

Биологически активные вещества плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides* L.) при хранении с применением различных способов консервации: обзор предметного поля

Тринеева Ольга Валерьевна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
Адрес: 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1
E-mail: trineevaov@mail.ru

Облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides* L.), произрастающая в диком виде и широко культивируемая на территории РФ выделяется стабильно высоким урожаем плодов и имеет важное значение в технологии пищевых производств, косметических средств, животноводстве, а также в фармацевтической промышленности. Комплекс биологически активных веществ (БАВ) плодов облепихи включает большое количество классов различных соединений. В данном обзоре предметного поля проведен анализ литературных данных (научные статьи в отечественных и зарубежных журналах, нормативная документация (НД), авторефераты диссертаций) за период с 1991 по 2021 гг с целью оценки стабильности БАВ и обоснования норм показателей качества при создании современной НД на плоды облепихи крушиновидной высушенные и замороженные с применением различных способов и температурных режимов консервации плодов (сушка и заморозка). Выявлены общие закономерности влияния способа консервации плодов облепихи крушиновидной на содержание в них комплекса веществ полифенольной природы, аминокислот, витамина С, каротиноидов и органических кислот. На основании систематизации Российских и мировых исследований по изучению динамики содержания БАВ в процессе хранения замороженных плодов рекомендованы сроки хранения – 9 месяцев в морозильной камере при температуре не выше -18 °С. Тепловая сушка относится к менее берегающей технологии консервации БАВ в плодах. Однако, может быть применима с учетом достаточного остаточного количества БАВ и экономической рациональности применения данного способа в условиях ежегодного многотоннажного сбора и переработки плодов. Прогрессивные способы и приемы сушки и заморозки следует постепенно также внедрять в практику фармацевтических и пищевых производств.

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, биологически активные вещества, стабильность, способ консервации, плоды

Введение

Облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides* L.) – листопадные кустарники рода *Hipporhae* – одно из ценных растений, имеющее широкий ареал распространения на территории РФ (Золотарева и др., 1994; Золотарева и др., 2005; Карпова, 1999; Кислухина и др., 2003; Павлова и др., 2001; Arimboor & Arumughan, 2012; Bayraktar, 2013; Christaki, 2012; Yadav et al., 2019; Wanchao et al., 2009), возделываемые, в основном, в Европе, Северной Америке и Азии, и дающие стабильно высокий урожай плодов (ежегодный потенциал заготовок плодов превышает 3000 т). В настоящее время практически все части этого растения находят применение в различных областях промышленности: пищевой, космети-

ческой и фармацевтической. В животноводстве шрот плодов широко используется для обогащения кормов (Raffo et al., 2004; Rösch et al., 2004). Облепиху используют как в народной медицине для лечения кашля, улучшения пищеварения, активизации кровообращения и облегчения боли. Экстракты веток и листьев облепихи применяют для лечения желудочно-кишечного расстройства. Сырье облепихи также относится к экологически чистым, так известно, что данное растение не способно накапливать вредные экотоксиканты (Gutzeit et al., 2006; Heyen et al., 2020; Kim et al., 2010; Kashyap et al., 2020; Kumar et al., 2017; Nour et al., 2021; Sabir et al., 2005). Плоды облепихи пока не выпускаются в виде индивидуального лекарственного растительного сырья (ЛРС) в фильтр-пакетах и пачках различной расфасовки,

однако масляный экстракт плодов является как самостоятельным препаратом, так и составной частью некоторых комплексных лекарственных растительных препаратов (ЛРП) регенерирующего действия. Плоды облепихи крушиновидной являются официальным ЛРС. До настоящего момента не утверждена фармакопейная статья на плоды облепихи крушиновидной, несмотря на огромное количество работ по оценке ее биохимического и фармакологического потенциала, а также широкое применение в фармации основного продукта ее переработки – облепихового масла и ЛРП на его основе. Подготовленный проект ФС на данный вид сырья находится в стадии публичного обсуждения и вывешен на сайте МЗРФ (Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIII изд.; Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд.).

