



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.8:634.1:635.64

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.020



ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФРУКТОВ ПОСЛЕ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШКИ

Татьяна Григорьевна Причко¹, Наталья Васильевна Дрофичева²

^{1, 2} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

¹ prichko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5153-482>

² Droficheva.nata@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0003-1552-159X>

Аннотация. Большая часть фруктов имеет сочную водянистую консистенцию, массовая доля жидкости в которых может достигать 70–80 %, что является одним из критериев быстрой порчи. Поэтому при переработке необходимо не только минимизировать ее содержание, но и сохранить качество и структуру готового продукта. Такого эффекта можно добиться при использовании лиофильной сушильной установки, осуществляющей процесс дегидратации. В лаборатории хранения и переработки плодов и ягод ФГБНУ СКФНЦСВВ установлены изменения показателей качества фруктового сырья после проведения лиофилизации. Исследовано влияние параметров сушки плодов яблоны, абрикоса, черешни, земляники и малины (температура, время) на внешний вид, химические и органолептические показатели сухофруктов. Процесс сушки происходит при низкой температуре (–82 °C) и давлении (1 Па), благодаря чему свежие фрукты сохраняют свои свойства, что дает возможность хранить их длительно. За счет высокого вакуума нестабильные вещества в составе фруктов не подвергаются окислению кислородом, что позволяет сберечь привлекательный внешний вид. По результатам проведенных лабораторных опытов установлены закономерности изменения содержания витаминов С, Р, полифенольных и других биологически активных веществ (БАВ) в фруктовом сырье. Установлено, что потери БАВ не значительны и составляют не более 10 %. Органолептическая оценка высушенных фруктов по категориям – вкус, цвет, аромат, консистенция (текстура мякоти и форма) – показала, что по всем пунктам они имеют общую оценку более четырех баллов. В связи с тем, что сухофрукты, высушенные на лиофильной сушильной установке, обладают высокой гигроскопичностью, проведены исследования по определению зависимости их качества от способа и времени хранения.

Ключевые слова: лиофильная сушка, фрукты, показатели качества, витамины, биологически активные вещества.

Для цитирования: Причко Т. Г., Дрофичева Н. В. Закономерности изменения показателей качества фруктов после лиофильной сушки // Ползуновский вестник. 2025. № 1, С. 161–167. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.020. EDN: <https://elibrary.ru/DVVLHI>.

Original article

REGULARITIES OF CHANGES IN THE QUALITY INDICATORS OF FRUITS AFTER FREEZE DRYING

Tatyana G. Prichko¹, Natalia V. Droficheva²

^{1, 2} Federal State Budgetary Scientific Institution "North-Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking", Krasnodar, Russia

¹ prichko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5153-8482>

² Droficheva.nata@icloud.com, <https://orcid.org/0000-0003-1552-159X>

Abstract. Most of the fruits have a juicy watery consistency, the mass fraction of liquid in which can reach 70–80 %, which is one of the criteria for rapid spoilage. Therefore, during processing, it is necessary not only to minimize its content, but also to preserve the quality and structure of the finished product. Such

© Причко Т. Г., Дрофичева Н. В., 2025

an effect can be achieved by using a lyophilic drying plant that carries out the process of dehydration. changes in the quality indicators of fruit raw materials after lyophilization. The effect of drying parameters of apple, apricot, cherry, strawberry and raspberry fruits (temperature, time) on the appearance, chemical and organoleptic characteristics of dried fruits was investigated. The drying process takes place at a low temperature (-82 °C) and pressure (1 Pa), due to which fresh fruits retain their properties, which makes it possible to store them for a long time. Due to the high vacuum, unstable substances in the fruit are not oxidized by oxygen, which allows you to preserve the attractive appearance. Based on the results of laboratory experiments, the regularities of changes in the content of vitamins C, P, polyphenolic and other biologically active substances (BAS) in fruit raw materials have been established. It has been established that the losses of biologically active substances are not significant and amount to no more than 10%. Organoleptic assessment of dried fruits by categories: taste, color, aroma, consistency (pulp texture and shape) showed that they have a total score of more than four points on all points. dried on a freeze-drying plant is high, in connection with which studies have been carried out to determine the dependence of their quality on the method and time of storage.

