

DOI 10.31029/vestdnc95/2

УДК 634.21:664.8

**ДИНАМИКА ТОВАРНО-ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ
И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ ЧЕРЕШНИ
В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ**

Б. М. Гусейнова, ORCID: 0000-0002-3104-5100

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

**DYNAMICS OF COMMODITY-CONSUMER
AND BIOCHEMICAL QUALITY INDICATORS OF SWEET CHERRY FRUITS
DURING LONG-TERM REFRIGERATION STORAGE**

B. M. Guseynova, ORCID: 0000-0002-3104-5100

Daghestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Russia

Аннотация. Черешня (*Prunus avium* L.) – скоропортящийся продукт, поэтому поиск технологических решений, обеспечивающих в течение длительного периода хранения высокую сохранность ее товарно-потребительских, биохимических и других полезных свойств, актуален. Цель исследований – изучение изменения показателей качества плодов черешни при хранении ($t = -18^{\circ}\text{C}$) в течение 3, 6 и 9 месяцев; определение оптимальных технологических режимов, способов и сроков хранения, способствующих наибольшей сохранности исходных свойств черешни восьми сортов: Валерий Чкалов, Гудзон, Крупноплодная, Полянка, Буйнакская черная, Дагестанка, Жемчужная и Лезгинка, выращиваемых в экспериментальных насаждениях Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур. Изучено влияние на показатели качества плодов режимов и способов их замораживания: погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) при $t = -18^{\circ}\text{C}$; в воздушной среде (ВС) скороморозильной камеры ($t = -18^{\circ}\text{C}$ и $t = -30^{\circ}\text{C}$), а также длительность периода хранения – 3, 6 и 9 месяцев при $t = -18^{\circ}\text{C}$. Наилучшая сохранность пищевых веществ и товарно-потребительских свойств плодов в процессе хранения наблюдалась после их замораживания в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$, а худшая – после заморозки в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$. После 9-месячного хранения в черешне, замороженной в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$, массовая концентрация сахаров сохранилась на уровне 84,6–88,3%, количество кислот увеличилось в пределах 7,6–10,5%, а сокоудерживающая способность при дефростации плодов варьировалась от 88,3 до 92,3% в зависимости от сорта. Разница в динамике вышеназванных показателей качества у черешни, замороженной погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$, к концу 9 месяцев хранения составила менее 2,8% по сравнению с плодами, замороженными в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$. В исследованном сорimente наилучшую сохранностью физико-химических и товарно-потребительских свойств в процессе замораживания и длительного 9-месячного хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$ характеризовались сорта черешни Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов.

Abstract. Sweet cherry (*Prunus avium* L.) is a perishable product, therefore, the search for technological solutions that ensure high safety of its commodity-consumer, biochemical and other important properties over a long storage period is relevant. The purpose of the research is to study changes in quality of sweet cherries during long-term storage ($t = -18^{\circ}\text{C}$) of 3, 6 and 9 months; determination of optimal technological modes, methods and storage periods resulting in the best preservation of the initial properties of sweet cherries of the eight varieties: Valeriy Chkalov, Gudzon, Krupnoplodnaya, Polyanka, Buinakskaya chernaya, Daghestanka, Zhemchuzhnaya and Lezginka, grown in experimental plantings of the Daghestan breeding experimental station of fruit crops. The impact of modes and methods of their freezing on the quality indicators of fruits is studied: immersion in a liquid coolant (LC) at $t = -18^{\circ}\text{C}$; in the air environment (AE) of the quick-freezing chamber ($t = -18^{\circ}\text{C}$ and $t = -30^{\circ}\text{C}$), as well as the duration of the storage periods of 3, 6 and 9 months at $t = -18^{\circ}\text{C}$. The best preservation of food substances and commercial and consumer properties of fruits during storage is observed after their freezing in AE at $t = -30^{\circ}\text{C}$, and the worst – at $t = -18^{\circ}\text{C}$. After 9 months of storage in sweet cherries frozen in AE at $t = -30^{\circ}\text{C}$, the mass concentration of sugars remained at the level of 84.6–88.3%, the amount of acids increased in the range of 7.6–10.5%, and the juice-retaining capacity during fruit defrosting altered from 88.3 to 92.3% depending on the variety. The difference in the dynamics of the above quality parameters in sweet cherries frozen by immersion in LC at $t = -18^{\circ}\text{C}$ had been less than 2.8% by the end of 9 months of storage compared to fruits frozen in AE at $t = -30^{\circ}\text{C}$. In the studied assortment, Lezginka, Daghestanka and Valeriy Chkalov sweet cherry varieties are characterized by the best preservation of physicochemical and commodity-consumer properties during freezing and long-term storage of 9 months at $t = -18^{\circ}\text{C}$.

Ключевые слова: плоды черешни (*Prunus avium* L.), сорт, товарно-потребительские показатели качества, пищевые вещества, холодильное хранение, способы и режимы замораживания.

Keywords: sweet cherries (*Prunus avium* L.), varieties, commodity-consumer quality indicators, food substances, refrigeration storage, freezing methods and modes.

Питание – один из важнейших факторов, обеспечивающих здоровье человека и определяющих качество и продолжительность его жизни. Одними из основных факторов, приводящих к нарушению обмена веществ в организме человека и возникновению алиментарнозависимых заболеваний, как считают ученые-нутрициологи, являются нерациональное питание и дефицит в пище эссенциальных микронутриентов [1–5].

