при t = –33 °С. Замораживание погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С также обеспечивало хорошую сохранность влагоудерживающей способности: от 92,3 % (сорт Лезгинка) до 84,9 % (сорт Жемчужная). К концу 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 (табл. 3).

Пригодность плодов 8 исследованных сортов черешни к низкотемпературному консервированию по показателю сокоудерживающей способности оценивали с помощью обобщенной функции желательности Харрингтона, где потеря сока до 5 % – очень хорошая сокоудерживающая способность, 5,1–10 % – хорошая, 10,1–20 % – удовлетворительная, свыше 20 % – исследуемые объекты не пригодны для замораживания [20].

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 плоды черешни сортов Буйнакская черная, Крупноплодная и Полянка после замораживания россыпью в воздушной среде при t = –33 °С попали в группу «очень хороших», после 3 и 9 месяцев холодильного хранения при t = –22 °С – в группу «хороших», а к концу 12 месяцев черешня этих сортов оказалась в числе «удовлетворительных» (потеря сока 10,3–11,4 %).

Незначительные потери клеточного сока, независимо от способа и режимов замораживания, определили в плодах черешни сортов Дагестанка, Крупноплодная и Лезгинка, которые содержали наибольшее количество пектинов – 0,90–0,97 % (табл. 1 и 3). Между содержанием пектиновых веществ и потерей клеточного сока в черешне в процессе 12 месяцев холодового хранения при t = –22 °С выявлена обратная корреляция. Коэффициенты парной корреляции между этими показателями для черешни, замороженной методом погружения в жидкий хладоноситель при t = –24 °С и россыпью в воздушной среде при t = –33 °С, составили $r = –0,820$ и $r = –0,770$ соответственно.

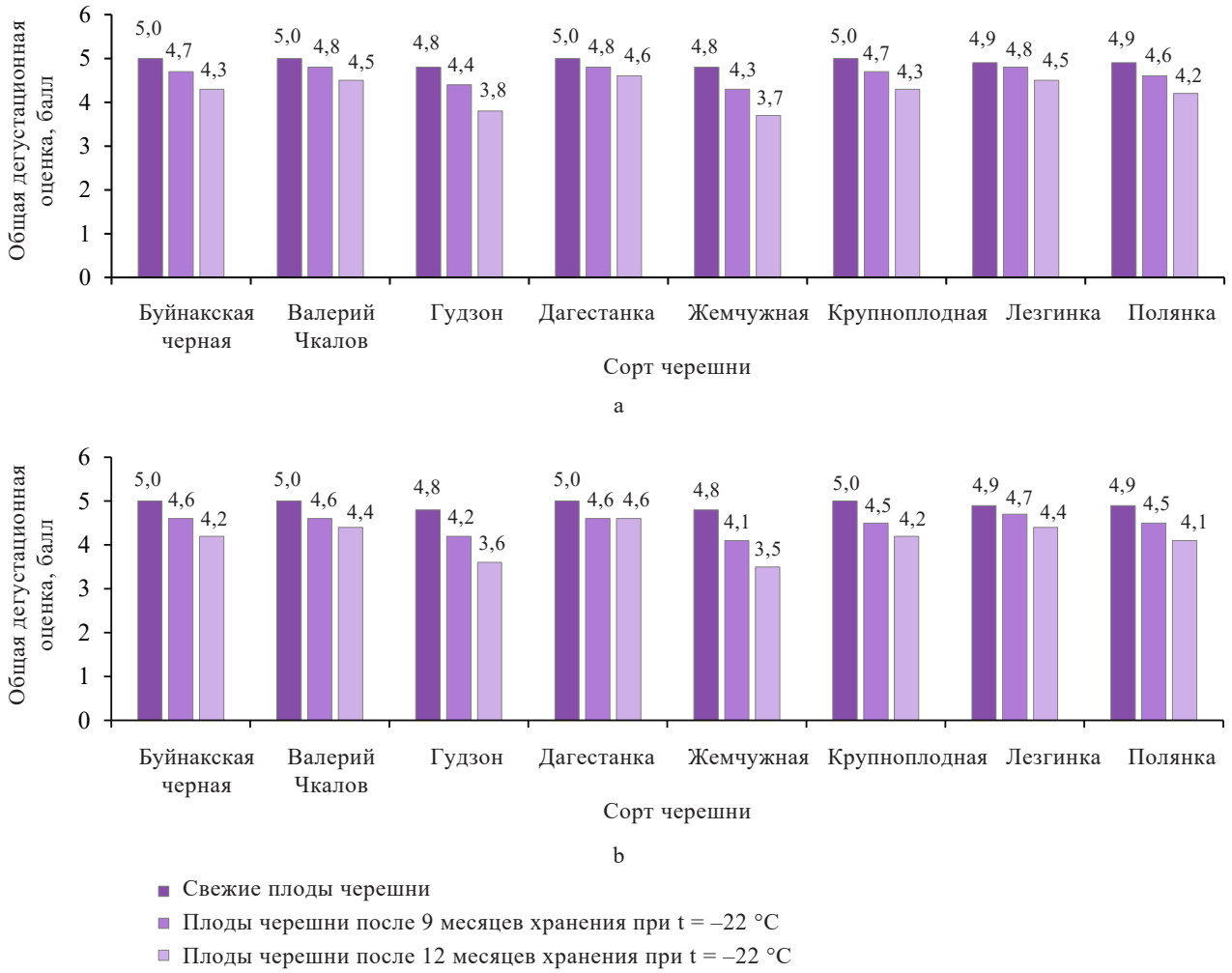
Все исследуемые сорта черешни по сокоудерживающей способности плодов пригодны к низкотемпературному замораживанию и холодильному хранению при t = –22 °С в течение разных сроков. По уровню желательности Харрингтона они распределились на три группы. Наиболее пригодными к замораживанию и длительному хранению до 12 месяцев оказались плоды сортов Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов; ко второй группе отнесли черешню сортов Буйнакская черная, Крупноплодная и Полянка, которые рекомендуется хранить до 9 месяцев. К третьей группе отнесли плоды черешни 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, в процессе размораживания часть окислительно-восстановительных ферментов, не разрушенных морозом, восстанавливает свою активность [22]. Это и вызывает изменение органолептических свойств замороженных плодов. Поэтому на следующем этапе эксперимента, применяя 5-балльную шкалу, провели дегустационную оценку как свежих, так и подвергнутых замораживанию и длительному холодильному хранению плодов черешни.

