

# Влияние низкотемпературных режимов консервирования на сохранность товарных качеств и нутриентного состава абрикосов с учетом сортовых особенностей и сроков хранения

**Гусейнова Батуч Мухтаровна**

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова»

Адрес: 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180

E-mail: batuch@yandex.ru

**Асабутаев Ислам Хизриевич**

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова»

Адрес: 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180

E-mail: urist0107@yandex.ru

**Даудова Татьяна Идрисовна**

ФГБУН «Прикаспийский институт биологических ресурсов»

Дагестанского федерального исследовательского центра РАН

Адрес: 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45

E-mail: batuch@yandex.ru

Недостаточные объемы производства и небольшой ассортимент натуральных продуктов питания из экологически чистого местного растительного сырья, низкий уровень потребления населением свежих фруктов из-за сезонности их выращивания – актуальные проблемы народного хозяйства. Плоды абрикоса (*Prunus armeniaca* L.) по питательному индексу мякоти стоят на первом месте среди косточковых культур. Разработка технологических режимов низкотемпературного консервирования абрикосов, обуславливающих высокую сохранность их пищевых свойств в течение длительного хранения, способствует решению проблемы круглогодичного обеспечения населения этими фруктами. Экспериментально обоснованы оптимальные режимы шоковой заморозки ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и длительного хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) абрикосов сортов Краснощекий, Уздень, Унцукульский поздний, Хонобах и Шалах при изучении сохраняемости их компонентов химического состава, определении органолептических и микробиологических показателей качества. В абрикосах общепринятыми методами определяли массовые концентрации титруемых кислот, витаминов С и Р, фенольных и пектиновых веществ. Дегустационная оценка давалась по 5-ти балльной шкале. Быстрое замораживание и последующее длительное хранение абрикосов при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  способствовали высокой сохранности нутриентов: после 9 месяцев хранения витамин С в них, в зависимости от сорта, сохранился на 78,4–84,6%, а витамин Р на 77,4–83,9%. Стабильность титруемых кислот варьировала от 78,7 (Хонобах) до 86,5% (Шалах). Сохранность фенольных и пектиновых соединений в среднем составила 80,1 и 97,2%. Наиболее стабильным после шоковой заморозки и 9-ти месяцев холодного хранения оказался химический состав абрикосов сортов Краснощекий, Унцукульский поздний и Шалах. Различия в изменении концентрации нутриентов в исследованных абрикосах при шоковой заморозке ( $t = -25^{\circ}\text{C}$ ;  $t = -30^{\circ}\text{C}$ ;  $t = -33^{\circ}\text{C}$ ;  $t = -35^{\circ}\text{C}$ ) и длительном хранении ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) зависели от их сортовой принадлежности.

**Ключевые слова:** плоды абрикоса, биохимический состав, нутриенты, низкотемпературное замораживание, холодное хранение, органолептические свойства, микробиологические показатели

## Введение

В настоящее время важную проблему для всего мирового сообщества представляет сохранение здоровья и

увеличение продолжительности жизни людей из-за ухудшения экологической обстановки, неправильной структуры питания большинства населения, выражающейся в дефиците необходимых нутриентов.

По запасу макронутриентов – белков, жиров и углеводов рацион большинства россиян, несмотря на все экономические катаклизмы, вполне укладывается в норму, а у многих даже превышает её. Однако микронутриентов (витаминов, минеральных веществ, пектиновых, фенольных соединений и других БАВ), которые содержатся в пище в малых количествах, в рационе питания населения нашей страны часто не хватает.

Фрукты и ягоды играют огромную роль для поддержания нормальной жизнедеятельности человека, так как являются богатейшим источником природных антиоксидантов, минералов, витаминов, незаменимых аминокислот, иммуномодуляторов. Без них невозможно обеспечить полноценное сбалансированное питание и, как следствие, физическое здоровье нации.

Пирамида здорового питания демонстрирует тот факт, что в ежедневный рацион человека должно входить около 40% фруктов и овощей. Медицинская норма потребления фруктов и ягод в течение года составляет, как известно, 80–120 кг на человека, а в нашей стране, в расчете на одного жителя, их производится только 20–25 кг в год. Как подчеркивается в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, на сегодняшний день уровень потребления населением основных пищевых продуктов остается значительно ниже необходимого количества, рекомендуемого учеными, занимающимися вопросами питания. Так, обеспеченность фруктами и ягодами жителей различных регионов нашей страны в среднем составляет около 72% от рекомендуемых норм.

Фрукты и ягоды – продукт скоропортящийся, период потребления их в свежем виде ограничен малым временным интервалом, поэтому приоритетное значение приобретает проблема круглогодичного обеспечения населения высококачественной фруктово-ягодной продукцией.

Устранение дефицита в рационе питания населения нашей страны фруктами, с целью создания продовольственной безопасности, требует наличия эффективной работы научно-исследовательских учреждений и пищевой перерабатывающей промышленности по освоению высокоточных, интенсивных, экономически целесообразных технологий производства, хранения, переработки и доведения до потребителя высококачественной продукции из растительного сырья, отличающейся экологической и пищевой безопасностью.

В последнее время в мировой практике в качестве одного из наиболее прогрессивных способов пролонгирования стабильности пищевой ценности скоропортящегося растительного сырья применяется технология быстрой заморозки, которая является одним из лучших способов сохранения в пищевых продуктах питательно ценных компонентов, чему способствует резкое замедление биохимических процессов и почти полное прекращение активности ферментов и разрушительного действия микроорганизмов (Adkison, Biasi, Bikoba, Holstege, & Mitcham, 2018; Bosca, Fissore, & Demichela, 2017; Foster, Brown, Gigiel, Alford & Evans, 2011; Marazani, Madyira, & Akinlabi, 2017; Le Bourvellec et al., 2018; Sajad, Masoodi, Haq, Ahmad, & Ganai, 2020; Wani, Masoodi, Ahmad & Mir, 2018). Применение технологии низких температур занимает лидирующее положение в международной системе производства, поставок пищевой продукции и мировой практике консервирования холодом. Особое внимание уделяется замораживанию фруктов и ягод.

В Дагестане, располагающем большими запасами плодового растительного сырья, как в никакой другой республике Российской Федерации, применение технологии низкотемпературного замораживания свежих фруктов и ягод, а также изготовленных из них продуктов, является актуальным и экономически выгодным (Гусейнова & Даудова, 2011).

Пригодность фруктово-ягодного сырья для замораживания в значительной степени зависит: от климатических условий места произрастания плодовых растений; применявшихся агротехнических методов во время их культивирования; времени сбора урожая; вида и сорта фруктов и ягод, их степени спелости; физико-химических свойств плодов и содержания в них структурных полимеров; продолжительности периода между сбором урожая и переработкой.

Кроме того, качество продукции, полученной с применением технологии низкотемпературного замораживания, зависит от условий обработки, температурного режима замораживания, длительности хранения, а также от режимов и способов дефростации (Короткий, Сахавутдинова, & Шафрай, 2017; Adkison et al., 2018; Nuñez, 2016; Sajad et al., 2020).

Большое народнохозяйственное значение для Дагестана имеет выращивание абрикоса (*Prunus armeniaca* L.) – одного из самых популярных фруктовых растений в целом ряде стран мира

(Bourguiba et al., 2012; Yilmaz, Paydas-Kargi, Dogan & Kafkas, 2012; Yilmaz & Gurcan, 2012; Wani et al., 2017; Kafkaletou, Kalantzis, Karantzi, Christopoulos, & Tsantili, 2019). На территории республики сосредоточено более 85% насаждений абрикоса, имеющих в Российской Федерации. В Дагестане по данным Минсельхозпрода общая площадь территории под посадками различных сортов абрикоса в 2019 году составляла 6234,1 га.

Значение абрикоса для человека связано как с пищевой ценностью, так и фармакологическими свойствами компонентов его плодов (Adkison et al., 2018; Anet & Reynolds, 1955; Гусейнова & Даудова, 2010; Корзин, 2019; Чалая & Причко, 2013; Sajad et al., 2020), которые по питательному индексу мякоти стоят на первом месте среди косточковых культур (Чалая & Причко, 2013). Исследователи Д. Р. Созаева и др. (Созаева, Джабоева, Шаова, & Цагоева, 2016) определили, что в абрикосах сортов Краснощекий и Шалах количество пектиновых веществ, обладающих протекторными свойствами и способностью блокировать токсичное действие тяжелых металлов, составляло 0,58 и 0,71% соответственно. А в работе Z. I. Kertesz показано, что содержание пектиновых веществ в абрикосах, выращенных в США в среднем доходит до 0,87% (Kertesz, 1951). Количество фенольных веществ – сильных антиоксидантов, в абрикосах, как показали результаты исследований, представленные в работе S. M. Wani и др. варьировало в пределах от 69,6 до 72,5 мг% (Wani et al., 2017). Имеющиеся сведения о химическом составе абрикосов объясняют не только большую популярность потребления этих полезных для здоровья плодов в свежем виде, но также необходимость увеличения объемов их промышленной переработки.

