

## Влияние режимов замораживания, сроков хранения и способов дефростации на микробиологические показатели качества абрикосов



Б. М. Гусейнова<sup>1,\*</sup>, И. Х. Асабутаев<sup>1</sup>, Т. И. Даудова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова, Махачкала, Россия

<sup>2</sup> Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

Дата поступления в редакцию: 05.02.2021

Дата принятия в печать: 01.03.2021



\*e-mail: [batuch@yandex.ru](mailto:batuch@yandex.ru)

© Б. М. Гусейнова, И. Х. Асабутаев, Т. И. Даудова, 2021

### Аннотация.

**Введение.** Один из путей продления срока годности скоропортящихся фруктов – применение технологии низкотемпературного замораживания, вызывающее резкое замедление биохимических и микробиологических процессов, происходящих в замороженных продуктах. Однако полного уничтожения микроорганизмов не происходит. Поэтому изучение реакции микробиоты абрикосов на технологические приемы шоковой заморозки является актуальным. Цель работы – исследование влияния низкотемпературных режимов замораживания, сроков холодильного хранения, а также способов и режимов дефростации на поверхностную микрофлору абрикосов.

**Объекты и методы исследований.** Абрикосы сортов «Уздень», «Унцукульский поздний», «Хонобах», «Краснощекий» и «Шалах». Микробиологическую характеристику дефростированных абрикосов исследовали согласно ГОСТам.

**Результаты и их обсуждение.** Быстрое замораживание при  $t = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , по сравнению с  $t = -30$  и  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обеспечило усиленное подавление жизнедеятельности эпифитной микрофлоры: МАФАНМ – на 65,2–68,6 %, дрожжей – на 61,5–69,0 %, плесеней – на 59,3–68,4 %. В начальный период холодильного хранения наблюдалось снижение количества микроорганизмов, а последующее девятимесячное хранение ( $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) привело к незначительному увеличению численности микробиоты. После 9 месяцев хранения количество микроорганизмов на дефростированных плодах, в зависимости от сорта, составляло: МАФАНМ –  $1,2 \times 10^3$ – $2,0 \times 10^3$  КОЕ/г, дрожжей – 14–26 КОЕ/г, плесневых грибов – 75–108 КОЕ/г. Дефростация абрикосов под действием микроволнового облучения привела к большему уничтожению микроорганизмов по сравнению с традиционным оттаиванием их на воздухе и в воде.

**Выводы.** Результаты микробиологических исследований свидетельствуют о том, что технология шоковой заморозки обеспечивает получение быстрозамороженных абрикосов, отвечающих требованиям ТР ТС 021/2011.

**Ключевые слова.** Абрикосы, микробиологическая обсемененность, низкотемпературное замораживание, холодильное хранение, дефростация

**Для цитирования:** Гусейнова, Б. М. Влияние режимов замораживания, сроков хранения и способов дефростации на микробиологические показатели качества абрикосов / Б. М. Гусейнова, И. Х. Асабутаев, Т. И. Даудова // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 1. – С. 29–38. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-29-38>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Effect of Freezing Modes, Storage Time, and Defrosting Methods on Microbiological Quality Parameters of Apricots

Batuch M. Guseynova<sup>1,\*</sup>, Islam H. Asabutaev<sup>1</sup>, Tatyana I. Daudova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agricultural University, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup> Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Center of the RAS, Makhachkala, Russia

Received: February 05, 2021

Accepted: March 01, 2021



\*e-mail: [batuch@yandex.ru](mailto:batuch@yandex.ru)

© B.M. Guseynova, I.H. Asabutaev, T.I. Daudova, 2021

## Abstract.

**Introduction.** Low-temperature freezing technology extends the shelf life of perishable fruits as it causes a sharp slowdown in the biochemical and microbiological processes in frozen products. However, it cannot provide complete destruction of microorganisms. The present research featured the reaction of apricot microbiota to the technological techniques of shock freezing. The research objective was to study the effect of low-temperature freezing modes ( $t = -25, -30, \text{ and } -35^\circ\text{C}$ ), storage time (3 and 9 months), methods, and defrosting modes (in air at  $t = 5 \text{ and } 22^\circ\text{C}$ ; in water at  $t = 5, 16, \text{ and } 22^\circ\text{C}$ ; under the effect of microwave irradiation) on the surface microflora of apricots.

**Study objects and methods.** The experiment featured apricots of the varieties Uzden, Untsukul'skiy Pozdnyy, Honobah, Krasnoshchykiy, and Shalakh. The microbiological profile of defrosted apricots was based on the State Standard.

**Results and discussion.** Fast freezing at  $t = -25^\circ\text{C}$  provided a better inhibition of epiphytic microflora than at  $t = -30 \text{ and } -35^\circ\text{C}$ : aerobic-mesophilic and optionally anaerobic microorganisms – by 65.2–68.6%, yeast – by 61.5–69.0%, and mold – by 59.3–68.4%, compared to their initial content on fresh apricots. During the initial period of refrigeration storage, the number of microorganisms decreased, while the subsequent nine-month storage ( $t = -18^\circ\text{C}$ ) led to a slight increase in microbiota. After nine months of storage, the number of microorganisms on defrosted fruits, depending on the variety, was the following: aerobic-mesophilic and optionally anaerobic microorganisms –  $1.2 \times 10^3$ – $2.0 \times 10^3$  CFU/g, yeast – 14–26 CFU/g, and molds – 75–108 CFU/g. Defrosting of apricots by microwave irradiation resulted in a greater destruction of microorganisms than after traditional thawing in air and water.