Комплекс БАВ ЛРС облепихи насчитывает большое количество групп различных веществ (Золотарева и др., 2003; Золотарева и др., 2004; Золотарева, 2004; Солоненко и др., 1991; Терещук & Павлова, 2000; Фарзалиев и др., 2021; Кислухина, 2004; Тринеева и др., 2013а; Тринеева и др., 2013б; Тринеева и др., 2013в; Тринеева & Сливкин, 2016; Тринеева и др., 2016; Тринеева, 2016): витамины С и Е, каротины, ксантофиллы, полисахариды, белки с незаменимыми аминокислотами, органические кислоты, минеральные вещества, тритерпеноиды, полифенолы, пектины, жирное мало с полиненасыщенными жирными кислотами, фосфолипиды и воски. Экстракты плодов облепихи применяются против ожирения, проявляют антиоксидантное, противомикробное, противоульцерогенное, регенеративное, противодиабетическое и витаминное действие. На настоящий момент фармацевтической нормативной документацией (НД) закреплен способ хранения свежих плодов облепихи в бочках путем замораживания сроком до 6 месяцев. Высушенные плоды при использовании тепловой сушки по техническим условиям могут быть использованы в течение 2 лет. Вопросы длительности хранения ЛРС и ЛРП, к которому относятся плоды облепихи, по современным подходам, применяемым к стандартизации ЛРС, могут решаться с учетом экспериментальных данных по изучению стабильности БАВ в сырье. В связи с этим актуальным является изучение стабильности различных групп БАВ плодов облепихи крушиновидной при хранении с применением различных способов консервации с целью обоснования с научной точки зрения оптимальных режимов и сроков использования данного сырья.

Цель данного обзора: обобщение, систематизация и анализ исследований и материалов, посвященных стабильности различных групп БАВ плодов облепихи крушиновидной при хранении с применением различных способов и режимов консервации.

Материалы и методы исследования

Базы данных и временные рамки

В работе проведен обзор предметного поля по теме «Влияние различных способов консервации плодов облепихи крушиновидной на стабильность комплекса БАВ», обобщены и систематизированы данные по результатам исследований за последние 30 лет (с 1991 по 2021 гг) различных групп ученых как России, так и зарубежья. Дана оценка стабильности различных групп БАВ в плодах и даны ответы на поставленные вопросы:

- как влияет замораживание и высушивание на стабильность БАВ и минерального комплекса в плодах облепихи крушиновидной;
- как влияет замораживание и высушивание на показатели микробиологической чистоты данного сырья;
- какие сроки хранения следует считать оптимальными для сохранности ценных пищевых и фармакологических свойств плодов;
- какие прогрессивные способы консервации скоропортящегося сырья (такого, как сочные плоды) используются в настоящее время в фармацевтической и пищевой индустрии. Какие являются более предпочтительными.

Результаты анализа были представлены в виде таблиц и диаграмм для визуализации данных. Поиск источников литературы осуществлялся в базах данных Scopus и eLibrary.ru.

Критерии включения источников

Отбор источников для анализа реализовывался по ключевым словам: облепиха крушиновидная, способы консервации плодов, стабильность биологически активных веществ в плодах, сушка, заморозка. Анализировались источники за последние 30 лет, на русском и иностранных языках, опубликованных в научных журналах, материалах конференций различных уровней, а также монографии, посвященные тематике исследования.

Стратегия исследования

Стратегия поиска

Была разработана и протестирована стратегия поиска с использованием итеративного процесса в консультации с группой проверки. Проведена экспертная оценка стратегии до ее реализации. Проведен в ряде баз данных, чтобы добиться междисциплинарного охвата. К ним относятся: Web of Science и базы данных Scopus и eLibrary. Выполнены все поиски по состоянию на 20 марта 2022 года. После этого ключевые слова при поиске в базах данных скорректированы. Результаты ограничены публикациями с 1992 г. по настоящее время.

Анализ данных включал как количественные (т. е. частоты и проценты), так и качественные (т. е. тематический анализ) методы. Впоследствии каждое из утверждений, описывающих характеристики стабильности комплекса БАВ и микроэлементов плодов облепихи крушиновидной, которые были извлечены из включенных статей, были классифицированы с использованием созданного списка. Во время категоризации извлеченных утверждений, если утверждение не относилось к уже существующей в списке категории, добавлялась новая категория. Если из одной записи были извлечены повторяющиеся источники, их классифицировали только один раз.

Анализ и визуализация данных

В таблицы включались данные по стабильности различных групп БАВ или других оцениваемых показателей доброкачественности плодов облепихи крушиновидной при различных способах консервации, имеющих значение для данного объекта с точки зрения ценности в качестве исходного сырья в пищевом, фармацевтическом и косметологическом производстве. Также указывался регион произрастания плодов и рассчитывался процент убыли каждой группы БАВ в наблюдаемый период хранения по отношению к исходному значению. На основе анализа литературных данных строились диаграммы (для более наглядного представления информации) и составлялись обобщающие таблицы.