Поэтому научно обоснованная стратегия сохранения и использования в течение всего года абрикосов – плодов богатых питательно ценными и биологически активными веществами, весьма актуальна. Успешно решать эту задачу позволит применение технологии быстрой заморозки пищевого сырья.

В связи с этим, целью проведенных исследований являлось исследование оптимальных низкотемпературных режимов консервирования при произ-

водстве быстрозамороженных плодов абрикоса, оказывающих влияние на их качество.

В соответствие с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Определение оптимальных режимов заморозки плодов абрикоса с учетом сортовых особенностей;
2. Исследование степени сохранности нутриентного состава плодов различных сортов абрикоса, подвергнутых быстрому замораживанию при температуре:  $t=-25^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-30^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-33^{\circ}\text{C}$  и  $t=-35^{\circ}\text{C}$ ;
3. Оценка степени сохранности нутриентного состава быстрозамороженных ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) абрикосов в процессе их длительного 3, 6 и 9 месяцев холодильного хранения при температуре  $t=-18^{\circ}\text{C}$ ;
4. Органолептическая оценка качества свежих и быстрозамороженных ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) плодов абрикоса после их длительного девятимесячного холодильного хранения ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ );
5. Исследование микрофлоры быстрозамороженных ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) абрикосов после их девятимесячного хранения ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ );
6. Исследование содержания токсичных элементов (свинца, кадмия, мышьяка и ртути) в свежих плодах абрикоса с целью определения их соответствия требованиям ТР ТС 021/2011<sup>1</sup>.

## Материалы и методы исследования

Работу проводили в 2018-2020 г.г. Объектами исследования являлись плоды абрикоса (*Prunus armeniaca* L.) автохтонных сортов Уздень, Унцукульский поздний, Хонобах и интродуцированных сортов Краснощекий и Шалах. Свежие плоды абрикоса по качеству и по показателям безопасности для жизни и здоровья человека отвечали требованиям ГОСТ 32787-2014<sup>2</sup>.

Качество и химический состав опытных образцов абрикосов оценивали поэтапно: в свежем виде, после быстрого замораживания ( $t=-25^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-30^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-33^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-35^{\circ}\text{C}$ ) и последующего 3, 6 и 9 месячного их хранения ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ ) по показателям: содержание сахаров – ГОСТ 8756.13-87<sup>3</sup>, титруемых кислот – ГОСТ 25555.0-82<sup>4</sup>, витамина С

<sup>1</sup> ТР ТС 021/2011. (2019). О безопасности пищевой продукции. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 13.02.2021).

<sup>2</sup> ГОСТ 32787-2014 (UNECE STANDARD FFV-02:2013). (2016). Абрикосы свежие. Технические условия. М.: Стандартинформ.

<sup>3</sup> ГОСТ 8756.13-87. (2015). Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ.

<sup>4</sup> ГОСТ 25555.0-82. (2010). Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. М.: Стандартинформ.

(аскорбиновая кислота) титриметрическим методом – ГОСТ 24556-89<sup>5</sup>, пектиновых веществ – ГОСТ 29059-91<sup>6</sup>, фенольных веществ и витамина Р (рутин) колориметрическим методом – («ФЭК-56М», РФ) (Ермакова, 1987). Органолептические показатели определяли по ГОСТу 33823-2016<sup>7</sup>. Микробиологическая характеристика опытных образцов абрикосов давалась с использованием: ГОСТ 10444.15<sup>8</sup>; ГОСТ 10444.12<sup>9</sup>; ГОСТ 31659<sup>10</sup> и ГОСТ 31747<sup>11</sup>. Содержание токсичных элементов – кадмия, мышьяка, ртути и свинца определяли атомно-абсорбционным методом на приборе HITACHI-208 (Япония).

Технологическая схема исследований для определения оптимальных режимов замораживания свежих плодов абрикоса нарезанных половинками с учетом сортовых особенностей и сроков хранения включала в себя следующие этапы:

- сбор плодов в стадии потребительской зрелости с удалением пораженных вредителями и болезнями плодов;
- сортировка, мойка и подсушивание – абрикосы сортировали, удаляли плодоножки, мыли водопроводной водой и подсушивали;
- замораживание свежих плодов абрикоса нарезанных половинками при  $t=-25^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-30^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-33^{\circ}\text{C}$  и  $t=-35^{\circ}\text{C}$  в низкотемпературном шкафу GRUNLAND T 25/01.1 (Германия) с интенсивным перемешиванием воздуха до достижения в центре плода  $t=-18^{\circ}\text{C}$ , которую определяли полупроводниковым измерителем температуры ИТ-1 со шкалой от  $t=-190$  до  $t=+50^{\circ}\text{C}$ ;
- упаковка замороженных плодов абрикоса в полиэтиленовые пакеты по 0,5 кг и хранение их в холодильной камере в течение 3, 6 и 9 месяцев при  $t=-18^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха 90–95%;
- дефростация замороженных абрикосов до достижения в центре половинок плодов температуры  $t=5^{\circ}\text{C}$  перед проведением оценки их качества по химическому составу, органолептическим и микробиологическим показателям.

Определение химического состава абрикосов, с целью обеспечения достоверности полученных экспериментальных данных, проводили трёхкратно для каждого сорта.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Достоверность полученных отличий определяли с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми различия считали при  $p \leq 0,05$ . Экспериментальные данные представлены в виде среднего значения ( $\bar{X}$ ) и стандартной ошибки среднего значения ( $\pm SE$ ).

## Результаты и их обсуждение

Показатели химического состава свежих, быстро-замороженных (при  $t=-25^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-30^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-33^{\circ}\text{C}$  и  $t=-35^{\circ}\text{C}$ ), а также, хранившихся при  $t=-18^{\circ}\text{C}$  в течение 3, 6 и 9 месяцев, плодов изучаемых сортов абрикоса, представлены в таблицах 1–3 и на рисунке 1.

Исследования показали (Таблица 1), что в абрикосах сорта Хонобах массовые концентрации сахаров (11,0%), аскорбиновой кислоты (29,3 мг%) и витамина Р (71,7 мг%) были наиболее высокими. Содержание титруемых кислот в исследованных абрикосах варьировало от 1,29 (Хонобах) до 1,91% (Унцукульский поздний). Наилучшей способностью к накоплению пектиновых веществ отличились плоды сортов Унцукульский поздний – 1,03 и Шалах – 0,89%. Значительное количество фенольных веществ (123,7 мг%) определено нами в абрикосах сорта Уздень.

Исходя из того, что большое значение при определении пригодности фруктов для быстрого замораживания имеют сортовая принадлежность и выбор режима низкотемпературной обработки, исследовалась сохранность нутриентного состава плодов, изучаемых сортов абрикоса, при воздействии на них различных температур шоковой заморозки:  $-25$ ;  $-30$ ;  $-33$  и  $-35^{\circ}\text{C}$ .

<sup>5</sup> ГОСТ 24556-89 (2003). Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: ИПК Издательство стандартов.

<sup>6</sup> ГОСТ 29059-91. (2010). Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ. М.: Стандартинформ.

<sup>7</sup> ГОСТ 33823-2016. (2016). Фрукты быстрозамороженные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

<sup>8</sup> ГОСТ 10444.15-94. (2010). Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ.

<sup>9</sup> ГОСТ 10444.12-2013. (2014). Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов (с Поправкой). М.: Стандартинформ.

<sup>10</sup> ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002). (2014). Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. М.: Стандартинформ.

<sup>11</sup> ГОСТ 31747-2012. (2013). Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). М.: Стандартинформ.



Таблица 1

Влияние температурных режимов замораживания на сохранность химических веществ в абрикосах ( $X \pm SE$ , Республика Дагестан, 2018-2020 гг.)