**Conclusion.** The results of microbiological studies indicate that the shock freezing technology ensures the production of quick-frozen apricots that meet the requirements of Technical Regulations of the Customs Union No. 021/2011.

**Keywords.** Apricots, microbiological insemination, low-temperature freezing, refrigeration storage, defrosting

**For citation:** Guseynova BM, Asabutaev IH, Daudova TI. Effect of Freezing Modes, Storage Time, and Defrosting Methods on Microbiological Quality Parameters of Apricots. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(1):29–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-29-38>.

## Введение

Абрикос (*Prunus armeniaca* L.) – одна из самых распространенных пород фруктовых деревьев, культивируемых в Дагестане. В этой горной республике сосредоточено более 85 % посадок абрикоса, имеющих в России. Основные площади абрикосовых насаждений расположены во внутригорной местности, отличающейся благоприятными почвенно-климатическими условиями для выращивания различных сортов этой популярной садовой культуры.

Плоды абрикоса востребованы потребителем из-за своих диетических и лечебных свойств. По мнению китайских ученых, из всех культивируемых видов растений абрикос считается самым полезным, а также является эликсиром долголетия. Абрикосы по питательным свойствам главенствуют среди косточковых культур, но незначительная лежкость ограничивает период их потребления в свежем виде.

Поэтому научно обоснованная стратегия эффективного использования в течение года абрикосов, без существенных потерь питательно ценных и биологически активных веществ в их плодах, с сохранением на высоком уровне физико-химических и органолептических показателей их качества, является весьма актуальной проблемой.

Одним из путей ее решения является применение технологии низкотемпературного замораживания плодов с последующим холодильным хранением. Технология способствует сохранению товарного вида, пищевой ценности, физико-химических и дегустационных показателей качества продукта.

К этому в замороженных плодах приводят: снижение активности свободной воды, резкое замедление биохимических процессов, почти полное прекращение активной работы ферментов и разрушительного действия патогенных микроорганизмов. Важным достоинством шоковой заморозки является то, что при дефростации быстрозамороженной продукции наблюдается хорошее поглощение клеточного сока межклеточными коллоидами. Это говорит о высокой обратимости процесса замораживания [1–6].

Кроме того, качество продукции, полученной с применением технологии низкотемпературного замораживания, зависит от условий обработки, сохраняемого продукта, использованных температурных режимов замораживания и хранения, длительности хранения, а также способов дефростации [7–9].

Шоковая заморозка сильно замедляет биохимические и микробиологические процессы, происходящие в замороженных продуктах. Однако полное уничтожение микроорганизмов при применении технологии быстрого замораживания не происходит. Поэтому быстрозамороженные фрукты могут представлять для организма человека опасность из-за: начальной обсемененности свежих плодов; нарушения санитарно-гигиенических норм в ходе технологического процесса консервирования; длительного холодильного хранения с нарушениями температурного режима и неправильного выбора способа дефростации.

Рост и развитие поверхностной микробиоты фруктов и ягод определяются условиями

окружающей среды, а именно влагообеспеченностью и наличием оптимальной для жизнедеятельности микроорганизмов температуры. При этом существенное влияние оказывает не только количество воды в среде их обитания, но и ее активность, зависящая от температуры [10]. Микробиота плодов избирательно реагирует на низкие и сверхнизкие температуры. Особенно чувствительны к отрицательным температурам вегетативные клетки плесневых грибов и дрожжей. Легко погибают при криогенизации грамотрицательные бактерии, а также расы, относящиеся к колиформам, родам *Pseudomonas*, *Achromobacter* и сальмонеллам [11, 12].

Низкотемпературное замораживание и последующее холодильное хранение фруктов и ягод обеспечивают снижение их микробной обсемененности: в некоторых случаях на 90–95 %. Однако на степень инактивации поверхностной микробиоты фруктов и ягод при их шоковой заморозке оказывает влияние не только величина температуры, но и скорость ее понижения и длительность воздействия. Определено, что основная масса микроорганизмов, находящихся на продуктах, предназначенных для консервирования, уничтожается сразу после шоковой заморозки: 40–80 % от начального уровня. Остальная часть погибает в процессе длительного холодильного хранения при  $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  [11, 13, 14].

Хотя в процессе низкотемпературной обработки происходит значительное подавление жизнедеятельности живущих на плодах эпифитных микроорганизмов, они даже после длительного холодильного хранения не становятся стерильными и могут оставаться носителями холодостойких видов сапрофитных бактерий, дрожжей и плесеней [15–18].

Микробиологическая безопасность замороженной фруктово-ягодной продукции зависит от видового разнообразия микробиоты, обитающей на них до замораживания, от примененных технологических режимов и приемов их изготовления, а также от специфических особенностей плодов, подвергаемых шоковой заморозке [11, 12, 14]. Поэтому установление микробиологической безопасности замороженной продукции имеет большое значение.

Применение шоковой заморозки фруктово-ягодной продукции в Республике Дагестан еще не нашло должного внимания, хотя эта технология является экономически выгодной и перспективной для продления срока годности скоропортящегося плодового сырья [3, 4]. Дагестанский рынок замороженных фруктов и ягод в настоящее время представлен импортной или изготовленной в центральных регионах России продукцией, несмотря на то что республика обладает ресурсами плодово-растительного сырья.

Поэтому нами была поставлена цель: исследовать влияние низкотемпературных режимов консервирования, сроков длительного холодильного хранения, способов и режимов дефростации на показатели микробиологической чистоты быстрозамороженных абрикосов.

#### Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись абрикосы сортов «Уздень», «Унцукульский поздний», «Хонобах», «Краснощекий» и «Шалах», отвечающие по качеству требованиям ГОСТ 32787-2014. Их микробиологическую обсемененность определяли в свежем виде после замораживания при температурах  $-25$ ,  $-30$  и  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  и последующего 3-х и 9-ти месячного холодильного хранения ( $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а также при применении различных способов дефростации: на воздухе при температурах  $5$  и  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в воде при температурах  $5$ ,  $16$  и  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  и в поле действия микроволновой энергии (МВ-энергии) мощностью  $190\text{ Вт}$  и частотой  $2450\text{ МГц}$  в течение  $3\text{--}4$  мин.

Микробиологическую характеристику опытных образцов абрикосов исследовали с использованием ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-91, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 31659-2012 и ГОСТ 31747-2012.

Алгоритм действий (технологическая схема исследований), направленный на изучение характера влияния на микрофлору быстрозамороженных плодов абрикоса технологических приемов, примененных при их консервировании, низкотемпературных режимов замораживания, сроков холодильного хранения, способов и режимов дефростации, включал:

- сбор плодов в стадии потребительской зрелости;
- инспекцию, мойку и подсушивание;
- замораживание свежих абрикосов половинками в морозильной камере GRUNLAND T 25/01.1 (Германия) при  $t = -25$ ,  $-30$  и  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  с перемешиванием воздуха до достижения в центре половинки плода температуры  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , определяемой полупроводниковым измерителем температуры ИТ-1 (шкала от  $-190$  до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- упаковку (по  $0,5\text{ кг}$ ) замороженных половинок плодов абрикоса в пакеты, отвечающие требованиям ГОСТ 10354-82, и их хранение в холодильной камере в течение 3-х и 9-ти месяцев при  $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $90\text{--}95\%$ ;
- дефростацию быстрозамороженных абрикосов (на воздухе при температурах  $5$  и  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в воде при температурах  $5$ ,  $16$  и  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  и действием МВ-энергии мощностью  $190\text{ Вт}$ ) до достижения в центре половинки плода температуры  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  перед проведением микробиологической оценки их качества.

При изучении влияния способа дефростации быстрозамороженных плодов абрикоса действием МВ-энергии на их микробиологическую обсемененность в качестве источника энергии использовали СВЧ-установку модели Samsung С.Т.Р. марки M187GNR (Китай) с выходной мощностью от 100 до 850 Вт и рабочей частотой 2450 МГц в течение 3–4 мин.

### Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований, направленных на определение степени выживаемости поверхностной микробиоты плодов абрикоса в процессе шоковой заморозки ( $t = -25, -30$  и  $-35$  °С) и последующего холодильного хранения ( $t = -18$  °С) с учетом сортовых особенностей, примененных режимов и способов их дефростации, приведены в таблицах 1–4.

Исследованные абрикосы в свежем виде отличались друг от друга по начальной обсемененности микроорганизмами. Наибольшее их количество было выявлено на свежих абрикосах сорта «Хонобах», а минимальное – на поверхности плодов сорта «Шалах». У абрикосов сорта «Хонобах» кожица сильнее опушена, чем у сорта «Шалах». Это, являясь фактором защиты, обеспечивает комфортные условия для жизнеспособности большинства особой микробиоты. Сорта «Краснощекий», «Уздень» и «Унцукульский поздний» занимали промежуточное положение между сортами «Хонобах» и «Шалах» по количеству выявленных на них микроорганизмов (табл. 1).

При всех примененных температурных режимах замораживания ( $t = -25, -30$  и  $-35$  °С) происходило

снижение численности микроорганизмов на абрикосах всех исследованных сортов, по сравнению с их микробиальной обсемененностью, выявленной на свежих плодах. Однако отмечено, что снижение температурного режима замораживания, независимо от сорта, вызывало незначительное увеличение численности микроорганизмов на поверхности дефростированных плодов абрикоса. Замораживание при температуре  $-25$  °С, по сравнению с другими режимами быстрого замораживания ( $t = -30$  и  $-35$  °С), обеспечило более усиленное подавление жизнедеятельности микроорганизмов на плодах всех сортов абрикоса. Это можно объяснить тем, что при медленном замораживании ( $-25$  °С) образуются более крупные кристаллики льда, вызывающие повреждение микробной клетки. При этом часть ферментов сохраняет активность, стимулирующую метаболические процессы, приводящие к гибели микроорганизмов. При медленном замораживании ( $-25$  °С) гибель микроорганизмов, в зависимости от сорта абрикоса, составила: МАФАНМ – на 65,2–68,6 %, дрожжей – на 61,5–69,0 %, плесеней – на 59,3–68,4 % от их исходного содержания на свежих плодах. Отмечено, что абрикосы сорта «Хонобах», которые отличались наибольшей микробиологической обсемененностью в свежем виде, в процессе низкотемпературного замораживания при всех примененных режимах заморозки ( $t = -25, -30$  и  $-35$  °С) характеризовались самыми высоким показателями численности микроорганизмов. Микробиологическая обсемененность плодов этого сорта после их шоковой заморозки ( $t = -35$  °С) составила:

Таблица 1. Влияние низкотемпературных режимов замораживания на показатели микробиологической чистоты плодов абрикоса с учетом их сортовой принадлежности

Table 1. Effect of low-temperature freezing modes on microbiological indicators of apricot fruits according to variety