В настоящее время существенно возросла потребность организма современного человека в необходимом количестве жизненно важных макро- и микронутриентов, причиной этого, наряду с нерациональной структурой питания, послужило возникновение и нарастание ряда неблагоприятных экологических проблем, увеличение нервно-эмоциональных нагрузок и изменение ритма жизни человека [1–4].

Известно, что плодоовощные культуры – это богатейший источник природных микронутриентов, без которых невозможно обеспечить полноценное сбалансированное питание. Для правильного функционирования организма, предотвращения преждевременного старения и возникновения ряда алиментарно-зависимых заболеваний в ежедневный рацион взрослого человека необходимо включить около 40% фруктов и овощей [6–11]. Предполагается, что потребление их на уровне более 800 г/сут. могло бы предотвратить 7,8 млн случаев преждевременной смерти во всем мире [12].

Большой популярностью среди потребителей в нашей стране пользуются плоды черешни (*Prunus avium* L.), которые ценятся за раннее созревание, хорошие вкусовые свойства и достаточно высокое содержание полезных для организма человека эссенциальных нутриентов. Черешня имеет достаточно высокий антиоксидантный потенциал и оказывает мощное противовоспалительное действие, что обусловлено содержанием в ней витамина С, различных полифенолов, включая антоцианы. Она также содержит достаточное количество кислот, пектиновых и минеральных веществ (солей калия, кальция, магния и железа). Черешня имеет более низкий гликемический индекс, чем многие фрукты и ягоды, что делает ее лучшим продуктом для диабетиков или тех людей, которые находятся в группе риска [10, 13–17].

Однако плоды черешни отличаются низкой лежкостью и транспортабельностью, поэтому срок их потребления в свежем виде после сбора урожая составляет всего лишь 7–10 дней. В связи с этим основной задачей, стоящей перед учеными-технологами, является разработка экологически безопасных, конкурентоспособных и экономически обоснованных технологий длительного хранения черешни, способствующих решению проблемы круглогодичного обеспечения населения этим ценным продуктом.

Прогрессивным и наиболее эффективным приемом, используемым для продления срока хранения скоропортящегося растительного сырья, является технология низкотемпературного хранения [11, 18]. По данным источника "Frozen Fruits and Vegetables Market", мировой объем рынка замороженных фруктов и овощей в 2023 г. составил 4,31 млрд долларов США, а темпы его роста увеличились на 6,7% [19].

Кроме того, в связи с запуском мировой инициативы «Переход к минус 15 °С» исследование качества и степени сохранности физико-химических характеристик замороженных продуктов при различных условиях замораживания и хранения становится особенно актуальным [20].

Цель исследования – изучить влияние различных режимов и способов замораживания, времени хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$ на сохранность исходных физико-химических свойств плодов черешни (*Prunus avium* L.); выявить сорта черешни, наиболее пригодные для низкотемпературного консервирования, а также определить оптимальные технологические приемы и сроки ее холодильного хранения.

Объекты и методы исследований

Для изучения пригодности к низкотемпературному консервированию были взяты плоды черешни сортов Валерий Чкалов, Гудзон, Крупноплодная, Полянка, Буйнакская черная, Дагестанка, Жемчужная и Лезгинка, возделываемых в природно-климатических условиях предгорья Дагестана.

Технологическая схема проведения исследований по изучению влияния различных способов и режимов замораживания, а также сроков холодильного хранения ($t = -18^{\circ}\text{C}$) на сохранность биохимического состава, сокоудерживающей способности и органолептических свойств плодов различных сортов черешни в процессе низкотемпературного консервирования включала следующие этапы работы:

- плоды сортировали, удаляли плодоножки, мыли водопроводной водой и подсушивали;
- замораживание плодов проводили способами:

а) погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) – свежие плоды черешни погружали в водно-спиртово-сахарный раствор (65:20:15) при температуре $t = -18^{\circ}\text{C}$ до полного покрытия поверхностного слоя плодов. Затем емкости отправляли в морозильную камеру ($t = -18^{\circ}\text{C}$);

б) в воздушной среде (ВС) – замораживание плодов черешни россыпью (толщина слоя 3–4 см) в низкотемпературном шкафу при $t = -18^{\circ}\text{C}$ и -30°C до достижения в центре плода температуры $t = -18^{\circ}\text{C}$;

– замороженные разными способами и режимами плоды черешни отправляли на хранение в холодильной камере в течение 3, 6 и 9 месяцев при $t = -18^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90–95%;

– перед проведением оценки качества по товарно-потребительским и биохимическим показателям замороженные плоды черешни подвергали дефростации до достижения в центре плода температуры 4–5°C.

Плоды черешни свежие и замороженные исследовали по следующим биохимическим показателям: общее содержание сахаров – ГОСТ 8756.13-87 и титруемых кислот – ГОСТ ISO 750.

Дегустационную оценку опытных образцов черешни проводили по 5-балльной шкале по ГОСТ ISO 6658-2016.

Сокоотдачу замороженных плодов черешни (X , %) в процессе оттаивания вычисляли по разности массы замороженных и размороженных плодов, выраженной в процентах к исходной массе плода, пользуясь формулой:

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_k} * 100\%,$$

где: M_1 – масса замороженных плодов черешни до размораживания, г; M_2 – масса замороженных плодов черешни после процесса оттаивания, г; M_k – масса косточек плодов черешни, г.