Сорт абрикоса	Массовая концентрация химических веществ					
	Сахара, %	Титруемые кислоты, %	Пектиновые вещества, %	Фенольные вещества, мг%	Витамин Р, мг%	Витамин С, мг%
<b>в свежих абрикосах</b>						
Краснощекий	7,9±0,08	1,47±0,01	0,68±0,02	103,2±2,50	49,3±1,82	17,6±0,23
Хонобах	11,0±0,10	1,29±0,03	0,81±0,03	79,5±2,03	71,7±1,16	29,3±0,19
Шалах	8,9±0,14	1,56±0,03	0,89±0,04	102,4±2,65	52,9±1,51	13,9±0,26
Уздень	10,3±0,13	1,45±0,02	0,75±0,01	123,7±3,42	66,1±1,48	19,9±0,16
Унцукульский поздний	8,2±0,12	1,91±0,04	1,03±0,03	93,4±2,02	58,3±1,70	15,6±0,22
<b>в абрикосах, замороженных при t = - 25°C</b>						
Краснощекий	7,2±0,07	1,30±0,02	0,63±0,02	89,1±1,97	44,5±1,03	15,5±0,17
Хонобах	9,7±0,12	1,10±0,01	0,72±0,02	65,9±1,64	61,6±1,27	25,3±0,22
Шалах	8,1±0,06	1,41±0,02	0,80±0,03	93,6±2,07	48,4±1,08	12,2±0,14
Уздень	9,3±0,09	1,26±0,01	0,67±0,04	108,4±2,17	59,2±1,37	17,2±0,27
Унцукульский поздний	7,4±0,05	1,68±0,03	0,93±0,01	82,3±2,09	52,4±1,40	13,6±0,15
<b>в абрикосах, замороженных при t = - 30°C</b>						
Краснощекий	7,4±0,08	1,35±0,03	0,64±0,03	93,2±2,01	45,5±0,97	15,9±0,13
Хонобах	10,0±0,09	1,15±0,02	0,74±0,04	70,8±1,77	64,1±1,02	26,1±0,27
Шалах	8,4±0,11	1,48±0,03	0,82±0,05	95,1±2,25	49,1±0,90	12,8±0,31
Уздень	9,6±0,14	1,32±0,04	0,69±0,03	113,4±1,96	60,6±1,07	18,2±0,19
Унцукульский поздний	7,7±0,06	1,75±0,04	0,96±0,05	86,0±1,57	53,7±1,15	14,4±0,20
<b>в абрикосах, замороженных при t = - 33°C</b>						
Краснощекий	7,5±0,05	1,36±0,04	0,64±0,04	93,8±1,26	46,1±0,88	16,0±0,17
Хонобах	10,2±0,06	1,17±0,05	0,75±0,04	71,4±0,97	65,6±0,97	26,3±0,26
Шалах	8,5±0,09	1,48±0,04	0,84±0,06	95,7±1,47	49,7±0,75	12,9±0,09
Уздень	9,7±0,14	1,33±0,03	0,70±0,03	114,2±1,89	61,4±1,07	18,4±0,20
Унцукульский поздний	7,7±0,07	1,76±0,04	0,98±0,05	86,9±1,53	54,3±1,23	14,5±0,16
<b>в абрикосах, замороженных при t = - 35°C</b>						
Краснощекий	7,4±0,04	1,37±0,04	0,65±0,05	94,2±1,58	46,3±1,17	16,1±0,09
Хонобах	10,3±0,05	1,18±0,04	0,76±0,08	72,3±0,97	66,0±0,87	26,6±0,19
Шалах	8,5±0,05	1,49±0,07	0,84±0,04	96,2±1,08	49,9±0,37	12,9±0,07
Уздень	9,8±0,09	1,34±0,03	0,71±0,05	114,7±2,67	61,7±1,04	18,4±0,13
Унцукульский поздний	7,8±0,11	1,77±0,06	0,99±0,07	87,1±1,26	54,7±1,12	14,6±0,08

Результаты проведенных экспериментов показали: сохранность химического состава, исследованных опытных образцов абрикосов, зависела как от сортовых признаков, так и от условий замораживания. Однако, как видно из Таблицы 1, в исследованных

плодах различных сортов, при всех примененных температурных режимах, наблюдалось уменьшение массовой концентрации определяемых химических веществ. Но отмечено, что наибольшие потери нутриентов в абрикосах после их низкотемпературной

обработки произошли при воздействии температуры минус 25°C. При этом понижение массовой концентрации сахаров, в зависимости от сорта, варьировало в пределах 8,5–12,2; титруемых кислот – 9,8–14,8; пектиновых веществ – 7,1–11,2; фенольных соединений – 8,6–17,1; витамина Р – 8,5–14,1 и витамина С – 11,9–13,7%.

Также определено, что во всех абрикосах изучаемых сортов, понижение температуры замораживания вызвало увеличение степени сохранности нутриентов. Наименьшие потери, определяемых компонентов химического состава, по сравнению с их содержанием в свежих абрикосах, выявлены при замораживании плодов температурой минус 35°C. При таком режиме холодого воздействия сохранность в плодах сахаров, в зависимости от сорта, составила 93,2–96,0; титруемых кислот – 91,4–95,2; пектинов – 93,8–96,1; фенолов – 90,9–93,8; витаминов С и Р соответственно – 90,9–93,4 и 92,1–94,3% (Таблица 1).

Экспериментальные данные показали, что, хотя самая высокая сохранность нутриентов в абрикосах наблюдалась после низкотемпературной обработки при  $t=-35^{\circ}\text{C}$ , другие температурные режимы шоковой заморозки:  $t=-30^{\circ}\text{C}$  и  $t=-33^{\circ}\text{C}$ , также обеспечили хорошую сохранность химического состава абрикосов, и как следствие, их пищевые достоинства. Разница в сохранности нутриентов в плодах после их быстрого замораживания при  $t=-30^{\circ}\text{C}$  и  $t=-35^{\circ}\text{C}$  составляла несколько процентов. Например, в зависимости от сорта различия сохранности сахаров составили 0,4–1,9; титруемых кислот – 0,6–1,9; пектиновых веществ – 1,1–2,8; фенолов – 1,0–1,7, а витаминов С и Р соответственно – 1,0–1,8 и 1,4–2,7%.

Результаты проведенных экспериментов дают основание рекомендовать проводить шоковую заморозку абрикосов при  $t=-30^{\circ}\text{C}$  потому, что этот режим более экономичнее по энергозатратам, по сравнению с применением  $t=-35^{\circ}\text{C}$ .

Поэтому в следующем эксперименте, направленном на изучение влияния длительности холодого хранения на сохранность в замороженных абрикосах нутриентов, низкотемпературную обработку плодов осуществляли при  $t=-30^{\circ}\text{C}$ .

Результаты анализов химического состава быстрозамороженных абрикосов после 3, 6 и 9 месяцев их холодого хранения ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ ) представлены в Таблице 2 и на Рисунке 1.

Как показано в Таблице 2, хранение при  $t=-18^{\circ}\text{C}$  вызвало в опытных образцах абрикосов незначи-

тельное снижение массовой концентрации всех исследованных нутриентов, за исключением пектиновых веществ, содержание которых в начальный период хранения увеличилось.

Количество сахаров, являющихся основным источником энергии для организма человека, в абрикосах после 9 месяцев холодого хранения колебалось в пределах 6,5 (Краснощекий) – 8,3% (Хонобах) (Таблица 2).

Мнения исследователей об изменении содержания сахаров в растительном сырье при замораживании и последующем хранении при  $t=-18^{\circ}\text{C}$  разноречивы. Одни из ученых считают, что массовая концентрация сахаров в таких случаях практически не изменяется (Щетинин & Ходырева, 2018). По мнению других, происходит незначительное уменьшение или увеличение концентрации этих веществ, отмечается инверсия сахарозы, а глюкоза частично переходит в более сладкую форму – фруктозу (Гусейнова & Даудова, 2011; Wani, Masoodi, Ahmad, & Mir, 2018).

В наших экспериментах хранение абрикосов при  $t=-18^{\circ}\text{C}$  в течение 3, 6 и 9 месяцев привело к снижению доли сахаров по сравнению с их количеством, определенным в быстрозамороженных плодах ( $t=-30^{\circ}\text{C}$ ) соответственно на 9,8–13,8; 10,1–15,2 и 12,8–16,9% (Таблицы 1 и 2). Вероятно, эти изменения обусловлены разрушительным действием низких температур на клеточные стенки и потерями при размораживании, а также действием гидролитических и транспортных ферментов, малое количество которых не было ингибировано холодовым стрессом. Наилучшая сохранность сахаров после окончания эксперимента определена в абрикосах сортов Краснощекий и Шалах соответственно на уровне 87,2 и 86,6%.

Концентрация титруемых кислот, играющих важную роль в обменных процессах и служащих исходным материалом для синтеза многих химических веществ, в быстрозамороженных абрикосах ( $t=-30^{\circ}\text{C}$ ) перед закладкой их на длительное холодое хранение, как видно из таблицы 1, варьировала от 1,15 (Хонобах) до 1,75% (Унцукульский поздний). Количество титруемых кислот в плодах уменьшилось как при быстром замораживании (Таблица 1), так и после 3, 6 и 9 месяцев их хранения (Таблица 2). Понижение концентрации титруемых кислот в абрикосах после 9 месяцев холодого хранения, по сравнению с их содержанием в свежих плодах, составило в среднем на 17,8%.

Таблица 2

Динамика содержания нутриентов в абрикосах в зависимости от срока хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  ( $X \pm SE$ , Республика Дагестан, 2020–2018 гг.)