Наименование показателя, КОЕ/г	Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011	Сорта абрикоса				
		«Краснощекий»	«Хонобах»	«Шалах»	«Уздень»	«Унцукульский поздний»
Микробиота свежих абрикосов						
КМАФАНМ	не более $5 \times 10^4$	$6,70 \times 10^3$	$7,30 \times 10^3$	$4,60 \times 10^3$	$5,90 \times 10^3$	$5,20 \times 10^3$
Дрожжи	не более 200	$8,60 \times 10^1$	$9,10 \times 10^1$	$6,20 \times 10^1$	$7,80 \times 10^1$	$7,10 \times 10^1$
Плесени	не более $10^3$	$3,11 \times 10^2$	$3,75 \times 10^2$	$1,92 \times 10^2$	$2,60 \times 10^2$	$2,27 \times 10^2$
Микробиота абрикосов, замороженных при $t = -25$ °С						
КМАФАНМ	не более $5 \times 10^4$	$2,10 \times 10^3$	$2,40 \times 10^3$	$1,60 \times 10^3$	$1,90 \times 10^3$	$1,70 \times 10^3$
Дрожжи	не более 200	$3,20 \times 10^1$	$3,50 \times 10^1$	$2,00 \times 10^1$	$2,60 \times 10^1$	$2,20 \times 10^1$
Плесени	не более $10^3$	$1,09 \times 10^2$	$1,18 \times 10^2$	$0,78 \times 10^2$	$0,84 \times 10^2$	$0,79 \times 10^2$
Микробиота абрикосов, замороженных при $t = -30$ °С						
КМАФАНМ	не более $5 \times 10^4$	$2,30 \times 10^3$	$2,70 \times 10^3$	$1,80 \times 10^3$	$2,20 \times 10^3$	$1,80 \times 10^3$
Дрожжи	не более 200	$3,40 \times 10^1$	$3,80 \times 10^1$	$2,20 \times 10^1$	$2,90 \times 10^1$	$2,30 \times 10^1$
Плесени	не более $10^3$	$1,16 \times 10^2$	$1,29 \times 10^2$	$0,83 \times 10^2$	$0,91 \times 10^2$	$0,82 \times 10^2$
Микробиота абрикосов, замороженных при $t = -35$ °С						
КМАФАНМ	не более $5 \times 10^4$	$2,80 \times 10^3$	$3,00 \times 10^3$	$1,90 \times 10^3$	$2,60 \times 10^3$	$2,20 \times 10^3$
Дрожжи	не более 200	$3,90 \times 10^1$	$4,20 \times 10^1$	$2,40 \times 10^1$	$3,10 \times 10^1$	$2,60 \times 10^1$
Плесени	не более $10^3$	$1,34 \times 10^2$	$1,42 \times 10^2$	$0,95 \times 10^2$	$1,18 \times 10^2$	$1,07 \times 10^2$

МАФАНМ – 3000 КОЕ/г, дрожжей – 42 КОЕ/г, плесени – 142 КОЕ/г. Абрикосы сорта «Шалах», которые оказались лучшими по показателям микробиологической чистоты, отличались наименьшей численностью поверхностной микрофлоры после применения всех рассмотренных нами температурных режимов замораживания. Оказалось, что значительное влияние на изменение микробиологической обсемененности абрикосов оказывало действие низких температур, а не фактором сортовой принадлежности (табл. 1).

Экспериментальные данные показали, что при всех примененных температурных режимах замораживания возможно получение быстрозамороженных плодов абрикоса, отвечающих требованиям ТР ТС 021/2011 по микробиологическим показателям чистоты (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в опытных образцах абрикосов (в 25 г) как свежих, так и подвергнутых замораживанию ( $t = -25, -30$  и  $-35$  °С), не были обнаружены патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы. В свежих и замороженных абрикосах (0,1 г) отсутствовали бактерии группы кишечной палочки (колиформы).

Устойчивость эпифитной микрофлоры быстрозамороженных фруктов и ягод в процессе хранения зависит не только от температурного режима шоковой заморозки, но и от длительности срока холодильного хранения при  $t = -18$  °С [11, 13, 14].

Поэтому было изучено влияние 3-х и 9-ти месячного срока холодильного хранения ( $t = -18$  °С) быстрозамороженных опытных образцов плодов

абрикоса на микробиологические показатели их качества.

Определено, что в начальный период холодильного хранения (до 3-х месяцев) происходило снижение численности микроорганизмов, локализованных на поверхности быстрозамороженных абрикосов всех изучаемых сортов. После трехмесячного холодильного хранения при  $t = -18$  °С количество выявленных на плодах мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) снизилось на 11,5–15,2 %, дрожжей – на 15,4–20,6 %, плесневых грибов – на 4,8–7,4 % в сравнении с данными, полученными сразу после быстрого замораживания ( $t = -30$  °С) плодов (табл. 2).