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

Результаты экспериментальных исследований были подвержены статобработке с применением методов математической статистики и пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Статистически значимыми считали различия при $P \leq 0,05$. Окончательные результаты исследований представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$).

Результаты исследований и их обсуждение

Отличительной особенностью плодов черешни, наряду с наличием большого количества фенольных соединений, как известно, является высокое содержание в них сахаров. В работе [21] показано, что в некоторых сортах их концентрация может достигать до 18%. Массовая концентрация сахаров в свежих плодах опытных образцов черешни в зависимости от сорта варьировалась в пределах 10,54 (Валерий Чкалов) – 12,47% (Полянка).

В зависимости от содержания сахаров фрукты и ягоды подразделяют на три группы: с высоким содержанием – 15–25%, со средним – 7,0–14,9% и с низким – 2,0–6,9% [22]. Согласно этой классификации все исследованные сорта черешни оказались в группе плодов со средним сахаронакоплением (рис. 1).

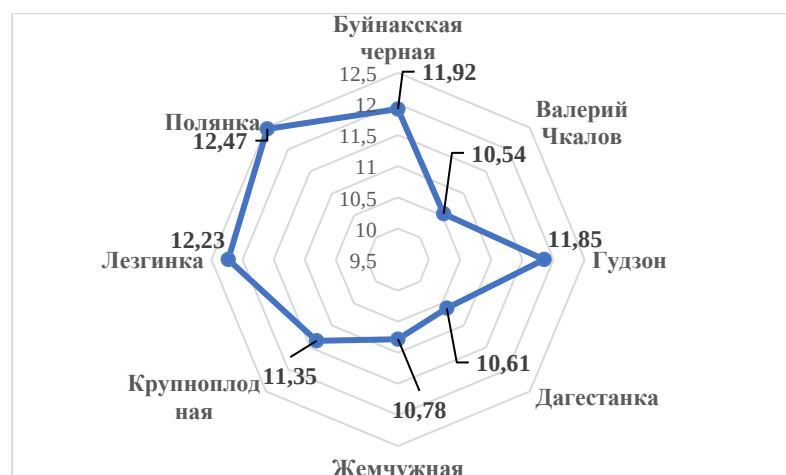


Рис. 1. Массовая концентрация сахаров (%) в свежих плодах местных и интродуцированных сортов черешни из Дагестана (средняя за 2021–2023 гг.)

Определено, что во всех сортах черешни после низкотемпературной обработки при всех примененных режимах и способах замораживания и в процессе их длительного холодильного хранения при $t = -18^\circ\text{C}$ происходит снижение содержания сахаров (табл. 1). С увеличением срока холодильного хранения, в плодах почти всех изучаемых сортов наблюдалось усиление разрушения сахаров. В черешне, замороженной погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) при $t = -18^\circ\text{C}$, после 3 и 6 месяцев хранения количество сахаров, по сравнению с их содержанием в свежих плодах, уменьшилось на 8,91 (Валерий Чкалов)

– 11,46% (Жемчужная) и 10,5 (Дагестанка) – 13,8% (Жемчужная) соответственно. В черешне, замороженной россыпью в воздушной среде (ВС) при $t = -30^{\circ}\text{C}$, сохранность сахаров, в сортовом разрезе после вышеуказанных периодов хранения, оказалась больше на 0,4–0,8 и 0,3–0,7% соответственно, чем в плодах, предварительно замороженных погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$ (табл. 1).

Таблица 1. Изменение массовых концентраций сахаров в плодах различных сортов черешни в зависимости от технологических приемов замораживания и сроков хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$

Сорт черешни	Массовая концентрация сахаров в плодах опытных образцов черешни, %			
	после замораживания	после 3 месяцев холо- дильного хранения	после 6 месяцев холо- дильного хранения	после 9 месяцев холо- дильного хранения
Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию россыпью в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$				
Буйнакская черная	10,38±0,12	10,30±0,17	10,20±0,16	9,86±0,14
Валерий Чкалов	9,37±0,08	9,28±0,13	9,16±0,15	9,08±0,15
Гудзон	10,19±0,10	10,05±0,15	9,87±0,12	9,61±0,14
Дагестанка	9,73±0,09	9,62±0,12	9,46±0,13	9,18±0,13
Жемчужная	9,11±0,11	9,04±0,14	8,90±0,10	8,69±0,14
Крупноплодная	9,85±0,10	9,76±0,16	9,65±0,15	9,51±0,16
Лезгинка	10,76±0,014	10,67±0,17	10,60±0,18	10,26±0,17
Полянка	11,14±0,016	11,09±0,18	10,95±0,16	10,76±0,13
Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$				
Буйнакская черная	10,98±0,14	10,80±0,12	10,59±0,14	10,38±0,16
Валерий Чкалов	9,85±0,10	9,68±0,13	9,47±0,13	9,30±0,11
Гудзон	10,83±0,12	10,68±0,14	10,39±0,16	10,18±0,15
Дагестанка	9,89±0,11	9,74±0,12	9,56±0,15	9,31±0,09
Жемчужная	9,80±0,10	9,59±0,13	9,37±0,14	9,12±0,11
Крупноплодная	10,45±0,15	10,23±0,16	10,04±0,14	9,85±0,14
Лезгинка	11,31±0,15	11,08±0,18	10,87±0,17	10,65±0,16
Полянка	11,57±0,17	11,39±0,17	11,14±0,16	11,00±0,19
Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$				
Буйнакская черная	10,96±0,14	10,73±0,12	10,54±0,17	10,41±0,16
Валерий Чкалов	9,80±0,09	9,60±0,10	9,39±0,14	9,26±0,12
Гудзон	10,77±0,13	10,59±0,13	10,33±0,15	10,11±0,15
Дагестанка	9,86±0,15	9,66±0,11	9,50±0,12	9,24±0,13
Жемчужная	9,75±0,11	9,54±0,14	9,30±0,13	9,06±0,12
Крупноплодная	10,36±0,15	10,17±0,15	9,98±0,10	9,78±0,11
Лезгинка	11,29±0,19	11,04±0,16	10,80±0,16	10,58±0,17
Полянка	11,51±0,18	11,31±0,17	11,11±0,19	10,94±0,15