Сорт абрикоса	Массовая концентрация нутриентов				
	Сахара, %	Титруемые кислоты, %	Пектиновые вещества, %	Фенольные вещества, мг%	Витамин Р, мг%
после 3 месяцев хранения					
Краснощекий	6,6 $\pm$ 0,08	1,23 $\pm$ 0,02	0,67 $\pm$ 0,01	86,1 $\pm$ 1,07	42,8 $\pm$ 0,26
Хонобах	8,7 $\pm$ 0,10	1,03 $\pm$ 0,01	0,80 $\pm$ 0,01	62,8 $\pm$ 0,97	58,7 $\pm$ 0,53
Шалах	7,6 $\pm$ 0,09	1,38 $\pm$ 0,02	0,87 $\pm$ 0,02	90,0 $\pm$ 1,12	46,2 $\pm$ 0,29
Уздень	8,5 $\pm$ 0,18	1,18 $\pm$ 0,01	0,74 $\pm$ 0,02	105,4 $\pm$ 1,05	56,3 $\pm$ 0,17
Унцукульский поздний	6,8 $\pm$ 0,09	1,59 $\pm$ 0,03	1,01 $\pm$ 0,03	81,1 $\pm$ 0,92	50,2 $\pm$ 0,31
после 6 месяцев хранения					
Краснощекий	6,6 $\pm$ 0,06	1,23 $\pm$ 0,02	0,68 $\pm$ 0,01	83,5 $\pm$ 1,03	41,9 $\pm$ 0,37
Хонобах	8,5 $\pm$ 0,17	1,02 $\pm$ 0,01	0,80 $\pm$ 0,02	61,5 $\pm$ 0,92	57,3 $\pm$ 0,42
Шалах	7,6 $\pm$ 0,13	1,38 $\pm$ 0,03	0,88 $\pm$ 0,02	89,1 $\pm$ 0,81	45,7 $\pm$ 0,66
Уздень	8,4 $\pm$ 0,15	1,18 $\pm$ 0,02	0,74 $\pm$ 0,01	102,1 $\pm$ 1,06	55,2 $\pm$ 0,57
Унцукульский поздний	6,7 $\pm$ 0,08	1,57 $\pm$ 0,03	1,02 $\pm$ 0,02	78,7 $\pm$ 0,97	49,2 $\pm$ 0,48
после 9 месяцев хранения					
Краснощекий	6,5 $\pm$ 0,24	1,22 $\pm$ 0,03	0,67 $\pm$ 0,01	81,0 $\pm$ 0,84	40,6 $\pm$ 0,27
Хонобах	8,3 $\pm$ 0,17	1,02 $\pm$ 0,01	0,78 $\pm$ 0,02	60,1 $\pm$ 0,67	55,5 $\pm$ 0,20
Шалах	7,3 $\pm$ 0,20	1,35 $\pm$ 0,03	0,86 $\pm$ 0,03	86,9 $\pm$ 0,85	44,1 $\pm$ 0,33
Уздень	8,2 $\pm$ 0,09	1,17 $\pm$ 0,02	0,73 $\pm$ 0,02	99,4 $\pm$ 1,07	55,0 $\pm$ 0,39
Унцукульский поздний	6,6 $\pm$ 0,13	1,56 $\pm$ 0,04	1,00 $\pm$ 0,03	75,8 $\pm$ 0,93	48,9 $\pm$ 0,41

После 3, 6 и 9 месяцев хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) определяли в абрикосах изменение концентрации пектиновых веществ (Таблица 2). Благодаря ценным биологическим и химическим свойствам пектиновые соединения причислены к основным компонентам лечебно-профилактического и диетического питания.

Высокое содержание пектиновых веществ после 9 месяцев холодного хранения определено в абрикосах сортов Унцукульский поздний (1,00%) и Шалах (0,86%). Быстрое замораживание и длительное холодное хранение вызвали изменение содержания пектиновых веществ в опытных образцах, отличающееся, от наблюдавшейся при этих процессах динамики концентраций сахаров и титруемых кислот. Температурный шок ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) вызвал снижение количества пектиновых веществ на 5,8 (Краснощекий) – 8,6% (Хонобах), по сравнению с содержанием их в свежих абрикосах, а хранение, длившееся в течение трех и шести месяцев, привело к увеличению доли пектинов соответствен-

но на 4,4–7,5% и 5,9–8,1%, в зависимости от сорта, по сравнению с массовой концентрацией пектиновых соединений, определенной в плодах после низкотемпературного шока (Таблицы 1 и 2). Это можно объяснить переходом нерастворимых протопектинов, содержащихся в клеточных стенках абрикосов, в растворимое состояние после деструктивных изменений, вызванных размораживанием. В научной литературе мало сведений об изменении содержания и структуры пектиновых веществ в плодах и ягодах, происходящем в процессе быстрого замораживания и длительного холодильного хранения. Однако есть статья, в которой приведены результаты изучения изменения аналитических характеристик пектиновых веществ семечковых плодов при низкотемпературном замораживании и длительном холодильном хранении (Кварцхелия & Родионовой, 2014). Авторами работы определено, что увеличение содержания растворимого пектина происходит из-за гидролиза протопектина в процессе холодного хранения, что подтверждает наше суждение.

К концу девятого месяца холодowego хранения количество пектинов в абрикосах уменьшилось на 1,4 (Краснощекий) – 3,7% (Хонобах), по сравнению с их содержанием, определенным в свежих плодах. Такой процесс, вероятно, связан с тем, что пектины в абрикосах при холодогом хранении постепенно подвергались гидролитическому распаду под действием пектолитических ферментов, незначительное количество которых могло сохраниться после низкотемпературной обработки плодов (Гусейнова & Даудова, 2011).

Наряду с витаминами и пектиновыми веществами важными компонентами химического состава абрикосов являются фенольные соединения, обладающие антимуtagenным, антиоксидантным и антимикробным действиями (Белицкий, Кирсанов, Лесовая, & Якубовская, 2014; Коденцова, Вржесинская, Рисник, Никитюк, & Тутельян, 2017; Kafkaletou et al., 2019). После 9 месяцев хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  наиболее обеспеченными фенольными соединениями оказались абрикосы сорта Уздень (99,4 мг%).

В результате быстрого замораживания ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и длительного хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) в исследованных абрикосах произошло незначительное уменьшение количества фенолов (таблицы 1 и 2). После девятимесячного хранения уровень сохранности этих веществ находился в пределах 75,6 (Хонобах) – 84,8% (Шалах) от исходного количества, определенного в свежих плодах. Результаты исследований других ученых показывают иную динамику изменения общего содержания фенолов, а именно низкотемпературное замораживание вызывало незначительное увеличение массовой концентрации фенолов в абрикосах (в среднем на 7,7%) по сравнению с количеством, обнаруженным в свежих плодах, но последующее длительное их холодильное хранение, также как и в нашем эксперименте, привело к снижению их содержания в среднем на 28,8% (Adkison et al., 2018; Sajad et al., 2020).

Рутин (витамин Р) является синергистом аскорбиновой кислоты. Это объясняется его способностью снижать Red-OX потенциал витамина С (Базарнова & Иванченко, 2016; Kalt & Kushad, 2000). Как видно из таблиц 1 и 2, понижение концентрации витамина Р в абрикосах, после шокового воздействия на них быстрым замораживанием и после 3, 6 и 9 месяцев холодогом хранения, было незначительным – от 16,1 (Уздень) до 22,6% (Хонобах).

Питательные свойства плодов исследованных сортов абрикоса в значительной степени об-

условлена наличием витамина С – сильного антиоксиданта. Известно, что С-витаминную недостаточность испытывает 50% населения России. По содержанию витамина С плоды абрикосов превосходят многие сорта черешни, сливы, яблони и груши (Чалая & Причко, 2013). Среди изучаемых нами абрикосов самая высокая концентрация витамина С (29,3 мг%) была определена в свежих плодах сорта Хонобах, а наименьшая в абрикосах сорта Шалах (13,9 мг%) (Таблица 1). Сравнение полученных результатов с литературными данными показало, что дагестанские сорта Хонобах и Уздень являются носителями повышенной С-витаминности и этот показатель, определенный в результате проведенных нами анализов, в них намного выше, по сравнению с данными, полученными другими исследователями – 7,6–12,7 мг% (Чалая & Причко, 2013) и 7,3–9,8 мг% (Wani et al., 2017).