Keywords: freeze-drying, fruits, quality indicators, vitamins, biologically active substances.

For citation: Prichko, T. G. & Droficheva, N. V. (2025). Regularities of changes in the quality indicators of fruits after freeze drying. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 161-167. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.01.020. EDN: <https://elibrary.ru/DVVLHI>.

ВВЕДЕНИЕ

Большое значение в питании имеет содержание витаминов и полифенольных веществ в потребляемых продуктах [1]. Основными источниками этих веществ являются фрукты. Они значительно улучшают качество и вкус пищи, что способствует лучшему её усвоению [2]. Из-за того, что в процессе хранения фрукты портятся и теряют свои ценные свойства, потребление свежих плодов и ягод для восполнения суточной потребности организма в необходимых элементах питания носит сезонный характер. Сохранить качество плодов и ягод возможно с помощью различных методов переработки [3]. Дефицит биологически активных веществ носит круглогодичный, массовый характер, касается всех групп населения, отрицательно сказывается на здоровье населения [2]. В этой связи растет интерес к натуральным растительным продуктам как основному источнику функциональных ингредиентов. Принципиальным отличием этих продуктов является использование сырья с высоким содержанием природных антиоксидантов – витамина С, полифенольных веществ – рациональное сочетание которых гарантирует полноценное обеспечение питательными и биологически ценными веществами всех жизненно важных систем организма, включая иммунную [2, 3]. Поэтому актуальным является изучение химического состава плодов и ягод с целью выделения лучших из них по витаминному составу, содержанию полифенолов, минеральных, пектиновых веществ, полисахаридов [4].

В настоящее время большая часть мировых исследований направлена на увеличение сроков хранения фруктового сырья при максимальном сохранении показателей качества, витаминов, полифенолов, минеральных веществ [3]. Исследования в этой области на протяжении нескольких лет проводятся такими учеными, как

Бойцовой Ю.С., Аленина И.П., Патаниной К.В. Ими установлено два наиболее часто используемых метода: обезвоживание и сублимационная сушка [4]. «Обезвоживание» позволяет высушивать или коптить пищу, циркулируя по ней горячим и сухим воздухом, температура сушки должна быть достаточно высокой, чтобы удалить лишнюю влагу. «Лиофильная сушка» осуществляется за счет использования низких температур, благодаря чему жидкость в продукте превращается из твердого состояния в газ, минуя жидкое состояние, тем самым поддерживая структуру пищи и сохраняя ее важнейшие питательные вещества. Из этих двух процессов обезвоживание удаляет около 90–95 % влаги, в то время как лиофильная сушка удаляет около 98–99 %. Чем ниже влажность, тем дольше срок хранения [4–8].

Обзор литературных источников за последние пять лет свидетельствуют о том, что максимально увеличить срок хранения при минимальных потерях биологически активных веществ возможно при использовании лиофильной сушильной установки, которую в пищевой промышленности применяют для производства снеков из фруктов, а также порошка из соков или измельченного овощного сырья [9–10].

Многочисленные исследования свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности БАВ такого фруктового сырья, как яблоки, абрикосы, черешня, земляника и малина, что позволяет использовать их для разработки функциональных продуктов питания и БАД [1]. Технологический процесс лиофилизации основан на замораживании фруктового сырья с последующим уменьшением внешнего давления, за счет чего удаляется большая часть содержащейся в них влаги, а концентрация клеточного сока увеличивается в несколько раз [10]. После лиофильной сушки изменяется химический состав готовых продуктов, который варьирует с

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФРУКТОВ ПОСЛЕ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШКИ

учетом этапов технологического процесса и характеризуется высокой скоростью, дефицитом кислорода и низкой температурой сушки, благодаря чему обеспечивается структурная целостность и сохранность большинства исходных свойств сырья: формы, аромата, цвета, вкуса, текстуры, биологической ценности, антиоксидантной активности и витаминов [10–12].