К концу 9-месячного срока холодильного хранения самая высокая сохранность сахаров – 84,6 (Жемчужная) – 88,2% (Полянка) обнаружена в плодах черешни, предварительно подвергнутых низкотемпературной обработке россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). В черешне, замороженной погружением в жидкий хладоноситель при $t = -18^{\circ}\text{C}$, уменьшение количества сахаров после 9 месяцев холодильного хранения варьировалось в зависимости от сортовой специфики в пределах 12,2 (Валерий Чкалов) – 16,0% (Жемчужная). Вероятно, наблюдаемое в процессе хранения снижение количества сахаров обусловлено разрушительным действием низких температур на клеточные стенки плодов, потерями при размораживании, а также ферментативным гидролизом сахарозы и окислением моносахаридов под действием оксидаз в процессе хранения, малое количество которых не было ингибировано низкотемпературным стрессом [23].

На вкус фруктов и ягод, наряду с сахарами, значительное влияние оказывают органические кислоты, обладающие бактерицидным действием и активно участвующие в обменных процессах, происходящих в живых системах. Среднее содержание органических кислот в плодах изучаемой черешни составило 0,78%, при этом в зависимости от сорта отмечен широкий предел варьирования этого показателя – от 0,63 (Буйнакская черная) до 1,10% (Полянка) (рис. 2).

Весь исследованный сортимент черешни, как интродуцированных сортов, так и местной селекции, по способности к накоплению в плодах органических кислот (в пределах 0,63–1,10%) можно отнести к группе сортов со средней кислотностью (0,5–1,9%).

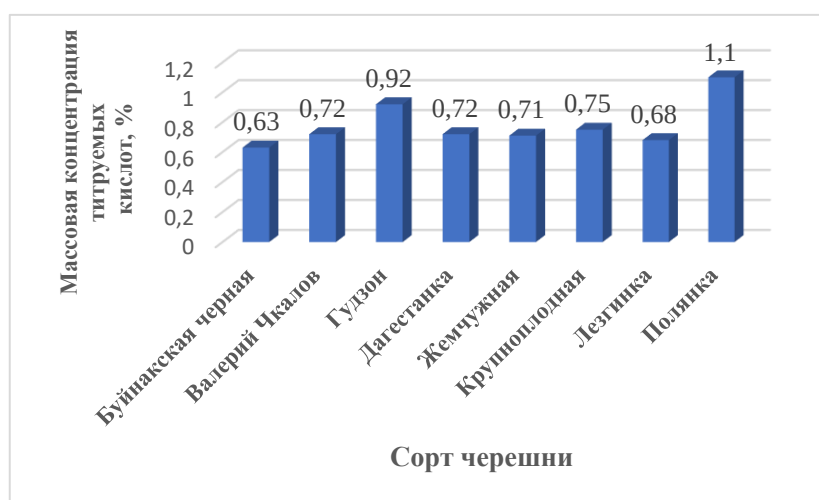


Рис. 2. Массовая концентрация титруемых кислот (%) в свежих плодах местных и интродуцированных сортов черешни из Дагестана (средняя за 2021–2023 гг.)

Массовая концентрация органических кислот в исследованной черешне в результате низкотемпературной обработки и последующего хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$, в отличие от сахаров, незначительно увеличилась при всех примененных технологических режимах и способах замораживания, а также сроках хранения, что может быть связано, как считают В.С. Колодязная и С.С. Дерябина [23], с образованием продуктов неполного окисления углеводов, прежде всего органических кислот, из-за не полностью прекратившихся в замороженных плодах процессов окисления и фосфорилирования. Известно, что моносахариды в кислой среде под действием ферментов оксидаз, и прежде всего глюкозидазы и каталазы, способны окисляться до альдоновых кислот, что также приводит к повышению кислотности замороженных плодов [23].