При хранении фруктов в обычных условиях содержание витамина С уменьшается из-за его окисления. Особенно велики потери витамина С при традиционных методах тепловой стерилизации и сушки, вызываемые воздействием высоких температур и окислением на воздухе (более 50%). Сохранность витамина С служит индикатором, характеризующим щадящий эффект технологической обработки продукта. Самое большое достижение при производстве замороженных фруктов – это низкие потери витаминов. Потери аскорбиновой кислоты в быстрозамороженной продукции из растительного сырья пропорциональны длительности хранения и возрастают с увеличением температурного режима шоковой заморозки. Консервирование плодов исследованных сортов абрикоса быстрым замораживанием, с последующим хранением при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$  в герметичной упаковке, мало изменило в них концентрацию витамина С. Так, уровень его сохранности после быстрого замораживания ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) составил 89,2 (Хонобах) – 92,1% (Унцукульский поздний), а через 9 месяцев хранения – 78,4 (Хонобах) – 84,6% (Унцукульский поздний), при этом самая незначительная потеря, по сравнению с эффектом низкотемпературной обработки, также выявлена в сорте Унцукульский поздний – 15,4% (Рисунок 1).

Причины нежелательного снижения концентрации аскорбиновой кислоты в замороженных абрикосах, на наш взгляд, связаны с нарушением течения ферментативных окислительно-восстановительных реакций. При шоковом замораживании плодов очень многие ферменты, присутствующие в них, деструктурируются. При дефростации абрикосов небольшое количество неразрушенных за-



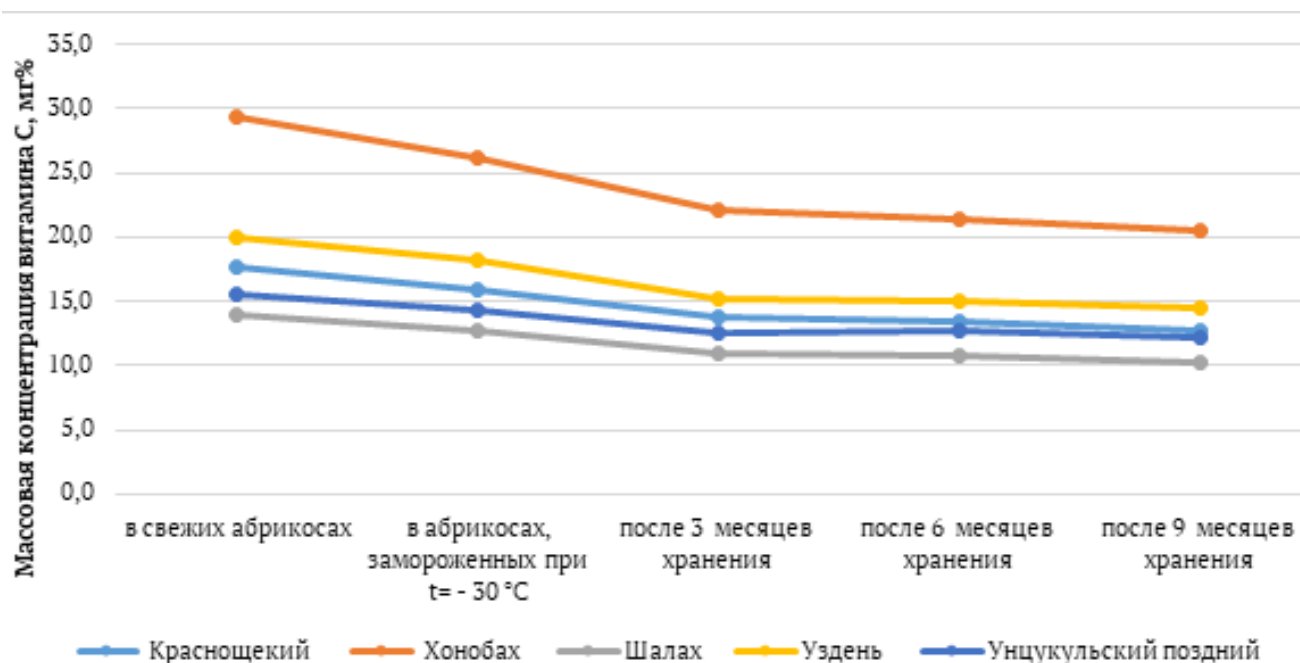


Рисунок 1. Динамика содержания витамина С в плодах различных сортов абрикоса в процессе быстрого замораживания ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и после 3, 6 и 9 месяцев хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$

мораживанием окислительных ферментов быстро восстанавливает свою активность и витамин С безвозвратно окисляется. Этому оказывает содействие и доступ кислорода, усиленный вследствие разрушительных изменений в тканях абрикосов, вызванных замораживанием.

Медиками установлено, что суточная потребность взрослого человека в витаминах С в среднем составляет 90 мг, а количество потребляемых с пищевыми продуктами пектиновых соединений должно достигать до 4 г в сутки. Суточная физиологическая норма потребления фенольных веществ для взрослого человека составляет 250 мг (Коденцова и др., 2017).

Употребление в пищу 100 г замороженных плодов опытных образцов абрикосов после 9 месяцев их хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$ , в зависимости от сорта, способствует удовлетворению суточной потребности человека: в фенольных веществах – на 24–40%; пектиновых соединениях – 17–25%, в витамине С на 11–23% (Рисунок 2).

Органолептические изменения, происходящие в быстрозамороженных фруктах во время хранения, являются важным критерием их качества. Поэтому на следующем этапе исследований опытные образцы быстрозамороженных абрикосов подвергали дегустационной оценке, которая давалась по 5-балльной шкале. Характеризовали внешний вид,

окраску, аромат и консистенцию плодов. Дегустировали образцы абрикосов дефростированные до достижения в центре плода  $t = 5^{\circ}\text{C}$ .

Биохимические и физические процессы, происходящие в плодах в процессе замораживания, при их длительном холодном хранении и последующей дефростации, обуславливают изменения органолептических свойств, что оказывает заметное влияние на их внешний вид, вкусовые и пищевые свойства.

Быстрое замораживание ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и длительное хранение ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) незначительно повлияли на аромат и вкус опытных образцов абрикосов. В большей степени они вызвали изменение окраски и консистенции мякоти, которые ответственны за внешний вид (таблица 3). Это, по-видимому, объясняется усилением окислительных процессов при размораживании и переходом воды, находящейся в межклеточном пространстве тканей плодов, из твердого состояния в жидкое.

Абрикосы всех исследуемых сортов характеризовались отсутствием несвойственных сортам посторонних привкусов и запахов. После девяти месяцев холодильного хранения по вкусу самый высокий балл – 4,3 получили плоды сорта Шалах, а самый низкий сорта Хонобах – 4,1. Внешний вид, включающий цвет и целостность формы, лучшим был у сорта Шалах – 4,3 балла. Абрико-

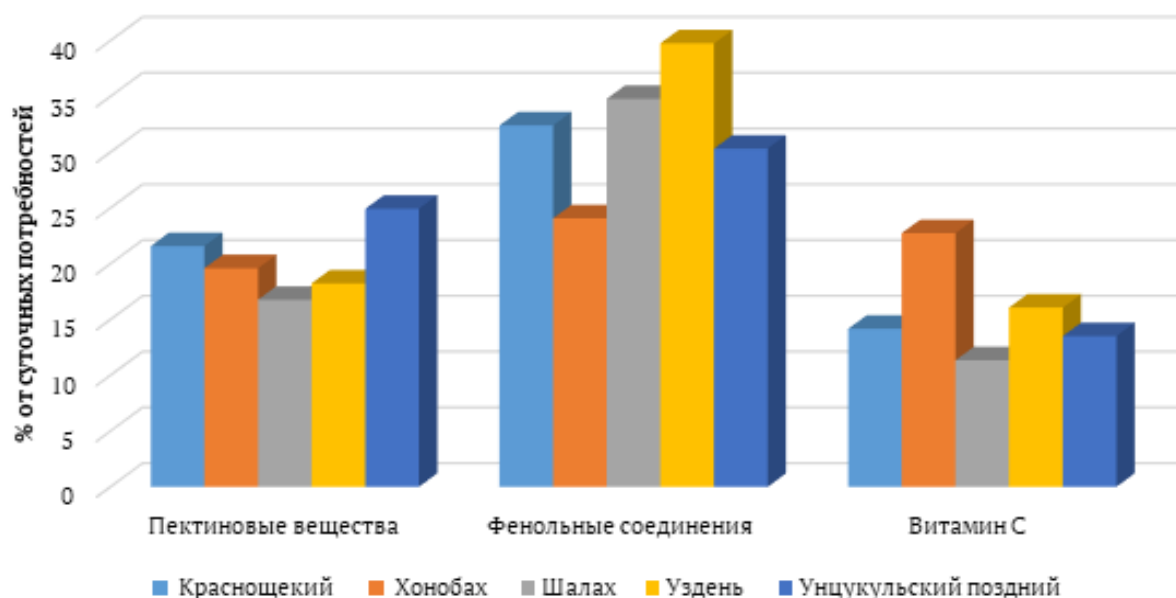


Рисунок 2. Удовлетворение физиологической потребности организма человека в микронутриентах при употреблении 100 г абрикосов, изучаемых сортов, выращиваемых в Дагестане

сы других сортов по этому показателю отличались незначительно. К концу девятимесячного хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) плоды сортов Шалах, Унцукульский поздний и Краснощекий имели высокие общие оценки сенсорных свойств – 4,2; 4,1 и 4,1 балла соответственно. Абрикосы сортов Уздень и Хонобах получили по 4,0 балла (Таблица 3).