Все исследованные плоды черешни характеризовались отсутствием несвойственных сортам посторонних привкусов и запахов. Как показано на рисунке 2, к концу эксперимента высокие общие дегустационные оценки (4,4–4,7 балла) получили плоды сортов Дагестанка, Валерий Чкалов и Лезгинка, которые оказались лучшими по сокоудерживающей способности, рекомендованные по этому показателю для 12 месяцев холодильного хранения при t = –22 °С (табл. 3). По результатам дегустации черешня сортов Буйнакская черная, Полянка и Крупноплодная, замороженная погружением в жидкий хладоноситель, через 12 месяцев хранения при t = –22 °С имела общие дегустационные оценки 4,2, 4,1 и 4,2 балла, а замороженная россыпью в воздушной среде – 4,3, 4,2 и 4,3 балла соответственно. Низкие общие дегустационные оценки (3,5–3,8 балла) после 12 месяцев холодильного хранения получили плоды черешни сортов Жемчужная и Гудзон (рис. 2).

Выводы

Данное исследование направлено на определение оптимальных способов и режимов низкотемпературного консервирования черешни. Хотя высокая сохранность изученных пищевых веществ в плодах исследованного сортимента черешни наблюдалась после низкотемпературной обработки при t = –35 °С, другие примененные способы и режимы замораживания (россыпью в воздушной среде при t = –33 °С и погружением в жидкий хладоноситель (водно-спиртово-сахарный раствор в соотношении 65:20:15) при t = –24 °С) обеспечили хорошую стабильность нутриентного состава. Потери пищевых веществ в плодах всех сортов черешни после их низкотемпературной обработки россыпью в воздушной среде при t = –33 °С и замораживания погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °С, по сравнению с их сохранностью в плодах, замороженных в воздушной среде при t = –35 °С, составили в среднем 4,2–5, %. Наибольшее снижение нутриентного профиля плодов всех сортов было определено при их замораживании россыпью в воздушной среде морозильной камеры при t = –30 °С. Наиболее оптимальными режимами и способами замораживания, обеспечивающими лучшую сохранность исходного биохимического состава плодов, для всех сортов



Примечание: стандартная ошибка среднего значения для общей дегустационной оценки составила 0,052–0,076 баллов

Рисунок 2. Общая дегустационная оценка свежих и замороженных плодов черешни: a – россыпью в воздушной среде при t = –33 °C; b – погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C после 9 и 12 месяцев хранения при t = –22 °C

Figure 2. Sensory assessment of fresh and frozen cherries: a – in bulk in air at –33°C; b – in liquid coolant at –24°C after 9 and 12 months of storage at –22°C

черешни является замораживание россыпью в воздушной среде при t = –33 °C и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C.