В черешне, предварительно замороженной россыпью в воздушной среде (ВС) при $t = -18^{\circ}\text{C}$, рост количества кислот после 3 и 6 месяцев холодильного хранения составил 9,6 (Лезгинка) – 12,0% (Жемчужная) и 10,5 (Дагестанка) – 13,3% (Гудзон) соответственно. В плодах, замороженных погружением в жидкий хладоноситель (ЖХ) при $t = -18^{\circ}\text{C}$, по истечении вышеуказанных сроков хранения кислотность увеличилась на 6,3 (Дагестанка) – 9,2% (Гудзон) и 7,0 (Дагестанка) – 10,0% (Гудзон) соответственно, по сравнению с исходным количеством, определенным в свежих плодах. Наибольшая стабильность (на уровне 91,2–94,8%) количества органических кислот в черешне по истечении 3 и 6 месячного срока холодильного хранения определена у плодов, предварительно подвергнутых шоковой заморозке россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Титруемая кислотность опытных образцов черешни, предварительно замороженных как россыпью в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$ и -30°C , так и погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$, повысилась к концу 9-месячного холододового хранения в зависимости от сорта соответственно на 11,6 (Дагестанка) – 14,4% (Гудзон); 7,6 (Лезгинка) – 10,5% (Гудзон) и 8,5 (Дагестанка, Полянка) – 11,7% (Гудзон), по сравнению с той, которая была определена в свежих плодах (табл. 2 и рис.2).

Показателем, определяющим гармоничность содержания сахаров и кислот, является сахарокислотный индекс (СКИ) – отношение количества сахаров к концентрации кислот в плодах. Наиболее гармоничным содержанием сахаров и кислот в свежих плодах и лучшими вкусовыми характеристиками выделились сорта черешни Буйнакская черная, Лезгинка, Жемчужная и Крупноплодная, у которых показатели СКИ варьировались в пределах 15,1–18,9 о. е. (относительная единица).

На рис. 3 показано изменение СКИ к концу 9-месячного холодильного хранения опытных образцов черешни, предварительно подвергнутых замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$, а также россыпью в ВС при $t = -18$ и -30°C . Наилучшие показатели СКИ (14,1–15,1 о. е.) после девятимесячного холодильного хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$ определены у черешни Буйнакская черная и Лезгинка, которые перед закладкой на хранение были подвергнуты замораживанию как в воздушной среде при $t = -30^{\circ}\text{C}$, так и погружением в жидкий хладоноситель при $t = -18^{\circ}\text{C}$. Такая низкотемпературная обработка черешни привела к снижению значений СКИ на 18,6 (Полянка) – 24,3% (Жемчужная) по сравнению с показателями СКИ, определенными у свежих плодов.

Таблица 2. Изменение массовых концентраций органических кислот в плодах различных сортов черешни в зависимости от технологических приемов замораживания и сроков хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$

Сорт черешни	Массовая концентрация кислот в плодах опытных образцов черешни, %			
	после замораживания	после 3 месяцев холодильного хранения	после 6 месяцев холодильного хранения	после 9 месяцев холодильного хранения
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию россыпью в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
Буйнакская черная	0,69±0,017	0,70±0,019	0,71±0,020	0,72±0,014
Валерий Чкалов	0,78±0,016	0,79±0,015	0,80±0,018	0,81±0,017
Гудзон	1,01±0,019	1,03±0,021	1,04±0,021	1,05±0,019
Дагестанка	0,78±0,015	0,79±0,016	0,80±0,019	0,80±0,020
Жемчужная	0,79±0,016	0,80±0,018	0,80±0,019	0,81±0,018
Крупноплодная	0,82±0,018	0,83±0,017	0,84±0,018	0,85±0,017
Лезгинка	0,74±0,017	0,75±0,016	0,76±0,014	0,77±0,016
Полянка	1,18±0,020	1,21±0,023	1,22±0,025	1,20±0,023
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$			
	после замораживания	после 3 месяцев холодильного хранения	после 6 месяцев холодильного хранения	после 9 месяцев холодильного хранения
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
Буйнакская черная	0,66±0,013	0,67±0,012	0,68±0,014	0,69±0,013
Валерий Чкалов	0,75±0,016	0,76±0,017	0,77±0,019	0,78±0,018
Гудзон	0,97±0,018	0,99±0,019	1,00±0,022	1,02±0,020
Дагестанка	0,75±0,019	0,76±0,014	0,77±0,015	0,78±0,016
Жемчужная	0,74±0,019	0,77±0,016	0,77±0,016	0,78±0,019
Крупноплодная	0,79±0,021	0,80±0,019	0,81±0,019	0,82±0,020
Лезгинка	0,71±0,017	0,71±0,018	0,72±0,018	0,73±0,017
Полянка	1,15±0,022	1,04±0,021	1,17±0,023	1,19±0,022
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
	после замораживания	после 3 месяцев холодильного хранения	после 6 месяцев холодильного хранения	после 9 месяцев холодильного хранения
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
Буйнакская черная	0,67±0,013	0,68±0,014	0,68±0,012	0,69±0,011
Валерий Чкалов	0,77±0,014	0,77±0,016	0,78±0,013	0,79±0,012
Гудзон	0,99±0,016	1,00±0,019	1,01±0,018	1,03±0,021
Дагестанка	0,76±0,019	0,77±0,015	0,77±0,016	0,78±0,017
Жемчужная	0,76±0,018	0,77±0,016	0,78±0,017	0,79±0,019
Крупноплодная	0,80±0,014	0,81±0,017	0,81±0,019	0,82±0,019
Лезгинка	0,73±0,015	0,73±0,018	0,74±0,016	0,75±0,016
Полянка	1,16±0,019	1,17±0,020	1,18±0,019	1,19±0,023