Высушенные в лиофильной сушильной установке фрукты имеют ряд преимуществ: 98 % содержания воды удаляется, пища становится легкой, что значительно снижает стоимость доставки, удаление влаги происходит при низкой температуре, благодаря чему ферментативное расщепление и опасность окисления нестабильных веществ кислородом сводится к минимуму, а фрукты и овощи сохраняют свои изначальные свойства; в высушиваемом продукте остается 1 % влаги, что позволяет увеличить сроки хранения готовых продуктов [11, 12].

В лаборатории ФГБНУ СКФНЦСВВ за последние три года накоплен материал по оптимизации режимов лиофильной сушильной установки и их влиянии на показатели качества готового продукта влажностью 1–2 % с учетом вида используемого фруктового сырья.

Цель исследования – установить закономерности изменения показателей качества фруктов после лиофильной сушки.

С учетом сформированной цели основными **задачами исследования** являются:

- определение содержания биологически активных веществ в свежем сырье;
- проведение органолептической оценки фруктов после лиофильной сушки;
- определение содержания витаминов, полифенольных веществ и антиоксидантной активности с учетом температуры и времени сушки в готовом продукте.

МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовали плоды и ягоды широко распространенных на Кубани сортов: яблоки (Голден Делишес), абрикос (Ананасный), черешня (Мелитопольская), земляника (Клери), малина (Полана).

На первом этапе проводилась оценка показателей качества свежего фруктового сырья. Биохимические исследования выполнены на оборудовании ЦКП (Центр коллективного пользования) по общепринятым и стандартным методикам [11].

При исследовании показателей качества фруктов определяли: общие сахара – фотометрическим методом на фотоэлектроколориметре КФК-3-01 по ГОСТ 8756.13-87; витамин С – титриметрически по ГОСТ 24556-89; полифенолы и витамин Р и общие полифенольные вещества – колориметрическим методом в модификации Л.И. Вигорова; АОА – по методу А.Я. Яшина; органолептическая оценка – по ГОСТ 8756.1-2017 [11–14].

Леофильная сушка плодов и ягод осуществлялась с использованием морозильной

камеры L.Cexy 4010-23D-001 производства фирмы «Liebherr» (Австрия) и лабораторной установки леофильной сушки UV-DF, ERSTEVAK ltd (Китай) 2021 г.в.

На следующих этапах исследования было изучено влияние температуры заморозки (от –20 °С до –82 °С) и длительности сушки фруктового сырья (от 36 до 84 часов) на показатели качества сухофруктов с использованием таких же лабораторных методов, как и при оценке свежих плодов и ягод [11–14].

Оценка органолептических показателей проводилась с применением балльной шкалы по показателям: вкус, цвет, форма, аромат, текстура (консистенция мякоти) [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований определены химические показатели качества плодов яблоки (Голден Делишес), абрикоса (Ананасный), черешни (Мелитопольская), земляники (Клери) и малины (Полана).

Отобранные плоды и ягоды по результатам исследований характеризовались высоким содержанием витамина С – до 51 мг/100 г, витамина Р – до 124,2 мг/100 г и варьированием полифенольных веществ – от 32,4 до 210,4 мг/100 г.

На втором этапе исследований проведено три опыта: 1 – заморозка фруктов при температуре минус 20 °С (согласно литературным источникам); 2 – при температуре минус 50 °С (произвольная); 3 – при температуре минус 82 °С (рекомендовано производителем леофильной сушильной установки). В каждом опыте фрукты замораживались в течение 30 минут. После этого они были помещены в леофильную сушильную установку.

В процессе первичной сушки давление понижается до нескольких (2–3) миллибар, и к высушиваемому материалу доставляется ровно такое количество тепла, которого хватит для возгонки льда. В этой фазе сушки сублимируется около 75 % воды. Этот этап длится не более 2 часов [16].

Давление в камере контролируется посредством частичного вакуума. Вакуум ускоряет процесс сушки. Кроме того, холодная камера конденсатора обеспечивает повторное затвердевание водяного пара, чтобы прекратить любые физико-химические взаимодействия, которые образовались между молекулами воды и замороженным материалом. На следующем этапе сушки давление понижается до 1 Па. Время его проведения варьируется от вида фруктового сырья, толщины кожуры, размера и структуры мякоти. По окончании операции конечное содержание остаточной воды в продукте чрезвычайно низкое: от 1 до 2 % [17–21].