Дальнейшее 9-ти месячное холодильное хранение вызвало незначительное увеличение микробиальной обсемененности опытных образцов абрикосов. Это может быть связано с адаптацией микроорганизмов к холоду. К концу эксперимента в абрикосах, в зависимости от сорта, общее количество МАФАНМ составило  $1,2 \times 10^3 - 2,0 \times 10^3$  КОЕ/г, численность дрожжей достигла 19,2 КОЕ/г и не превышала допустимую норму (200 КОЕ/г), количество обнаруженных плесневых грибов –  $0,75 \times 10^2 - 1,08 \times 10^2$  КОЕ/г – было намного меньше предельных значений –  $10^3$  КОЕ/г (табл. 2). Результаты исследований показали, что опытные образцы абрикосов сортов «Хонобах» и «Шалах», которые отличались максимальной и минимальной микробиологической обсемененностью перед закладкой их на хранение ( $t = -18$  °С) и после истечения 9-ти месячного срока

Таблица 2. Влияние длительности холодильного хранения ( $t = -18$  °С) на микроорганизмы быстрозамороженных ( $t = -30$  °С) абрикосов

Table 2. Effect of storage time ( $t = -18$ °C) on microorganisms of fast-frozen ( $t = -30$ °C) apricots

Сорт абрикоса	Микробиологические показатели				
	КМАФАНМ, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	БГКП (колиформы) (в 0,1 г продукта)	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы (в 25 г продукта)
после 3 месяцев хранения абрикосов ( $t = -18$ °С)					
«Краснощекий»	$1,5 \times 10^3$	17	93	Отсутствовали	Отсутствовали
«Хонобах»	$1,8 \times 10^3$	20	102		
«Шалах»	$1,1 \times 10^3$	12	69		
«Уздень»	$1,4 \times 10^3$	13	74		
«Унцукульский поздний»	$1,2 \times 10^3$	12	71		
после 9 месяцев хранения абрикосов ( $t = -18$ °С)					
«Краснощекий»	$1,8 \times 10^3$	23	99	Отсутствовали	Отсутствовали
«Хонобах»	$2,0 \times 10^3$	26	108		
«Шалах»	$1,2 \times 10^3$	15	75		
«Уздень»	$1,5 \times 10^3$	18	81		
«Унцукульский поздний»	$1,4 \times 10^3$	14	79		
Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011	не более $5 \times 10^4$	не более 200	не более $10^3$	не допускается в 0,1 г продукта	не допускается в 25 г продукта

холодильного хранения, не изменили эти свойства: наибольшее количество эпифитной микрофлоры было выявлено на плодах сорта «Хонобах», а наименьшее – на абрикосах сорта «Шалах» (табл. 2).

На плодах, замороженных при  $t = -30^{\circ}\text{C}$ , в процессе 3-х и 9-ти месяцев холодильного хранения не были обнаружены БГКП, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы. Таким образом, результаты исследования микробиоты быстрозамороженных ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) абрикосов после 9-ти месяцев хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  показали, что по микробиологическим показателям опытных образцы отвечали требованиям ТР ТС 021/2011.

Несмотря на то что шоковое замораживание ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и последующее длительное холодильное хранение ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) обеспечивают значительное подавление жизнедеятельности микробиоты быстрозамороженных абрикосов, на плодах могут оставаться микроорганизмы, обладающие креофильными и адаптивными свойствами. Попадая после дефростации в благоприятные условия среды, они способны быстро восстанавливать процессы метаболизма и успешно размножаться. В связи с этим дефростацию замороженных плодов следует проводить быстро и с применением различных эффективных способов и режимов оттаивания.

Наиболее часто применяют способы размораживания фруктов и ягод на воздухе и в воде. Однако в некоторых случаях осуществляют дефростацию в растворах, паром, в вакууме, двойным контактом, сопротивлением и микроволновой обработкой.

В результате проведенных нами экспериментов выяснилось, что режимы низкотемпературного замораживания ( $t = -25, -30$  и  $-35^{\circ}\text{C}$ ) и сроки (3 и 9 месяцев) холодильного хранения при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$  оказали значительное влияние на изменение микробиологической обсемененности абрикосов, чем факторы сортовой принадлежности.

Поэтому было решено для дальнейшего изучения воздействия режимов и способов дефростации абрикосов, а также влияния длительности хранения (2, 24 и 72 ч) после дефростации на динамику их поверхностной микрофлоры взять в качестве объекта исследований быстрозамороженные абрикосы сорта «Краснощекий». Этот сорт является наиболее распространенным не только в Дагестане, но и за его пределами. Кроме того, он давно завоевал большую популярность из-за частого применения в качестве сырья для переработки на пищевых предприятиях.

Как показывают данные таблицы 3, использованные режимы и способы дефростации быстрозамороженных абрикосов сорта «Краснощекий» (после 9-ти месяцев хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$ ): на воздухе при температурах 5 и  $22^{\circ}\text{C}$ , в воде при температурах 5, 16 и  $22^{\circ}\text{C}$  и в поле действия МВ-энергии мощностью 190 Вт и частотой 2450 МГц в течение 3–4 мин обеспечивают однозначное снижение численности микроорганизмов, находящихся на плодах опытных образцов.

Высокая микробиологическая обсемененность определена у абрикосов, подвергнутых размораживанию на воздухе и в воде при температурах 5 и  $16^{\circ}\text{C}$ . Повышение температуры как воздушной, так и водной среды при дефростации, способствовало усилению скорости течения процесса и снижению численности дрожжей, плесневых грибов и МАФАНМ на поверхности оттаиваемых плодов (табл. 3). На абрикосах, размороженных на воздухе при  $t = 22^{\circ}\text{C}$ , количество МАФАНМ, дрожжей и плесневых грибов уменьшилось в 1,28, 1,35 и 1,17 раза соответственно, по сравнению с показателями микробиологической чистоты, определенными после дефростирования абрикосов на воздухе при температуре  $5^{\circ}\text{C}$ .