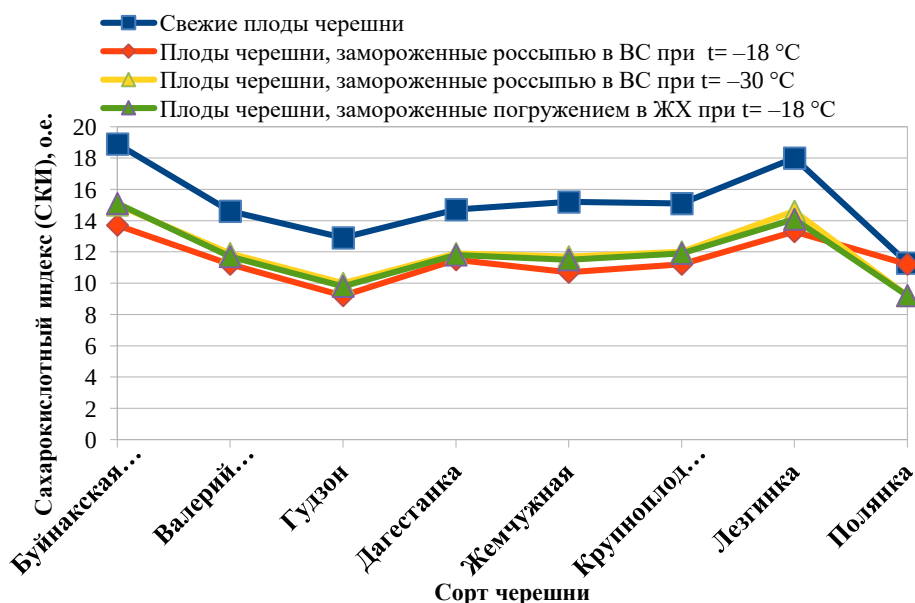


Рис. 3. Показатели сахарокислотного индекса (СКИ) у свежей и замороженной (различными способами) черешни после 9 месяцев холодильного хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$

Хорошая сокоудерживающая способность замороженной плодовоовощной продукции при оттаивании является одним из показателей пригодности к длительному хранению с применением технологии низкотемпературного замораживания. На сокоудерживающую способность плодов значительное влияние, наряду с биологическими особенностями сорта (прочность кожицы, консистенция мякоти и соотношения свободной и связанной воды в плодах), оказывают способы и режимы замораживания, сроки и условия холодильного хранения [11].

Для всех изучаемых сортов черешни при всех примененных режимах и способах замораживания с увеличением срока холодильного хранения отмечено заметное усиление сокоотдачи плодов в процессе оттаивания. Самой высокой сокоудерживающей способностью в процессе холодильного хранения отличились плоды, которые были подвергнуты шоковой заморозке в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$. Сокоотдача у черешни после 3 месяцев холодильного хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$ составила 4,6 (Лезгинка) – 8,1% (Жемчужная); через 6 месяцев, в зависимости от сорта, была на уровне 5,1 (Лезгинка) – 9,3% (Жемчужная), а к концу эксперимента (9 месяцев холодильного хранения) потери сока плодами при дефростации составили 6,0–11,7%.

Таблица 3. Показатели сокоотдачи у плодов черешни в процессе оттаивания с учетом сортовой принадлежности и технологических приемов низкотемпературного консервирования

Сорт черешни	Потеря сока замороженными плодами черешни при дефростации, %			
	после замораживания	после 3 месяцев холодильного хранения	после 6 месяцев холодильного хранения	после 9 месяцев холодильного хранения
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию россыпью в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
Буйнакская черная	10,7±0,15	12,5±0,19	15,4±0,20	18,0±0,23
Валерий Чкалов	8,4±0,13	10,7±0,15	13,0±0,18	16,2±0,24
Гудзон	11,2±0,22	13,4±0,24	16,8±0,24	21,2±0,27
Дагестанка	9,5±0,17	11,9±0,18	14,4±0,17	17,7±0,19
Жемчужная	12,0±0,19	14,1±0,25	17,3±0,26	20,5±0,22
Крупноплодная	10,1±0,18	12,6±0,17	15,9±0,22	19,4±0,25
Лезгинка	7,8±0,14	10,0±0,16	13,6±0,19	17,5±0,19
Полянка	10,7±0,16	12,4±0,19	15,0±0,23	17,9±0,21
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$			
	после замораживания	после 3 месяцев холодильного хранения	после 6 месяцев холодильного хранения	после 9 месяцев холодильного хранения
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
Буйнакская черная	5,5±0,07	6,9±0,10	8,0±0,13	9,6±0,12
Валерий Чкалов	4,2±0,06	4,8±0,09	5,4±0,08	6,7±0,10
Гудзон	6,1±0,09	7,2±0,12	8,6±0,14	10,4±0,15
Дагестанка	4,7±0,07	4,9±0,08	5,5±0,09	7,3±0,09
Жемчужная	6,7±0,11	8,1±0,14	9,3±0,12	11,7±0,18
Крупноплодная	5,1±0,09	5,3±0,11	6,9±0,10	8,4±0,13
Лезгинка	3,8±0,08	4,6±0,07	5,1±0,09	6,0±0,12
Полянка	5,3±0,10	6,7±0,11	8,1±0,13	9,2±0,16
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
	после замораживания	после 3 месяцев холодильного хранения	после 6 месяцев холодильного хранения	после 9 месяцев холодильного хранения
	Плоды черешни, подвергнутые перед хранением замораживанию погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$			
Буйнакская черная	5,7±0,08	6,6±0,12	8,7±0,14	10,9±0,15
Валерий Чкалов	4,8±0,07	5,2±0,08	6,2±0,12	7,8±0,13
Гудзон	6,9±0,11	7,8±0,14	9,6±0,22	12,0±0,21
Дагестанка	5,0±0,12	5,7±0,12	6,5±0,12	8,7±0,16
Жемчужная	6,9±0,09	8,9±0,17	9,9±0,19	12,8±0,18
Крупноплодная	5,7±0,10	6,9±0,15	7,9±0,16	9,6±0,12
Лезгинка	4,6±0,07	5,2±0,11	5,8±0,11	6,6±0,15
Полянка	5,8±0,13	7,0±0,13	9,1±0,17	10,6±0,19