Сохранность сахаров в плодах черешни к концу 12 месяцев холодильного хранения составила в воздушной среде от 81,4 % (сорт Жемчужная) до 86,4 % (сорт Валерий Чкалов), в жидком хладоносителе от 80,3 % (сорт Жемчужная) до 84,7 % (сорт Лезгинка); пектиновых веществ в воздушной среде от 83,7 % (сорт Жемчужная) до 89,0 % (сорт Дагестанка), в жидком хладоносителе от 84,4 % (сорт Жемчужная) до 88,2 % (сорт Дагестанка); антоцианов в воздушной среде от 85,1 % (сорт Жемчужная) до 88,5 % (сорт Валерий Чкалов), в жидком хладоносителе от 83,8 % (сорт Жемчужная) до 87,5 % (сорт Лезгинка); витамина С в воздушной среде от 77,5 % (сорт Жемчужная) до 81,6 % (сорт Валерий Чкалов), в жидком хладоносителе от 75,9 % (сорт Жемчужная) до 79,0 % (сорт Валерий Чкалов). Количество тируемых кислот в плодах черешни, замороженных как россыпью в воздушной среде при t = – 33 °C, так и погружением в жидкий хладоноситель при t = –24 °C, в течение всего периода хранения увеличилось. Рост кислотности в плодах черешни, в зависимости от сорта, к концу 12 месяцев хранения при t = –22 °C составил от 12,3 % для сорта Крупноплодная до 17,1 % для сорта Жемчужная (воздушная среда) и от 15,1 % для сорта Дагестанка до 18,9 % для сорта Гудзон (жидкий хладоноситель).

Наименьшие потери клеточного сока в процессе дефростации, независимо от способа и режимов замораживания, определили в плодах черешни сортов Дагестанка, Валерий Чкалов и Лезгинка. У данных

сортов значения этого показателя к концу 12 месяцев холодильного хранения при t = –22 °C варьировались в пределах 7,2–10,0 %. К концу эксперимента эти сорта, отличившиеся наибольшей сокоудерживающей способностью, получили высокие общие дегустационные оценки (4,4–4,7 балла).

Плоды всех изучаемых сортов черешни, выращиваемых в Дагестане, по комплексу органолептических и биохимических показателей качества, а также сокоудерживающей способности пригодны к низкотемпературному консервированию в течение 3, 9 и 12 месяцев хранения и распределены на три группы по уровню желательности Харрингтона. Наиболее пригодными к низкотемпературному замораживанию и длительному холодильному хранению в течение 12 месяцев при t = –22 °C оказались плоды сортов Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов; ко второй группе отнесли плоды черешни сортов Буйнакская черная, Крупноплодная и Полянка, которые рекомендуется хранить до 9 месяцев. В третью группу вошли плоды черешни сортов Жемчужная и Гудзон, которые можно хранить без значительных изменений их исходных физико-химических и органолептических показателей до 3 месяцев при t = –22 °C.

Приемы замораживания изучаемых сортов черешни (россыпью в воздушной среде (t = –33 °C) и погружением в жидкий хладоноситель (t = –24 °C)) являются оптимальными. Они обеспечивают высокую сохранность исходных физико-технологических, биохимических и органолептических показателей черешни в течение длительного холодильного хранения – 3, 9 и 12 месяцев при t = –22 °C.

Критерии авторства

Все авторы внесли равный вклад в получении экспериментальных данных и принимали участие в обработке, анализе и обобщении результатов исследований, а также в оформлении статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All authors contributed equally to the experimental work, data processing, analysis, and synthesis of research results, and bear equal responsibility for the information published in this paper.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References

1. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Nikityuk DB, Tutelyan VA. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. Problems of Nutrition. 2017;86(4):113–124. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067

2. Kodentsova VM, Zhilinskaya NV, Shpigel BI. Vitaminology: From molecular aspects to improving technology of vitamin status children and adults. Problems of Nutrition. 2020;89(4):89–99. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045

3. Tutelyan VA, Nikityuk DB, Baturin AK, Vasiliev AV, Gapparov MMG, Zhilinskaya NV, *et al.* Nutriome as the direction of the “main blow”: Determination of physiological needs in macroand micronutrients, minor biologically active substances. Problems of Nutrition. 2020;89(4):24–34. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039

4. Johnson-Down L, Willows N, Kenny T-A, Ing A, Fediuk K, Sadik T, *et al.* Optimization modelling to improve the diets of First Nations individuals. Journal of Nutritional Science. 2019;8. https://doi.org/10.1017/jns.2019.30

5. Tam E, Keats EC, Rind F, Das JK, Bhutta ZA. 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. 2020;12(2). https://doi.org/10.3390/nu12020289

6. Alloyarova YuV, Kolotova DS, Derkach SR. Nutritional and therapeutic potential of functional components of brown seaweed: A review. Foods and Raw Materials. 2024;12(2):398–419. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-2-616