Примечание: Стандартная ошибка среднего значения для дегустационных показателей качества варьировала в пределах 0,07–0,18.

Известно, что при шоковом замораживании ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и последующем хранении ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) плодово-ягодной продукции не происходит полного

Таблица 3

Дегустационные оценки свежих и быстрозамороженных абрикосов после девятимесячного холодильного хранения, баллы (Республика Дагестан, 2018–2020 гг.)

Сорт	Внешний вид	Цвет	Вкус	Аромат	Консистенция	Общая дегустационная оценка
Свежие абрикосы						
Унцукульский поздний	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7	4,7
Шалах	4,8	4,7	4,8	4,7	4,8	4,8
Краснощекий	4,5	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6
Уздень	4,7	4,6	4,7	4,7	4,7	4,7
Хонобах	4,8	4,7	4,7	4,8	4,6	4,7
Абрикосы после девятимесячного холодильного хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ )						
Унцукульский поздний	4,1	4,0	4,2	4,1	4,2	4,1
Шалах	4,3	4,1	4,3	4,3	4,1	4,2
Краснощекий	4,1	4,2	4,2	4,2	4,0	4,1
Уздень	4,0	4,1	4,2	4,2	3,8	4,0
Хонобах	4,0	4,1	4,1	4,3	3,8	4,0

уничтожения микроорганизмов и их токсинов. Поэтому, с целью установления микробиологической безопасности опытных образцов замороженных абрикосов после их длительного холодого хранения, были проведены анализы, выявляющие наличие патогенных микробов, бактерий и дрожжей.

В опытных образцах абрикосов (в 25 г), подвергнутых быстрому замораживанию и хранению ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ ) в течение 9 месяцев, не обнаружены сальмонеллы. Бактерии группы кишечной палочки (колиформы) в 0,1 г замороженных абрикосов также отсутствовали. Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) к концу эксперимента в абрикосах, в зависимости от сорта, составляло  $0,27 \times 10^2 - 0,41 \times 10^2$  КОЕ/г. Численность дрожжей после 9 месяцев холодого хранения на абрикосах составляла в среднем  $2,4 \times 10^1$  КОЕ/г и не превышала допустимую норму ( $2 \times 10^2$  КОЕ/г). В этих

же опытных образцах абрикосов были выявлены плесневые грибы в количестве  $0,82 \times 10^2 - 0,96 \times 10^2$  КОЕ/г, что намного меньше допустимой нормы ( $10^5$  КОЕ/г). Таким образом, исследования микробиоты быстрозамороженных ( $t=-30^{\circ}\text{C}$ ) абрикосов после 9 месяцев их хранения при  $t=-18^{\circ}\text{C}$  показали, что по микробиологическим показателям они отвечают требованиям ТР ТС 021/2011.

Для определения комплексной оценки качества быстрозамороженных плодов абрикоса, наряду с биохимическими, органолептическими и микробиологическими исследованиями, были установлены показатели их безопасности.

По содержанию токсичных элементов: свинца, кадмия, мышьяка и ртути, как свидетельствуют данные анализов (Таблица 4), быстрозамороженные абрикосы после 9 месяцев холодого хранения соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 4

Содержание токсичных элементов в плодах абрикоса ( $\bar{X} \pm SE$ , Республика Дагестан, 2018-2020 гг.)

Сорт абрикоса	Массовая концентрация мг/кг			
	Свинец	Кадмий	Ртуть	Мышьяк
Краснощекий	0,04 $\pm$ 0,003	0,016 $\pm$ 0,004		0,09 $\pm$ 0,002
Хонобах	0,03 $\pm$ 0,002	0,018 $\pm$ 0,003		0,05 $\pm$ 0,001
Шалах	0,07 $\pm$ 0,003	0,013 $\pm$ 0,002	Не обнаружено	0,05 $\pm$ 0,004
Уздень	0,09 $\pm$ 0,002	0,012 $\pm$ 0,003		0,10 $\pm$ 0,002
Унцукульский поздний	0,06 $\pm$ 0,005	0,009 $\pm$ 0,002		0,12 $\pm$ 0,003
ПДК, мг/кг	0,4	0,03	0,02	0,2

## Выводы

Результаты экспериментов, направленных на выявление оптимальных низкотемпературных режимов консервирования при производстве быстрозамороженных плодов абрикоса, показали, что у плодов всех исследованных сортов (Краснощекий, Уздень, Унцукульский поздний, Хонобах и Шалах) при применении температурных режимов ( $t=-25^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-30^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-33^{\circ}\text{C}$  и  $t=-35^{\circ}\text{C}$ ) наблюдалось уменьшение массовой концентрации определяемых нутриентов. Понижение температуры в процессе замораживания в плодах всех сортов вызвало увеличение сохранности нутриентов. Наименьшие потери нутриентов в абрикосах определены после шоковой заморозки ( $t=-35^{\circ}\text{C}$ ), по сравнению с их содержанием в свежих плодах. Сохранность сахаров при этом, в зависимости от

сорта, составила 93,2–96,0; титруемых кислот – 91,4–95,2; пектинов – 93,8–96,1; фенолов – 90,9–93,8; витаминов С и Р соответственно – 90,9–93,4 и 92,1–94,3%. Разница в сохранности химического состава абрикосов после их быстрого замораживания при  $t=-30^{\circ}\text{C}$  и  $t=-35^{\circ}\text{C}$  была незначительной. Результаты проведенных исследований дают основание рекомендовать проводить шоковую заморозку абрикосов при  $t=-30^{\circ}\text{C}$  потому, что этот режим наиболее экономичен по энергозатратам.

Исследования показали, что технологический прием консервирования – низкотемпературное замораживание ( $t=-30^{\circ}\text{C}$ ) плодов абрикоса и длительное их холодильное хранение ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ ) – эффективный способ, обеспечивающий высокую сохранность их товарных качеств и нутриентного состава. Хранение в течение 3, 6 и 9 месяцев

при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  вызвало в абрикосах незначительное снижение массовой концентрации всех исследованных нутриентов. После холодового девяти-месячного хранения абрикосов исследованных сортов сохранность витамина С варьировала от 78,4 (Хонобах) до 84,6% (Унцукульский поздний), а витамина Р – от 77,4 (Хонобах) до 83,9% (Унцукульский поздний). Сохранность титруемых кислот составляла 78,7 (Хонобах)–86,5% (Шалах), а количество фенольных и пектиновых соединений, по сравнению с их исходным содержанием в свежих абрикосах, в среднем составляло 80,1 и 97,2% соответственно. Наиболее стабильным после шоковой заморозки ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и последующего девятимесячного хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) оказался биохимический комплекс плодов сортов Краснощекий, Унцукульский поздний и Шалах.

Дегустационная оценка качества быстрозамороженных плодов абрикоса показала, что шоковое замораживание ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и длительное хранение ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) незначительно повлияли на аромат и вкус опытных образцов абрикосов, в большей степени они вызвали изменение окраски и консистенции мякоти. К концу девятимесячного хранения ( $t = -18^{\circ}\text{C}$ ) плоды сортов Шалах, Унцукульский поздний и Краснощекий имели высокие общие оценки сенсорных свойств – 4,2; 4,1 и 4,1 балла соответственно.

Результаты исследования микробиоты и определения содержания токсичных элементов в быстрозамороженных ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) абрикосах после 9 месяцев их хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  свидетельствуют о том, что они по этим показателям безопасности отвечают требованиям ТР ТС 021/2011.

Таким образом, комплексная оценка качества абрикосов сортов Унцукульский поздний, Шалах и Краснощекий после их шоковой заморозки ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ) и девятимесячного холодового хранения при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  показала, что они по сравнению с абрикосами сортов Уздень и Хонобах, лучше сохранили нутриенты, обладают более высокой криорезистентностью и хорошими органолептическими свойствами. Эти сорта наиболее пригодны для консервирования с применением технологии быстрого замораживания.

### Финансирование

Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры товароведения технологии продуктов и общественного питания ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова».