Самые большие потери клеточного сока в цикле «замораживание – хранение – размораживание» определены у плодов черешни, предварительно замороженных россыпью в воздушной среде при $t = -18^{\circ}\text{C}$. Результаты варьировались в пределах 10,0–14,1%; 13,0–17,3% и 16,2–21,2% соответственно после 3, 6 и 9 месяцев холодильного хранения.

Определено, что для всех сортов черешни нецелесообразным является проведение предварительного замораживания черешни россыпью в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$ перед закладкой на длительное (3, 6 и 9 месяцев) холодильное хранение, так как при этом способе замораживания по истечении 9-месячного срока холодильного хранения плоды всех изучаемых сортов черешни попали в группу «удовлетворительных» (потеря сока в пределах 10–20%) и «непригодных» (потеря сока более 20%) для этого способа хранения (табл. 3).

Из изучаемого сортимента черешни при предварительном замораживании плодов россыпью в ВС при $t = -30^{\circ}\text{C}$ к концу 9 месяцев холодильного хранения всего лишь два сорта – Гудзон и Жемчужная попали в группу «удовлетворительных» для длительного хранения с применением технологии низкотемпературного замораживания (потеря сока 10,4 и 11,7%). А при условии предварительного замораживания погружением в ЖХ при $t = -18^{\circ}\text{C}$ в числе «удовлетворительных» оказались 4 сорта: Полянка (10,6%); Буйнакская черная (10,9%); Гудзон (12,0%) и Жемчужная (12,8%). К концу 9-месячного хранения при $t = -18^{\circ}\text{C}$ в группе «хороших» с потерей сока менее 10% оказались плоды черешни сортов: Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов, которые предварительно замораживались как россыпью в ВС ($t = -30^{\circ}\text{C}$), так и погружением в ЖХ ($t = -18^{\circ}\text{C}$).

По результатам дегустации самые высокие общие оценки к концу 9 месяцев холодильного хранения ($t = -18^{\circ}\text{C}$) получили плоды черешни, замороженные россыпью в ВС ($t = -30^{\circ}\text{C}$) – 3,9 (сорт Жемчужная) – 4,4 балла (сорт Валерий Чкалов), а при предварительном замораживании погружением в ЖХ лучшие оценки (4,2–4,3 балла) имела черешня сортов Лезгинка, Дагестанка и Валерий Чкалов. Самые низкие общие дегустационные оценки (3,2–3,5 балла) после 9 месяцев холодильного хранения были у черешни, замороженной россыпью в ВС при $t = -18^{\circ}\text{C}$.

Выводы

Самые незначительные изменения массовых концентраций сахаров и кислот в исследованных плодах интродуцированных и селекционных сортов черешни к концу 9-месячного холодильного хранения при температуре -18°C определены в опытных образцах, предварительно подвергнутых низкотемпературной обработке ($t = -30^{\circ}\text{C}$) в воздушной среде (ВС). Уровень стабильности сахаров в при этом находился в пределах 84,6 (сорт Жемчужная) – 88,3% (сорт Полянка), а количество органических кислот увеличилось на 7,6 (сорт Лезгинка) – 10,5% (сорт Гудзон) по сравнению с их содержанием в свежей черешне изучаемых сортов. Сокоудерживающая способность плодов при использовании этого режима замораживания к концу срока хранения варьировалась в пределах 88,3 (сорт Жемчужная) – 94% (сорт Лезгинка). Кроме того, выявлено, что и другой использованный технологический способ предварительной заморозки плодов погружением в водно-спиртово-сахарный раствор (ЖХ) при температуре -18°C также обеспечивает достаточно высокую сохранность сахарокислотного комплекса и сокоудерживающей способности плодов опытных образцов черешни по истечении 3-, 6- и 9-месячного холодильного хранения ($t = -18^{\circ}\text{C}$). Разница в потерях сахаров и кислот в черешне при вышеуказанных способах замораживания к концу девятимесячного хранения составляла менее 2,9%.

Наиболее низкой сохранностью физико-химических показателей и органолептических свойств после 9-месячного срока холодильного хранения отличились, независимо от сорта, плоды черешни, предварительно подвергнутые шоковой заморозке в ВС ($t = -18^{\circ}\text{C}$).