В настоящее время наиболее эффективным методом размораживания фруктов и ягод, обеспечи-

Таблица 3. Зависимость микробиологических показателей быстрозамороженных абрикосов сорта «Краснощекий» от способов и режимов их дефростации после истечения 9 месячного срока хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ )

Table 3. Effect of defrosting methods and modes on the microbiological indicators of fast-frozen apricots of the Krasnoshchyokiy variety after nine months of storage ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ )

Наименование показателя, КОЕ/г		Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011	Способы и режимы дефростации абрикосов сорта Краснощекий					
			на воздухе, $^{\circ}\text{C}$		в воде, $^{\circ}\text{C}$			Действием СВЧ-энергии (190 Вт)
			5	22	5	16	22	
		Численность микробиоты плодов абрикоса Краснощекий						
КМАФАНМ		не более $5 \times 10^4$	$2,3 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2$	$1,7 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$
Дрожжи		не более 200	31	23	29	26	22	20
Плесени		не более $10^3$	116	99	108	103	96	92
Не допускается в массе продукта, г	БГКП (колиформы)	0,1	Отсутствовали					
	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы	25	Отсутствовали					

вающий высокий уровень их микробиологической чистоты, как показывают результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых, является дефростация в поле действия электромагнитного излучения сверхвысокой частоты, продолжающееся всего несколько минут. Экспериментально обоснована возможность ингибирования деятельности патогенных микроорганизмов на плодово-ягодном сырье действием СВЧ-энергии небольшой мощности [19, 20].

Размораживание абрикосов под действием микроволнового облучения частотой 2450 МГц и мощностью 190 Вт в течение 3–4 мин привело к значительному снижению численности локализованных на них микроорганизмов, по сравнению с традиционным оттаиванием замороженных абрикосов на воздухе и в воде, при всех примененных в эксперименте температурных режимах (табл. 3). Действие СВЧ-энергии при дефростации абрикосов повысило гибель МАФАНМ на 80,6 %, дрожжей на 76,7 %, плесневых грибов на 70,4 % от исходного их содержания на свежих плодах.

Установлено, что все примененные нами в экспериментах режимы и способы дефростации быстрозамороженных абрикосов обеспечили получение продукции, соответствующей санитарно-микробиологическим требованиям ТР ТС 021/2011 (табл. 3).

Повторное замораживание дефростированных фруктов не допускается. Поэтому на следующем этапе исследований изучили изменение микробиологической обсемененности дефростированных плодов абрикоса, на примере сорта «Краснощекий», при их хранении в течение 2, 24 и 72 ч в холодильной камере ( $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и на воздухе при комнатной температуре  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  (табл. 4).

Как видно из таблицы 4, с продлением срока хранения дефростированных абрикосов, независимо от температурного режима хранения, на поверхности исследованных плодов увеличилась численность

микроорганизмов. После 72 часового хранения при температуре  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  на дефростированных абрикосах были обнаружены: МАФАНМ –  $3,3 \times 10^3$  КОЕ/г, дрожжи – 117 КОЕ/г, плесени – 366 КОЕ/г. Результаты исследований показали, что в течение всего срока хранения микробиологическая чистота абрикосов, хранившихся при температуре  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , была выше, чем у абрикосов, которые хранили при температуре  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Санитарно-микробиологические показатели дефростированных плодов, после хранения их при температурах 5 и  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , не превысили порогового значения, установленного ТР ТС 021/2011 (табл. 4).

### Выводы

Результаты экспериментов, направленных на изучение влияния температурных режимов замораживания ( $t = -25, -30$  и  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на микробиологическую чистоту абрикосов сортов «Краснощекий», «Уздень», «Унцукульский поздний», «Хонобах» и «Шалах», культивируемых в Дагестане, показали, что при всех примененных режимах шоковой заморозки происходило резкое снижение численности микроорганизмов, локализованных на исследованных плодах. Быстрое замораживание при температуре  $t = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , по сравнению с температурным воздействием  $-30$  и  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обеспечило более усиленное подавление жизнедеятельности представителей эпифитной микрофлоры: МАФАНМ – на 65,2–68,6 %, дрожжей – на 61,5–69,0 %, плесеней – на 59,3–68,4 % по сравнению с их исходным содержанием на свежих абрикосах.

Проведенные микробиологические исследования абрикосов в процессе их 3-х и 9-ти месячного холодильного хранения ( $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) показали, что в начальный период (в течение 3-х месяцев) наблюдалось снижение количества микроорганизмов, выявленных на быстрозамороженных абрикосах. Девятимесячное холодильное хранение ( $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Таблица 4. Микробиологические показатели качества быстрозамороженных плодов абрикоса «Краснощекий» при их хранении после дефростации

Table 4. Microbiological indicators of the quality of fast-frozen apricots of the Krasnoshchyokiy variety during their storage after defrosting

Наименование показателя, КОЕ/г		Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011		Температурный режим и срок хранения замороженных плодов сорта «Краснощекий» после их дефростации					
				$t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$			$t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$		
				2 ч	24 ч	72 ч	2 ч	24 ч	72 ч
КМАФАНМ		не более $5 \times 10^4$	$2,3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$2,7 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$	$3,3 \times 10^3$	
Дрожжи		не более 200	25	44	76	29	58	117	
Плесени		не более $10^3$	123	191	259	115	284	366	
Не допускается в массе продукта, г	БГКП (колиформы)	0,1	Отсутствовали						
	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы	25	Отсутствовали						

привело к незначительному увеличению численности микробиоты. К концу срока хранения (через 9 месяцев) количество микроорганизмов на дефростированных плодах, в зависимости от сорта, составляло: МАФАНМ –  $1,2 \times 10^3$ – $2,0 \times 10^3$  КОЕ/г, дрожжей – 14–26 КОЕ/г, плесневых грибов – 75–108 КОЕ/г.