7. Melnichenko GA, Troshina EA, Platonova NM, Panfilova EA, Rybakova AA, Abdulkhabirova FM, *et al.* Iodine deficiency thyroid disease in the Russian Federation: The current state of the problem. Analytical review of publications and data of official state statistics (Rosstat). Consilium Medicum. 2019;21(4):14–20. (In Russ.). https://doi.org/10.26442/20751753.2019.4.190337

8. Statsenko ES, Shtarberg MA, Borodin EA. Functional biscuits with soy protein. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(3):513–524. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2454

9. Popova AYu, Tutelyan VA, Nikityuk DB. On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. Problems of Nutrition. 2021;90(4):6–19. (In Russ.). https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19

10. Praskova JuA, Kiseleva TF, Reznichenko IYu, Frolova NA, Shkrabtak NV, Lawrence Yu. Biologically active substances of Vitis amurensis Rupr.: Preventing premature aging. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(1):159–169. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-159-169

11. Yeung AWK, Tzvetkov NT, Pirgozliev V, Zengin G, Wang D, Xu S, *et al.* The berries on the top. Journal of Berry Research. 2019;9(1):125–139.

12. Stepakova NN, Reznichenko IYu, Kiseleva TF, Shkrabtak NV, Frolova NA, Praskova YuA. Vegetable raw materials of the far eastern region as a source of biologically active substances. Food Industry. 2020;(3):16–21. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10025

13. Akimov MYu. New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry. Problems of Nutrition. 2020;89(4):244–254. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10057

14. Akimov MYu, Bessonov VV, Kodentsova VM, Eller KI, Vrzhesinskaya OA, Beketova NA, *et al.* Biological value of fruits and berries of Russian production. Problems of Nutrition. 2020;89(4):220–232. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055

15. Guseinova BM, Asabutaev IH, Daudova TI. 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. 2021;(1):14–29. (In Russ.). https://doi.org/10.36107/spfp.2021.185

16. Fedorenko VF, Mishurov NP, Kondratieva OV, Fedorov AD, Slinko OV. Analysis of the state and perspective directions of development of nursery and horticulture. Moscow: Rosinformagrotech; 2019. 88 p. (In Russ.). [Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства / В. Ф. Федоренко [и др.]. М.: Росинформагротех, 2019. 88 с.].

17. Akulenko EG, Yagovenko GL. Assessment of adaptive potential of selected cherry varieties for the south of the Non-Black Earth region. Horticulture and Viticulture. 2022;(5):5–9. (In Russ.). https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-5-5-9

18. Alekhina EM. Breeding evaluation of sweet cherry variety`s forms on complex of economically valuable signs. Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2019;(57):18–28. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28

19. Zaremuk RSh, Dolya YuA. Sweet cherry competitive varieties for the horticulture of the Krasnodar territory. Horticulture and Viticulture. 2021;(3):29–35. (In Russ.). https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-3-29-35

20. Guseynova BM, Asabutaev IH, Daudova TI. Assessment of apricots suitability for shock freezing according to physical and technological quality indicators. Journal of International Academy of Refrigeration. 2021;(1):74–83. (In Russ.). https://doi.org/10.17586/1606-4313-2021-20-1-74-83

21. Kolodyaznaya VS, Rumyantseva ON, Kiprushkina EI. The history and the prospects of food refrigeration. Journal of International Academy of Refrigeration. 2023;(1):47–54. (In Russ.). https://doi.org/10.17586/1606-4313-2023-22-1-47-54

22. Adkison EC, Biasi WB, Bikoba V, Holstege DM, Mitcham EJ. Effect of canning and freezing on the nutritional content of apricots. Journal of Food Science. 2018;83(6):1757–1761. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14157

23. Wani SM, Masoodi FA, Haq E, Ahmad M, Ganai SA. Influence of processing methods and storage on phenolic compounds and carotenoids of apricots. LWT. 2020;132. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109846

24. Wani SM, Masoodi FA, Ahmad M, Mir SA. Processing and storage of apricots: Effect on physicochemical and antioxidant properties. Journal of Food Science and Technology. 2018;55(11):4505–4514 https://doi.org/10.1007/s13197-018-3381-x

25. Deryabina SS, Kolodyaznaya BC. Quality of apricots frozen in liquid non-boiling coolants. Production and Sale of Ice-Cream and Frozen Foods. 2003;(2):34–37. (In Russ.). [Дерябина С. С., Колодязная В. С. Качество плодов абрикосов при замораживании в жидких некипящих хладоносителях // Производство и реализация мороженого и быстрозамороженных продуктов. 2003. № 2. С. 34–37.].