Результаты проведенных исследований показали, что оптимальным и экономичным по энергозатратам из использованных способов замораживания черешни перед закладкой ее на длительное холодильное хранение оказалось замораживание погружением плодов в жидкий хладоноситель при температуре -18°C . Наибольшее предпочтение из изученного сортимента черешни для длительного хранения с применением технологии низкотемпературного консервирования следует уделять сортам местной селекции Лезгинка и Дагестанка, а также интродуцированному сорту Валерий Чкалов.

Данное исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» (тема FNMN-2022-0009, № госрегистрации 122022400196-7).

ЛИТЕРАТУРА

1. Коденцова В.М., Жилинская Н.В., Шпигель Б.И. Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 89–99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045>
2. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Батуринов А.К. и др. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи // Вопросы питания. 2020. Т. 8, № 4. С. 24–34. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10039>
3. Johnson-Down L., Willows N., Kenny T., Ing A., Fediuk K., Sadik T., Man Chan Hing, Batal M. Optimization modelling to improve the diets of first nations individuals // Journal of Nutritional Science. 2019. Vol. 8. P. 1–18. <https://doi.org/10.1017/jns.2019.30>

4. Tam E., Keats E.C., Rind F., Das J.K., Bhutta Z.A. 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. Vol. 12, N 2. <https://doi.org/10.3390/nu12020289>.
5. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // *Вопросы питания*. 2017. Т. 86, № 4. С. 113–124.
6. Праскова Ю.А. и др. Биологически активные вещества *Vitisamurensis Rupr.* для профилактики преждевременного старения // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51, № 1. С. 159–169. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-159-169>.
7. Yeung Andy Wai Kan, Tzvetkov N.T., Zengin Gokhan, Wang Dongdong, Xu Suowen, Mitrović Goranka et al. The berries on the top // *J. Berry Research*. 2019. Vol. 9, N 1. P.125–139. DOI: 10.3233/JBR-1803574.
8. Степакова Н.Н. и др. Растительное сырье Дальневосточного региона как источник биологически активных веществ // *Пищевая промышленность*. 2020. № 3. С. 16–21.
9. Акимов М.Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, № 4. С. 244–254. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057.
10. Гусейнова Б.М., Мусаева Р.Т. Нутриентный профиль местных селекционных и интродуцированных сортов черешни, культивируемых в условиях Дагестана // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2023. № 2-3 (392). С. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2023.2-3.2>.
11. Гусейнова Б.М., Асабутаев И.Х., Даудова Т.И. Влияние низкотемпературных режимов консервирования на сохранность товарных качеств и нутриентного состава абрикосов с учетом сортовых особенностей и сроков хранения // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. №1. С. 15–29. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.185>
12. Aune D., Giovannucci E.L., Boffetta P., Fadnes L.T., Keum N., Norat T. et al. 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 // *Int. J. Epidemiol.* 2017. Vol. 46, N 3. P. 1029–1056. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyw319>
13. Заремук Р.Ш., Доля Ю.А. Конкурентоспособные сорта черешни для садоводства Краснодарского края // *Садоводство и виноградарство*. 2021. № 3. С. 29–35. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-29-35.
14. Причко Т.Г., Алехина Е.М. Показатели качества плодов новых сортов черешни // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2018. № 6. С. 45–48. DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48.
15. Jakobek L. et al. Phenolic compound composition and antioxidant activity of fruits of *Rubus* and *Prunus* species from Croatia // *International Journal of Food Science and Technology*. 2009. Vol. 44, P. 860–868.
16. Serra A.T. et al. Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal // *Food Chemistry*. 2011. Vol. 125. P. 318–325.
17. Гусейнова Б.М., Абдулгамидов М.Д., Мусаева Р.Т. Товарно-потребительские показатели качества и хозяйственно-ценные признаки интродуцированных сортов черешни разных сроков созревания, культивируемых в предгорной плодовой зоне Дагестана // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022. Т. 17. № S2 (66). С. 14–21. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-12-19.
18. Колодязная В.С., Румянцева О.Н., Кипрушкина Е.И. История и перспективы развития холодильной технологии пищевых продуктов // *Вестник Международной академии холода*. 2023. № 1. С. 47–54. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-47-54.
19. Frozen Fruits and Vegetables Market Outlook. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/frozen-fruits-and-vegetables-market> (дата обращения: 01.02.2024).
20. Raising frozen temperatures could slash emissions. Ozone Program [Цайт]. URL: <https://www.coolingpost.com/world-news/raising-frozen-temperatures-could-slash-emissions/> (дата обращения: 01.02.2024).
21. Жбанова Е.В., Кружков А.В., Коваленко Т.В. Товарно-потребительские качества и химический состав перспективных сортов и форм черешни в условиях ЦЧР // *Вестник ОрелГАУ*. 2016. № 5(62). С. 30–35.
22. Гусейнова Б.М., Абдулгамидов М.Д. Технические и биохимические показатели качества селекционных сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана // *Таврический вестник аграрной науки*. 2022. № 4(32). С. 47–61.
23. 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.

Поступила в редакцию 12.07.2024 г.
Принята к печати 23.12.2024 г.

Гусейнова Батуч Мухтаровна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник, зав. отделом плодовоовощеводства и переработки, Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан; e-mail: batuch@yandex.ru

Batuch M. Guseynova, Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, main researcher, Head of the Department of Horticulture and Processing, Daghestan Agriculture Science Center; e-mail: batuch@yandex.ru