Установлено время работы леофильной сушки с учетом вида используемого сырья с влажностью не более 1 %.

Фрукты, подвергнутые предварительной заморозке при минус 20 °С, оставались недосушенными после 84 часов, опыт был отмечен как неудовлетворительный.

Результат второго опыта с предварительной заморозкой при минус 50 °С, показал полностью просушенные пористые дольки яблок, половинки абрикоса, ягоды малины и земляники, но сырые (с кристаллами льда) плоды черешни.

Третий опыт был самым успешным, все фрукты, подвергнутые заморозке при –82 °С, были досушены в интервале от 36 до 68 часов с

влажностью не более 1 %. Для яблок дольками потребовалось 36 часов, половинок абрикоса без косточки – 48 часов, ягод малины – 50 часов, земляники – 58 часов, плодов черешни – 68.

Все исследованные плоды, яблони, абрикоса, черешни, а также ягоды земляники и малины, имели привлекательный внешний вид и органолептическую оценку (рисунок 1, 2).



Рисунок 1 – Внешний вид плодов и ягод после применения лиофильной сушки
Figure 1 – Appearance of fruits and berries after the use of freeze drying

Высушенные плоды имели привлекательный внешний вид, воздушно-пористую структуру с хрустящим изломом.

Изменения показателей качества в процессе лиофилизации привели к сокращению массы фруктов более чем на 50 % (таблица 1).

Установлено, что общая потеря массы плодов у яблок – 57 %, у абрикоса – 55 %, у черешни – 56 %, ягод малины – 51 % и земляники – 59 %.

Таблица 1 – Изменение массы фруктов после сушки
Table 1 – Changes in fruit and vegetables weight after lyophilization

Наименование сырья	Масса фруктов до сушки, г	Масса высушенных фруктов, г
Яблоки	325,2	180,4
Абрикос	420,6	229,2
Черешня	315,2	173,5
Малина	302,8	186,6
Земляника	505,2	343,7

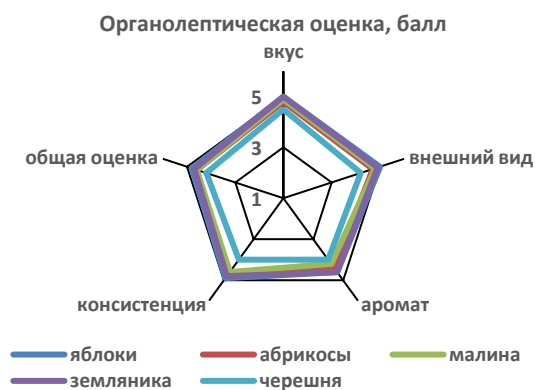


Рисунок 2 – Профилограмма органолептической оценки, балл
Figure 2 – Organoleptice valuation profile, point

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФРУКТОВ ПОСЛЕ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШКИ

Согласно литературным данным, на стадии удаления влаги при температурах процесса ниже температуры кипения воды происходит концентрирование БАВ в 8–12 раз. Также происхо-

дит увеличение биодоступности БАВ для организма, они усваиваются на 95–100 % [22, 23].

Установлены изменения химических показателей качества фруктового сырья после проведения лиофильной сушки (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Содержание витамина С и Р в плодах и ягодах до и после лиофильной сушки

Table 2 – Vitamin C and P content in fruits and berries before and after freeze drying

Наименование сырья	Витамин С, мг/100г		Витамин Р, мг/100г	
	свежие	высушенные	свежие	высушенные
Яблоки	10,6	139,4	86,4	1125,6
Черешня	8,8	148,2	95,4	1674,2
Абрикосы	12,4	161,6	64,0	842,9
Малина	32,2	451,8	124,2	1723,8
Земляника	51,0	546,4	26,0	269,0

Таблица 3 – Содержание полифенольных веществ и антиоксидантная активность фруктов до и после лиофильной сушки

Table 3 – Polyphenolic content and antioxidant activity of fruits before and after freeze drying

Наименование сырья	Общие полифенолы, мг/100г		Антиоксидантная активность (АОА), %	
	свежие	высушенные	свежие	высушенные
Яблоки	32,4	434,2	102,4	1413,2
Черешня	198,9	3515,4	192,6	3402,4
Абрикосы	40,8	522,2	118,0	1584,2
Малина	178,4	2626,2	331,8	4738,6
Земляника	165,0	1797,8	125,5	1315,0

Использование лиофильной сушильной установки позволяет получить сухофрукты с высокой антиоксидантной активностью и максимально (до 90 %) сохранить витамины и полифенолы.