Примененные в экспериментах режимы и способы дефростации быстрозамороженных абрикосов: на воздухе при температурах 5 и 22 °С; в воде при температурах 5, 16 и 22 °С и под влиянием МВ-энергии частотой 2450 МГц и мощностью 190 Вт в течение 3–4 мин вызвали неоднозначное снижение численности эпифитной микрофлоры плодов опытных образцов. Дефростация абрикосов под действием микроволнового облучения привела к большему уничтожению микроорганизмов по сравнению с традиционным оттаиванием их на воздухе и в воде. При этом численность МАФАНМ сократилась на 80,6 %, дрожжей – на 76,7 %, плесневых грибов – на 70,4 % от исходного их содержания на свежих абрикосах.

Результаты определения качественного состава и количественного содержания эпифитной микрофлоры абрикосов сортов «Краснощекий», «Уздень», «Унцукульский поздний», «Хонобах»

и «Шалах», после шоковой заморозки ( $t = -30$  °С) и последующего 3-х и 9-ти месячного хранения ( $t = -18$  °С), свидетельствуют о том, что эти технологии обеспечивают получение быстрозамороженных абрикосов, отвечающих требованиям ТР ТС 021/2011 по микробиологическим показателям безопасности.

#### Критерии авторства

Все авторы внесли равный вклад в получении экспериментальных данных, 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 bare 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.

#### Список литературы

1. Bosca, S. Reliability assessment in a freeze-drying process / S. Bosca, D. Fissore, M. Demichela // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2017. – Vol. 56, № 23. – P. 6685–6694. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00378>.
2. Marazani, T. Investigation of the parameters governing the performance of jet impingement quick food freezing and cooling systems – A review / T. Marazani, D. M. Madyira, E. T. Akinlabi // Procedia Manufacturing. – 2017. – Vol. 8. – P. 754–760. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.097>.
3. Гусейнова, Б. М. Влияние быстрого замораживания и последующего холодового хранения на пищевую ценность плодов дикоросов / Б. М. Гусейнова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 127–137.
4. Гусейнова, Б. М. Пищевая ценность дикорастущих плодов из горного Дагестана и ее сохранность после быстрого замораживания и холодового хранения / Б. М. Гусейнова // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 4. – С. 76–81.
5. Экспериментальные исследования процесса и технологии быстрого охлаждения растительной продукции с использованием газообразного азота / К. П. Венгер, В. И. Попков, О. А. Феськов [и др.] // Вестник Международной академии холода. – 2017. – № 4. – С. 66–74. <https://doi.org/10.21047/1606-4313-2017-16-4-66-74>.
6. Vasco-Correa, J. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) at laboratory and bench scale / J. Vasco-Correa, A. D. Zapata Zapata // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 80. – P. 280–285. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.024>.
7. Processing and storage of apricots: effect on physicochemical and antioxidant properties / S. M. Wani, F. A. Masoodi, M. Ahmad [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 55, № 11. – P. 4505–4514. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3381-x>.
8. Короткий, И. А. Анализ параметров, влияющих на продолжительность замораживания овощных полуфабрикатов комбинированным способом / И. А. Короткий, Г. Ф. Сахабутдинова, А. В. Шафрай // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46, № 3. – С. 108–113.
9. Influence of processing methods and storage on phenolic compounds and carotenoids of apricots / S. M. Wani, F. A. Masoodi, E. Naq [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2020. – Vol. 132. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109846>.
10. Джей, Дж. М. Современная пищевая микробиология / Дж. М. Джей, М. Дж. Лесснер, Д. А. Гольден. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний. 2017. – 886 с.
11. Алимов, А. В. Микробиологическая оценка овощей в процессе замораживания и низкотемпературного хранения / А. В. Алимов, М. Е. Цибилова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 7. – С. 46–49.



12. Влияние технологических стрессовых факторов на экспрессию генов патогенности возбудителей пищевого кампилобактериоза *Campylobacter jejuni* / Н. Р. Ефимочкина, И. Б. Быкова, Ю. М. Маркова [и др.] // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 1. – С. 66–74.
13. Щетинин, М. П. Научно-гигиенические подходы к разработке замороженного десерта / М. П. Щетинин, З. Р. Ходырева // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 3. – С. 72–78. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10034>.
14. Психрофильные псевдомонады-эндофиты как потенциальные агенты в биоконтроле фитопатогенных и гнилостных микроорганизмов при холодильном хранении картофеля / А. В. Щербаков, Е. Н. Щербакова, С. А. Мулина [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 1. – С. 116–128. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.116rus>.
15. Vinuesa, P. GET\_PHYLOMARKERS, a software package to select optimal orthologous clusters for phylogenomics and inferring pan-genome phylogenies, used for a critical geno-taxonomic revision of the genus *Stenotrophomonas* / P. Vinuesa, L. E. Ochoa-Sánchez, B. Contreras-Moreira // Frontiers in Microbiology. – 2018. – Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00771>.
16. Biogeography of cryoconite bacterial communities on glaciers of the Tibetan Plateau / Y. Liu, T. J. Vick-Majors, J. C. Priscu [et al.] // FEMS Microbiology Ecology. – 2017. – Vol. 93, № 6. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix072>.
17. Versatile genome assembly evaluation with QUASt-LG / A. Mikheenko, A. Prjibelski, V. Saveliev [et al.] // Bioinformatics. – 2018. – Vol. 34, № 13. – P. i142–i150. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty266>.
18. *Flavobacterium collinsense* sp. Nov., isolated from a till sample of an Antarctic glacier / Y. Zhang, F. Jiang, X. Chang [et al.] // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2016. – Vol. 66, № 1. – P. 172–177. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.000688>.
19. Ихлов, Б. Л. Действие сверхвысокочастотного электромагнитного поля на микроорганизмы / Б. Л. Ихлов, А. В. Мельниченко, А. Ю. Ощепков // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 141–146. [https://doi.org/10.12737/article\\_5947d3b2beb626.09180440](https://doi.org/10.12737/article_5947d3b2beb626.09180440).
20. Влияние комбинирования микроволнового и ультрафиолетового методов обработки растительного сырья на ингибирование культуры *Salmonella* / А. Ю. Колоколова, Н. В. Илюхина, М. В. Тришканева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 1 (83). – С. 76–81. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-76-81>.