### Литература

- Базарнова, Ю. Г., & Иванченко, О. Б. (2016). Исследование состава биологически активных веществ экстрактов дикорастущих растений. *Вопросы питания*, 85(5), 100-107.
- Белицкий, Г. А., Кирсанов, К. И., Лесовая, Е. А., & Якубовская, М. Г. (2014). Механизмы антиканцерогенного действия флавоноидов. *Успехи молекулярной онкологии*, 1(1), 56-68. <https://doi.org/10.17650/2313-805X.2014.1.1.56-68>
- Гусейнова, Б. М., & Даудова, Т. И. (2010). Биохимический состав плодов абрикоса и персика, выращиваемых в различных зонах плодородства Дагестана. *Садоводство и виноградарство*, 2, 34-36.
- Гусейнова, Б. М., & Даудова, Т. И. (2011). Биохимический состав плодов хурмы, выращиваемой в Дагестане, и его изменение в процессе холодового хранения. *Сельскохозяйственная биология*, 46(5), 107-112.
- Кварцхелия, В. Н., & Родионова, Л. Я. (2014). Изменение аналитических характеристик пектиновых веществ яблок позднего срока созревания при длительном влиянии низких температур. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)*, 100(06), 1193-1203. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/49.pdf> (дата обращения: 13.01.2021).
- Коденцова, В. М., Вржесинская, О. А., Рисник, Д. В., Никитюк, Д. Б., & Тутельян, В. А. (2017). Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. *Состояние проблемы. Вопросы питания*, 4, 113-124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>
- Корзин, В. В. (2019). Анализ развития и современного состояния культуры абрикоса в мире и Российской Федерации. *Садоводство и виноградарство*, 6, 35-41. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-6-35-41>
- Короткий, И. А., Сахабутдинова, Г. Ф., & Шафрай, А. В. (2017). Анализ параметров, влияющих на продолжительность замораживания овощных полуфабрикатов комбинированным способом. *Техника и технология пищевых производств*, 46(3), 108-113. <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-3-108-113>
- Ермакова, А. И. (Ред.). (1987). Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат.
- Созаева, Д. Р., Джабоева, А. С., Шаова, Л. Г., & Цагоева, О. К. (2016). Содержание пектинов в различных видах плодовых культур и их физико-химические свойства. *Вестник ВГУИТ*, 2, 170-174. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174>



- Чалая, Л. Д., & Причко, Т. Г. (2013). Качество плодов различных сортов абрикоса. Садоводство и виноградарство, 3, 26-30.
- Щетинин, М. П., Ходырева, З. Р. (2018). Научно-гигиенические подходы к разработке замороженного десерта. Вопросы питания, 3, 72-78. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10034>
- Adkison, E. C., Biasi, W. B., Bikoba, V., Holstege, D. M., & Mitcham, E. J. (2018). Effect of canning and freezing on the nutritional content of apricots. *Journal of Food Science*, 83(6), 1757-1761. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14157>
- Anet, E. F. L. J., & Reynolds, T. M. (1955). Water-soluble constituents of fruit. II. The separation of acids on anion-exchange resins: the isolation of L-quinic acid from Apricots. *Australian Journal of Chemistry*, 8(2), 267-275. <https://doi.org/10.1071/CH9550267>
- Bosca, S., Fissore, D., & Demichela, M. (2017). Reliability Assessment in a Freeze-Drying Process. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56(23), 6685-6694. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00378>
- Bourguiba, H., Audergon, J. M., Krichen, L., Trifi-Farah, N., Mamouni, A., Trabelsi, S., & Khadari, B. (2012). Genetic diversity and differentiation of grafted and seed propagated apricot (*Prunus armeniaca* L.) in the Maghreb region. *Scientia Horticulturae Press*, 142, 7-13. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2012.04.024>
- Foster, A. M., Brown, T., Gigiel, A. J., Alford, A., & Evans, J. A. (2011). Air cycle combined heating and cooling for the food industry. *International Journal of Refrigeration*, 34(5), 1296-1304. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.03.016>
- Kafkaleto, M., Kalantzis, I., Karantzi, A., Christopoulos, M. V., & Tsantili, E. (2019). Phytochemical characterization in traditional and modern apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars – nutritional value and its relation to origin. *Scientia Horticulturae*, 253, 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.032>
- Kalt, W., & Kuschad, M. M. (2000). The role of oxidative stress and anti-oxidants in plant and human health: introduction to the colloquium. *HortScience*, 35(40), 203-209. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.4.572>
- Kertesz, Z. I. (1951). *The pectic substances*. New York: Interscience Publishers.
- Le Bourvellec, C., Gouble, B., Bureau, S., Reling, P., Bott, R., Ribas-Augusti, A., Audergon, J. M., & Renard, C. M. G. C. (2018). Impact of canning and storage on apricot carotenoids and polyphenols. *Food Chemistry*, 240, 615-625. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.147>
- Marazani, T., Madyira, D. M., & Akinlabi, E. T. (2017). Investigation of the Parameters Governing the Performance of Jet Impingement Quick Food Freezing and Cooling Systems. *Procedia Manufacturing*, 8, 754-760. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.097>
- Nuñez, M. (2016). Existing Technologies in Non-cow Milk Processing and Traditional Non-cow Milk Products. In E. Tsakalidou, & K. Papadimitriou (Eds.), *Non-Bovine Milk and Milk Products* (pp. 161-185). N.Y.: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803361-6.00007-7>
- Sajad, M. W., Masoodi, F. A., Haq, E., Ahmad, M., & Ganai, S. A. (2020). Influence of processing methods and storage on phenolic compounds and carotenoids of apricots. *Journal of Food Science & Technology*, 132, 109846. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109846>
- Wani, S. M., Hussain, P. R., Masoodi, F. A., Ahmad, M., Wani, T. A., Gani, A., Rather, S. A., & Suradkar, P. (2017). Evaluation of the composition of bioactive compounds and antioxidant activity in fourteen apricot varieties of North India. *Journal of Agricultural Science*, 9(5), 66-82. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n5p66>
- Wani, S. M., Masoodi, F. A., Ahmad, M., & Mir, S. A. (2018). Processing and storage of apricots: Effect on physicochemical and antioxidant properties. *Journal of Food Science & Technology*, 55, 4505-4518. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3381-x>
- Yilmaz, K. U., Paydas-Kargi, S., Dogan, Y., & Kafkas, S. (2012). Genetic diversity analysis based on ISSR, RAPD and SSR among Turkish Apricot Germplasms in Iran Caucasian ecogeographical group. *Scientia Horticulturae Press*, 138, 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.017>
- Yilmaz, K. U., & Gurcan, K. (2012). Genetic Diversity in Apricot. Genetic Diversity in Plants. *Intech, Rijeka, Croatia*, 249-270. URL: [https://cdn.intechopen.com/pdfs/31481/InTech-Genetic\\_diversity\\_in\\_apricot.pdf](https://cdn.intechopen.com/pdfs/31481/InTech-Genetic_diversity_in_apricot.pdf) (дата обращения: 10.01.2021).

# Effect of Low-Temperature Preservation Regimes on Preservation of Commercial Qualities and Nutrient Composition of Apricots Taking into Account Varietal Features and Shelf Life

**Batuch M. Guseinova**

*Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov  
180, M. Gadzhieva str., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032, Russian Federation  
E-mail: batuch@yandex.ru*

**Islam H. Asabutaev**

*Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov “  
180, M. Gadzhieva str., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032, Russian Federation  
E-mail: urist0107@yandex.ru*

**Tatyana I. Daudova**

*Federal State Budgetary Institution of Science Prikaspiyskiy  
Institute of Biology Recourses of Science Dagestan Scientific  
Center of Russian Academy of Sciences  
45, M. Gadzhieva str., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367025, Russian Federation  
E-mail: batuch@yandex.ru*

Insufficient production volumes and a small range of natural food products from environmentally friendly local plant raw materials, a low level of consumption of fresh fruits by the population due to the seasonality of their cultivation are topical problems of the national economy. Apricot fruits (*Prunus armeniaca* L.) according to the nutritional index of the pulp, are in first place among bone crops. The development of technological modes of low-temperature preservation of apricots, which determine the high safety of their food properties during long-term storage, helps to solve the problem of year-round provision of these fruits to the population. The optimal modes of shock freezing ( $t=-30^{\circ}\text{C}$ ) and long-term storage ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ ) of apricots of the varieties Krasnoshcheky, Uzden, Uncukulskiy pozdny, Honobah and Shalah were experimentally substantiated when studying the persistence of their biocomponents, determining organoleptic and microbiological quality indicators. In apricots, mass concentrations of titrated acids, vitamins C and P, phenolic and pectin substances were determined by conventional methods. A tasting rating was given on a 5-point scale. Rapid freezing and subsequent long-term storage of apricots at  $t=-18^{\circ}\text{C}$  contributed to the high preservation of nutrients: after 9 months of storage, vitamin C in them, depending on the variety, was preserved by 78.4–84.6%, and vitamin P by 77.4–83.9%. The stability of the titrated acids ranged from 78.7 (Honobah) to 86.5% (Shalah). The preservation of phenolic and pectin compounds averaged 80.1 and 97.2%, respectively. The most stable after a shock freeze and 9 months of cold storage was the chemical composition of apricots of the varieties Krasnoshcheky, Uncukulskiy pozdny and Shalah. Differences in the change in nutrient concentration in the tested apricots during shock freezing ( $t=-25^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-30^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-33^{\circ}\text{C}$ ;  $t=-35^{\circ}\text{C}$ ) and long-term storage ( $t=-18^{\circ}\text{C}$ ) depended on grade features.