других биологически активных веществ (БАВ) после проведения лиофильной сушки в пересчете на сухое вещество составили не более 10 %. Так, потери витамина С варьируют от 3,8 до 7,3 %, а витамина Р – от 3,6 до 7,5 % (рисунок 3).

Установлено, что потери витаминов С, Р и

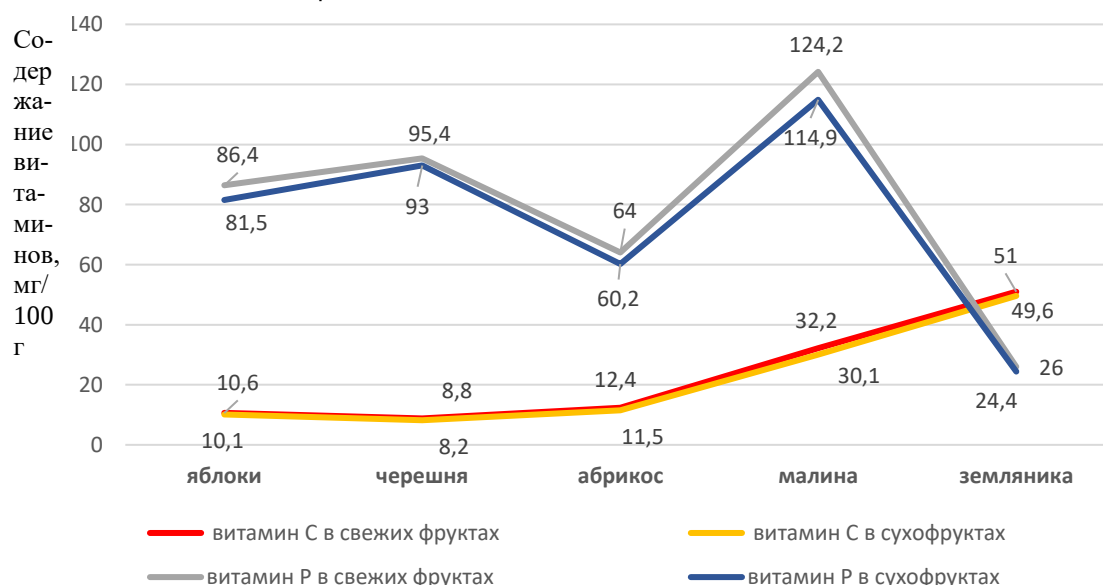


Рисунок 3 – Содержание витамина С и Р в сухофруктах в пересчете на СВ (сухие вещества, %) в сравнении с показателями свежего сырья

Figure 3 – Vitamin C and P content in dried fruits in terms of DM (dry matter, %) compared to fresh raw materials

После проведения лиофильной сушки фруктов проведены лабораторные опыты по определению закономерности изменения их

веса и влажности от срока хранения:

- 1 – высушенные плоды оставлены при комнатной температуре на открытом пространстве;

- 2 – высушенные плоды укупорены в тару (банку);

3 – высушенные плоды укупорены в вакуумную упаковку.

Установлено, что полученные сухофрукты обладают высокой гигроскопичностью и оставленные без упаковки при комнатной температуре напитывались влагой в течение первых 30 минут, по истечении которых влажность продукта составляла 20 %, а вес сухофруктов увеличился на 8 %, через 60 мин – на 10 %, через 24 часа – на 17 %, а через 48 часов – на 25 %. Дальнейшие исследования не представляли интереса ввиду потери товарных качеств плодов: частичное потемнение, изменение консистенции готового продукта.

Сухофрукты, укупоренные в банку, через сутки весили на 2 % больше, а через 7 суток – на 2,5 %, через 14 дней – на 2,8 %, через месяц – на 4,2 %.