## References

1. Bosca S, Fissore D, Demichela M. Reliability assessment in a freeze-drying process. Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017;56(23):6685–6694. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00378>.
2. Marazani T, Madyira DM, Akinlabi ET. Investigation of the parameters governing the performance of jet impingement quick food freezing and cooling systems – A review. Procedia Manufacturing. 2017;8:754–760. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.097>.
3. Guseynova BM. Influence of fast freezing and subsequent cold storage on nutrition value of wild plant fruits. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2017;(3):127–137. (In Russ.).
4. Guseynova BM. Nutrition value of wild-growing fruits from mountain Dagestan and its safety after fast freezing and cold storage. Problems of Nutrition. 2016;85(4):76–81. (In Russ.).
5. Venger KP, Popkov VI, Feskov OA, Shishkina NS, Karastoyanova OV, Shatalova NI. Rapid freezing of herbal products by gaseous nitrogen. Journal of International Academy of Refrigeration. 2017;(4):66–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.21047/1606-4313-2017-16-4-66-74>.
6. Vasco-Correa J, Zapata Zapata AD. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) at laboratory and bench scale. LWT – Food Science and Technology. 2017;80:280–285. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.024>.
7. 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>.
8. Korotkiy IA, Sahabutdinova GF, Shafrai AV. Analysis of parameters influencing period of vegetable semi-finished products freezing with combined method. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;46(3):108–113. (In Russ.).
9. Wani SM, Masoodi FA, Haq E, Ahmad M, Ganai SA. Influence of processing methods and storage on phenolic compounds and carotenoids of apricots. LWT – Food Science and Technology. 2020;132. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109846>.
10. Dzhey DzhM, Lessner MDzh, Gol'den DA. Sovremennaya pishchevaya mikrobiologiya [Modern food microbiology]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy; 2017. 886 p. (In Russ.).
11. Alimov AV, Tsibizova ME. Microbiological assessment of vegetables during freezing and low temperature storage. Storage and Processing of Farm Products. 2015;(7):46–49. (In Russ.).
12. Efimochkina NR, Bykova IB, Markova YuM, Korotkevich YuV, Sheveleva SA. The study of influence of stresses on virulence genes expression in foodborne pathogens *Campylobacter jejuni*. Problems of Nutrition. 2016;85(1):66–74. (In Russ.).
13. Schetinin MP, Khodyreva ZR. Scientific bases of development of frozen dessert. Problems of Nutrition. 2018;87(3): 72–78. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10034>.

14. Shcherbakov AV, Shcherbakova EN, Mulina SA, Rots PYu, Daryu RF, Kiprushkina EI, et al. Psychrophilic endophytic *Pseudomonas* as potential agents in biocontrol of phytopathogenic and putrefactive microorganisms during potato storage. *Agricultural Biology*. 2017;52(1):116–128. (In Russ.). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.116rus>.
15. Vinuesa P, Ochoa-Sánchez LE, Contreras-Moreira B. GET\_PHYLOMARKERS, a software package to select optimal orthologous clusters for phylogenomics and inferring pan-genome phylogenies, used for a critical geno-taxonomic revision of the genus *Stenotrophomonas*. *Frontiers in Microbiology*. 2018;9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00771>.
16. Liu Y, Vick-Majors TJ, Priscu JC, Yao T, Kang S, Liu K, et al. Biogeography of cryoconite bacterial communities on glaciers of the Tibetan Plateau. *FEMS Microbiology Ecology*. 2017;93(6). <https://doi.org/10.1093/femsec/fix072>.
17. Mikheenko A, Prjibelski A, Saveliev V, Antipov D, Gurevich A. Versatile genome assembly evaluation with QUASt-LG. *Bioinformatics*. 2018;34(13):i142–i150. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty266>.
18. Zhang Y, Jiang F, Chang X, Qiu X, Ren L, Qu Z, et al. *Flavobacterium collinsense* sp. Nov., isolated from a till sample of an Antarctic glacier. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2016;66(1):172–177. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.000688>.
19. Ikhlov BL, Melnichenko AV, Oshchepkov AYu. The impact of microwave electromagnetic field on microbes. *Journal of New Medical Technologies*. 2017;24(2):141–146. (In Russ.). [https://doi.org/10.12737/article\\_5947d3b2beb626.09180440](https://doi.org/10.12737/article_5947d3b2beb626.09180440).
20. Kolokolova AYu, Ilyuhina NV, Trishkaneva MV, Korolev AA. The effect of combining microwave and ultraviolet methods of plant materials processing on *Salmonella* culture inhibition. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020;82(1)(83):76–81. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-76-81>.