Результаты и их обсуждение

Постановка проблемы исследования

Плоды облепихи относятся к ежегодно возобновляемым сырьевым ресурсам. Однако, объемы выращивания не позволяют пищевой, фармацевтической и косметологической промышленно-

стям осуществлять переработку единовременно, что требует применения различных способов консервации сырья. Срок доставки плодов на предприятия от момента сбора не должен превышать 3 часов. Хранение же на крытой площадке до переработки рекомендовано до 120 часов. (Филимонова, 2013; Половникова, 2016). Авторами установлен срок хранения плодов облепихи на технологических площадках до использования без потери свойств в охлажденном виде при $+1^{\circ} - +3^{\circ}\text{C}$, составляющий 7 суток (Короткий, 2009). Заморозка скоропортящихся плодов широко используется как надежный способ сохранения уникальных природных БАВ облепихи, обеспечивая тем самым бесперебойный цикл работы предприятий (Асабутаев и др., 2020). Низкие температуры оказывают ингибирующее влияние на окислительные и гидролитические, в т.ч. ферментативные, процессы, убивают или тормозят развитие микроорганизмов – потребителей БАВ. Замораживание плодов может осуществляться в различных режимах (от -18°C до -40°C ; быстрая или медленная) (Мустафаева, 2013). На качество плодов при этом также влияют температура хранения и способ дефростации (Половникова, 2016). Тем не менее, рекомендованный срок хранения облепихи крушиновидной плодов замороженных составляет до 6 мес. Что обуславливает необходимость их переработки в указанный период (Губина & Лучина, 2010). Для оценки стабильности БАВ и обоснования норм показателей качества при создании современной НД на плоды облепихи крушиновидной высушенные и замороженные использовались данные авторов по различным способам и режимам консервации плодов (различные виды сушки и заморозки при различных температурах и времени хранения). Количественное определение суммы различных БАВ в пересчете на тот или иной компонент проводилось авторами при помощи комплекса физико-химических и титриметрических методов по соответствующим ГОСТам и/или ранее разработанным ими методикам. Результаты обобщены и представлены в Таблицах 1 и 2.

Динамика состава комплекса БАВ плодов облепихи крушиновидной в условиях заморозки и хранения

В данной статье мы не проводим сравнение биохимического состава свежих плодов, опубликованных авторами, так как анализировались данные с различных эколого-географических районов, в т.ч. ближнего и дальнего зарубежья. Общеизвестно, что облепиха крушиновидная, так же как и другие лекарственные и пищевые растения имеют значительный диапазон зависимости состава БАВ от

Таблица 1

Данные о динамике в составе комплекса БАВ плодов облепихи крушиновидной в условиях заморозки и хранения при -18°C

БАВ, %	Метод анализа	Плоды					Ссылка
		Свежие	Замороженные			% изменения содержания	
			3 мес.	6 мес.	9 мес.		
г. Барнаул (НИИ садоводства им. М.А. Лисавенко) (среднее по сортам)							
Каротиноиды, мг%	Фотоэлектроколориметрия	19,67	-	13,09	-	-36,5	(Земцова и др., 2016)
Свердловская обл.							
АОА, ммоль-экв/л	Инверсионная потенциометрия	2,204	1,922	1,101	0,416	-81,13	(Чугунова и др., 2019)
Кемеровская обл.							
Витамин С, мг%	Йодометрия	153	-	130,3	101,5	-33,66	(Губина & Лучина, 2010)
Органические кислоты, %	ГОСТ 25555-82 ¹	1,86	-	2,09	2,06	+10,75	
Сахара, %	ГОСТ 27198-87 ²	5,41	-	4,20	3,64	-32,72	
Дагестан							
Витамин С, мг%	Йодометрия	180,10	155,67	-	131,15	-27,18	(Гусейнова & Дадудова, 2012; Гусейнова, 2016а; Гусейнова, 2016б; Гусейнова, 2017; Гусейнова и др., 2020)
Органические кислоты, г/дм ³	ГОСТ 25555-82	16,9	16,2	-	15,9	-12,3	
Пектиновые вещества, %	Карбазольный метод	1,31	1,27	-	1,20	-1,2	
Флавоноиды, мг%	Фотоэлектроколориметрия	34,9	29,3	-	28,6	-18	Гусейнова, 2017; Гусейнова и др., 2020)
Фенольные БАВ, мг%	ГОСТ 24556-89 ³	172,34	164,47	-	153,25	-11	
г. Кемерово (среднее по сортам)							
Моносахара, %	-	10,07	9,95	9,16	7,22	-28,3	Короткий, 2009; Короткий & Короткая, 2008; Короткий и др., 2015
Сахароза, %	-	0,32	-	0,23	-	-28,13	
Сумма сахаров, %	-	11,67	10,90	9,6	7,41	-36,5	
Пектиновые вещества, %	-	0,72	-	0,63	-	-13	
Украина (сорт «Великан»)							
Витамин С, мг%	-	146,64		137,72		-6,08	Belinska et al., 2020
Органические кислоты, %	-	2,10		2,30		+9,52	
Сахара, %	-	6,40		6,10		-4,69	
Каротиноиды, мг%	-	3,10		3,10		-	
Воронежская обл. (дикорастущие растения)							
Органические кислоты, %	Титриметрия (в пересчете на кислоту яблочную)	13,44	13,13	13,00	12,87	-4,24	Тринеева и др., 2013а
Гидроксикоричных кислоты, %	СФМ (в пересчете на кислоту хлорогеновую)	0,21	0,22	0,34	0,40	+90,48	Тринеева, 2016; Тринеева, 2017; Тринеева и др., 2017