Высушенные плоды укупорены в вакуумную упаковку, через сутки хранения свой вес не изменили так же, как и через 14 дней, а через три месяца весили на 1 % больше, через полгода – на 1,5 %, через год – на 2 %, через полтора года – на 3,5 %.

По результатам проведенных опытов установлена влажность сухофруктов на разных этапах хранения, которые позволяют сделать вывод о перспективе использования вакуумной упаковки для длительного поддержания показателей качества высушенных фруктов.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день технологический способ лиофильной сушки является наиболее востребованным, т.к. он позволяет сохранить пищевую и биологическую ценность высушенных продуктов. В ходе исследований отмечены закономерности изменения показателей качества сухофруктов в зависимости от вида растительного сырья. Высушенные плоды яблоны, абрикоса, а также ягоды земляники и малины имели высокие баллы органолептической оценки. В ходе проведенных исследований отмечены изменения некоторых показателей после лиофилизации: уменьшение массы фруктов – на 50–60 %, потери витамина С и Р – от 3,6 до 7,5 % в пересчете на сухое вещество с учетом вида высушенного сырья. Все полученные сухофрукты отличались высокой антиоксидантной активностью, что позволяет рекомендовать их к использованию в профилактическом питании и выгодно отличает от сухофруктов, полученных по технологии с использованием высоких температур сушки [24]. Для определения сроков хранения сухофруктов установлены закономерности изменения веса и влажности от времени хранения и способа упаковки. Высушенные плоды, укупоренные в вакуумную упаковку, показали меньший вес и гигроскопичность в сравнении с сухофруктами в банке или хранением на открытом пространстве.

Согласно ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности», «пищевой продукт является источником витаминов или минералов, если витамины составляют не менее 15 % от суточной потребности на 100 г». С учетом полученных результатов исследований, согласно техническому регламенту таможенного союза ТР ТС 022/2011, употребление около 100 г сухофруктов, полученных с использованием лиофильной сушительной установки, позволяет удовлетворить суточную потребность организма в витаминах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдина С.Б. Технология продуктов функционального питания : учеб. пособие для ВУЗов / С.Б. Юдина. СПб. : ИД «Лань», 2017. 280 с.
2. Мачнева И.А., Дрофичева Н.В. Оценка сортов плодово-ягодных культур для создания рецептурных композиций продуктов питания с радиопротекторными свойствами // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2012. № 18 (6). С. 129–137.
3. Захарова И.И., Крылова Р.Ф., Климина Е.В. Возможность применения лиофилизированных продуктов в индустрии питания // Столыпинский Вестник. 2021. № 3. С. 14–20.
4. Бойцова Ю.С., Аленин И.П., Патанина К.В. Рынок сублимированной продукции // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 12–1 (70). С. 98–102. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2020-11025>.
5. Омаров М.М. Применение криоконцентрации и лиофильной сушки в производстве диетических соков из плодовоовощного и дикорастущего сырья // Пиво и напитки. 2016. № 2. С. 22–24.
6. Кригер О.В., Носкова С.Ю. Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 49. № 4. С. 30–38. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-30-38>.
7. Novoselova M.V. and Prosekov A.Yu. (2016). Technological options for the production of lactoferrin // Foods and Raw Materials. Vol. 4, (1), 90–101. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101>.
8. Sukhikh S.A., Krumlikov V.Y., Evsukova A.O. and Asyakina L.K. (2017). Formation and study of symbiotic consortium of lactobacilli to receive a direct application starter // Foods and Raw Materials, Vol. 5, (1), 51–62. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-51-62>.
9. Prosekov A.Yu. and Ivanova S.A. (2018). Food security: The challenge of the present. Geoforum, Vol. 91, 73–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030>.
10. Добровольский В.Ф., Павлова Л.П., Лындина М.И. Разработка инновационных технологий пищевых продуктов для питания космонавтов // Индустрия питания. 2019. Т. 4. № 3. С. 34–41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>.
11. Методы биохимического исследования растений : учеб. / А.И. Ермаков [и др.]. Л. : «Агропромиздат», 1987. 430 с.
12. ГОСТ 24556-89. Библиографическая ссылка. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. введ. 1990-01-01. Москва, 2003. 11 с.
13. Вигоров Л.И. Метод определения Р-активных веществ: Труды III семинара по БАВ. Свердловск, 1972. 362 с.
14. ГОСТ 8756.1-2017 Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема и массовой

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФРУКТОВ ПОСЛЕ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШКИ

доли составных частей. введ. 2019-01-01. Москва, 2010. 10 с.