**Keywords:** apricot fruits, biochemical composition, nutrients, low-temperature freezing, cold storage, organoleptic properties, microbiological indicators

## References

- Bazarnova, Yu. G., & Ivanchenko, O. B. (2016). Issledovanie sostava biologicheskii aktivnykh veshchestv ekstraktov dikorastushchikh rastenii [Investigation of the composition of biologically active substances in extracts of wild plants]. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 85(5), 100–107.
- Belitskii, G. A., Kirsanov, K. I., Lesovaya, E. A., & Yakubovskaya, M. G. (2014). Mekhanizmy antikantserogennogo deistviya flavonoidov [Mechanisms of carcinogenesis prevention by flavonoids].

- Uspekhi molekulyarnoi onkologii [Advances in Molecular Oncology]*, 1(1), 56-68. <https://doi.org/10.17650/2313-805X.2014.1.1.56-68>
- Guseinova, B. M., & Daudova, T. I. (2010). Biokhimicheskii sostav plodov abrikosa i persika, vyrashchivaemykh v razlichnykh zonakh plodovodstva Dagestana [Biochemical composition of apricot and peach fruits grown in various fruit growing zones of Dagestan]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo [Horticulture and viticulture]*, 2, 34-36.
- Guseinova, B. M., & Daudova, T. I. (2011). Biokhimicheskii sostav plodov khurmy, vyrashchivaemoi v Dagestane, i ego izmenenie v protsesse kholodovogo khraneniya [Biochemical composition of persimmon fruits grown in Dagestan and its change in the process of cold storage]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural biology]*, 46(5), 107-112.
- Kvartskheliya, V. N., & Rodionova, L. Ya. (2014). Izmenenie analiticheskikh kharakteristik pektinovyykh veshchestv yablok pozdnego sroka sozrevaniya pri dlitel'nom vliyani nizzkikh temperatur [Change of analytical characteristics of late-maturation apples pectin substances with long-term influence of low temperatures]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyi zhurnal KubGAU) [Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agricultural University]*, 100(06), 1193-1203. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/49.pdf> (accessed: 13.01.2021).
- Kodentsova, V. M., Vrzhesinskaya, O. A., Risnik, D. V., Nikityuk, D. B., & Tutel'yan, V. A. (2017). Obespechennost' naseleniya Rossii mikronutrientami i vozmozhnosti ee korrrektsii. Sostoyanie problemy [Micronutrient status of population of the Russian federation and its correction. State of the problem]. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 4, 113-124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>
- Korzin, V. V. (2019). Analiz razvitiya i sovremennogo sostoyaniya kul'tury abrikosa v mire i Rossiiskoi Federatsii [Analysis of the development and contemporary state of apricot culture in the world and Russian Federation]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo [Horticulture and viticulture]*, 6, 35-41. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-6-35-41>
- Korotkii, I. A., Sakhabutdinova, G. F., & Shafrai, A. V. (2017). Analiz parametrov, vliyayushchikh na prodolzhitel'nost' zamorazhivaniya ovoshchnykh polufabrikatov kombinirovannym sposobom [Analysis of parameters influencing period of vegetable semifinished products freezing with combined method]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Food Processing: Techniques and Technology]*, 46(3), 108-113. <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-3-108-113>
- Ermakova, A. I. (Eds.). (1987). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii [Methods of biochemical plant research]*. Leningrad: Agropromizdat.
- Sozaeva, D. R., Dzhaboeva, A. S., Shaova, L. G., & Tsagoeva, O. K. (2016). Soderzhanie pektinov v razlichnykh vidakh plodovykh kul'tur i ikh fiziko-khimicheskie svoystva [The pectin content in different types of fruit crops and their physicochemical characteristics]. *Vestnik VGUIT [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2, 170-174. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174>
- Chalaya, L. D., & Prichko, T. G. (2013). Kachestvo plodov razlichnykh sortov abrikosa [Quality of fruits of various apricot varieties]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo [Horticulture and viticulture]*, 3, 26-30.
- Shchetinin, M. P., Khodyreva, Z. R. (2018). Nauchnogi gienicheskie podkhody k razrabotke zamorozhennogo deserta [Scientific and hygienic approaches to the development of frozen dessert]. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 3, 72-78. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10034>
- Adkison, E. C., Biasi, W. B., Bikoba, V., Holstege, D. M., & Mitcham, E. J. (2018). Effect of canning and freezing on the nutritional content of apricots. *Journal of Food Science*, 83(6), 1757-1761. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14157>
- Anet, E. F. L. J., & Reynolds, T. M. (1955). Water-soluble constituents of fruit. II. the separation of acids on anion-exchange resins: The isolation of L-quinic acid from apricots. *Australian Journal of Chemistry*, 8(2), 267-275. <https://doi.org/10.1071/CH9550267>
- Bosca, S., Fissore, D., & Demichela, M. (2017). Reliability assessment in a freeze-drying process. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56(23), 6685-6694. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00378>
- Bourguiba, H., Audergon, J. M., Krichen, L., Trifi-Farah, N., Mamouni, A., Trabelsi, S., & Khadari, B. (2012). Genetic diversity and differentiation of grafted and seed propagated apricot (*Prunus Armeniaca* L.) in the Maghreb region. *Scientia Horticulturae Press*, 142, 7-13. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2012.04.024>
- Foster, A. M., Brown, T., Gigiel, A. J., Alford, A., & Evans, J. A. (2011). Air cycle combined heating and cooling for the food industry. *International Journal of Refrigeration*, 34(5), 1296-1304. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.03.016>
- Kafkaletou, M., Kalantzis, I., Karantzi, A., Christopoulos, M. V., & Tsantili, E. (2019). Phytochemical characterization in traditional and modern apricot (*Prunus Armeniaca* L.) cultivars – nutritional value and

- its relation to origin. *Scientia Horticulturae*, 253, 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.032>
- Kalt, W., & Kushad, M. M. (2000). The role of oxidative stress and anti-oxidants in plant and human health: Introduction to the colloquium. *HortScience*, 35(40), 203-209. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.4.572>
- Kertesz, Z. I. (1951). *The Pectic Substances*. New York: Interscience Publishers.
- Le Bourvellec, C., Gouble, B., Bureau, S., Reling, P., Bott, R., Ribas-Augusti, A., Audergon, J. M., & Renard, C. M. G. C. (2018). Impact of canning and storage on apricot carotenoids and polyphenols. *Food Chemistry*, 240, 615-625. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.147>
- Marazani, T., Madyira, D. M., & Akinlabi, E. T. (2017). Investigation of the parameters governing the performance of jet impingement quick food freezing and cooling systems. *Procedia Manufacturing*, 8, 754-760. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.097>
- Núñez, M. (2016). Existing technologies in non-cow milk processing and traditional non-cow milk products. In E. Tsakalidou & K. Papadimitriou (Eds.), *Non-Bovine Milk and Milk Products* (pp. 161-185). N.Y.: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803361-6.00007-7>
- Sajad, M. W., Masoodi, F. A., Haq, E., Ahmad, M., & Ganai, S. A. (2020). Influence of processing methods and storage on phenolic compounds and carotenoids of apricots. *Journal of Food Science & Technology*, 132, 109846. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109846>
- Wani, S. M., Hussain, P. R., Masoodi, F. A., Ahmad, M., Wani, T. A., Gani, A., Rather, S. A., & Suradkar, P. (2017). Evaluation of the composition of bioactive compounds and antioxidant activity in fourteen apricot varieties of North India. *Journal of Agricultural Science*, 9(5), 66-82. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n5p66>
- Wani, S. M., Masoodi, F. A., Ahmad, M., & Mir, S. A. (2018). Processing and storage of apricots: Effect on physicochemical and antioxidant properties. *Journal of Food Science & Technology*, 55, 4505-4518. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3381-x>
- Yilmaz, K. U., Paydas-Kargi, S., Dogan, Y., & Kafkas, S. (2012). Genetic diversity analysis based on ISSR, RAPD and SSR among turkish apricot germplasms in Iran caucasian ecogeographical group. *Scientia Horticulturae Press*, 138, 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.017>
- Yilmaz, K. U., & Gurcan, K. (2012). Genetic diversity in apricot. genetic diversity in plants. *Intech, Rijeka, Croatia*, 249-270. URL: [https://cdn.intechopen.com/pdfs/31481/InTech-Genetic\\_diversity\\_in\\_apricot.pdf](https://cdn.intechopen.com/pdfs/31481/InTech-Genetic_diversity_in_apricot.pdf) (accessed: 10.01.2021).