15. Гигиенические требования к организации производства и оборота биологически активных добавок к пище (БАД). СанПиН 2.3.2.1290-03. [Электронный ресурс]. URL : <http://files.stroyinf.ru/Data1/39/39762>.

16. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011. «О безопасности пищевой продукции»: принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880. Москва : Изд-во стандартов, 2011. 29 с.

17. Shuan Feng, Jinfeng Bi, Timo Laaksonen, Patrick Laurén, Jianyong Yi. (2024). Texture of freeze-dried intact and restructured fruits: Formation mechanisms and control technologies // Trends in Food Science & Technology. Vol. 143. 104267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104267>.

18. Suwapat Kittibunchakul, Piya Temviriyanyakul, Pittaya Chaikham, Varongsiri Kemsawas. (2023). Effects of freeze drying and convective hot-air drying on predominant bioactive compounds, antioxidant potential and safe consumption of maoberry fruits // LWT. Vol. 184. 114992. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114992>.

19. Семенов Г.В., Краснова И.С., Хвыля С.И., Балаболин Д.Н. Влияние акустического замораживания на показатели структуры сублимированной клубники // Теоретические аспекты хранения и переработки сельхозпродукции. ХИПС. 2019. № 3. С. 29–38. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.175>.

20. Блынская Е.В., Тишков С.В., Алексеев К.В. Технологические подходы к совершенству процесса лиофилизации белковых и пептидных лекарственных препаратов // Российский биотерапевтический журнал. 2017. Т. 16. № 1. С. 6–11. <https://doi.org/10.17650/1726-9784-2017-16-1-6-11>.

21. Searles J.A. (2010). Freezing and Annealing Phenomena in Lyophilization. In: Freezedrying // Lyophilization of pharmaceutical and biological products. Eds.L. Rey, J.C. May. New York: Informa <https://doi.org/10.3109/9781439825761-6>.

22. David E. Overcashier, Thomas W. (1999). Pata-poff, Chung C. Hsu Lyophilization of protein formulations in vials: Investigation of the relationship between resistance to

vapor flow during primary drying and small-scale product collapse // Journal of Pharmaceutical Sciences. Vol. 88, I. 688–695. <https://doi.org/10.1021/js980445>.

23. Причко Т.Г. [и др.]. Новые виды консервной продукции функционального назначения из плодово-ягодного сырья // Высокоточные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод : материалы Международной научно-практической конференции. Краснодар : ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2010. С. 373–378.

24. Roberto A. Depaz, Swapnil Pansare, Sajal Manubhai Freeze-Drying. (2016). Above the Glass Transition Temperature in Amorphous Protein Formulations While Maintaining Product Quality and Improving Process Efficiency // Journal of Pharmaceutical Sciences. Vol. 105, I. 1, 40–49. <https://doi.org/10.1002/jps.24705>.

Информация об авторах

Т. Г. Причко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая лабораторией хранения и переработки плодов и ягод ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Н. В. Дрофичева – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории хранения и переработки плодов и ягод ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Information about the authors

T.G. Prichko - doctor of agricultural sciences, professor, head of the laboratory for storage and processing of fruits and berries of the federal state budgetary scientific institution of the north caucasus scientific center for agricultural research.

N.V. Droficheva - candidate of technical sciences, senior researcher of the laboratory of storage and processing of fruits and berries of the federal state budgetary scientific institution of the north caucasus scientific center for storage and processing of fruits and berries.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02 мая 2024; одобрена после рецензирования 28 февраля 2025; принята к публикации 05 марта 2025.

The article was received by the editorial board on 02 May 2024; approved after editing on 28 Feb 2025; accepted for publication on 05 Mar 2025.