¹ ГОСТ 25555.3-82. (2015). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения минеральных примесей*. М.: Стандратинформ.

² ГОСТ 27198-87. (2015). *Виноград свежий. Методы определения массовой концентрации сахаров*. М.: Стандратинформ.

³ ГОСТ 24556-89. (2003). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С*. М.: Стандратинформ.

Таблица 1

БАВ, %	Метод анализа	Плоды				% изменения содержания	Ссылка
		Свежие	Замороженные				
			3 мес.	6 мес.	9 мес.		
Аскорбино- вая кислота, %	Титриметрия	0,061	-	-	0,060	-1,64	Тринеева, 2016; Тринеева, 2017; Тринеева и др., 2017
Антиоксидантная ак- тивность (АОА), мг/г	Титриметрия (в пе- ресчете на кверцетин)	17,13	16,37	10,83	9,10	-46,88	Тринеева и др., 2012а; Тринеева и др., 2012б; Тринеева и др., 2012в
Каротиноиды, мг%	СФМ (в пересече- те на β-каротин)	59,73	55,2	51,19	48,36	-19,04	Тринеева, 2016
Антоцианы, %	СФМ (в пересече- те на циани- дин-3-о- глюкозид)	2,83	1,65	1,30	0,86	-69,61	Тринеева и др., 2014а; Тринеева и др., 2014б; Тринеева и др., 2014в; Тринеева и др., 2015а; Тринеева и др., 2015б; Тринеева и др., 2015в; Тринеева & Слив- кин, 2015а; Тринее- ва & Сливкин, 2015б
Дубильные вещества, %	СФМ (в пересече- те на танин)	0,53	0,49	0,39	0,22	-58,49	Тринеева, 2016
Свободные аминокисло- ты (АК), %	СФМ (в пересече- те на кислоту глу- таминovou)	4,86	8,11	8,99	9,43	+94,03	Тринеева и др., 2014а
Сумма флаво- ноидов, %	СФМ (в пересече- те на рутин)	1,09	0,99	0,70	0,67	-38,53	Тринеева и др., 2012б
Сумма полиса- харидов и про- стых сахаров,%	СФМ (Пикриновый метод в пересече- те на глюкозу)	31,01	-	-	20,90	-32,60	Тринеева и др., 2017
Кальций,%	Комплексонометрия	0,44	0,48	0,42	0,46	+4,5	Тринеева и др., 2015б
Экстрактивные вещества, %	Гравиметрия	82,36	80,13	79,92	79,08	-3,98	Тринеева и др., 2013а

условий произрастания, культивирования, времени сбора и сортовых особенностей отдельных представителей. В виду того, что для абсолютного большинства высушенного ЛРС, согласно ГФ РФ XIV изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд.) рекомендуемый срок хранения составляет до 2 лет, представление периодичности литературных данных по оценке содержания БАВ в замороженных плодах составляла в соответствии с ОФС.1.1.0009.18 «Стабильность и сроки годности лекарственных средств» ГФ РФ XIV изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд.) 3 месяца (3, 6 и 9 месяцев хранения).

Анализ результатов по оценке влияния хранения в условиях заморозки на сохранность комплекса БАВ

плодов (Таблица 1) показал, что к 9 месяцу наблюдений в наибольшей степени окислению подвергаются такие группы БАВ полифенольной природы, как антоцианы, дубильные вещества и флавоноиды (-58,49; -69,61 и -38,53% соответственно от исходного значения), что согласуются с данными определения АОА (от -46,88 до -81,13% по разным источникам), которая в большей мере определяется данными веществами (Нилова & Малютенкова, 2021; Рожнов, 2021).

Снижается при хранении менее интенсивно содержание каротиноидов, сахаров и витамина С. Убыль составляет в среднем 30–40% для сахаров, 20–37% для каротиноидов и наиболее variabelен этот показатель 6–36% для аскорбиновой кислоты. Содержание суммы каротиноидов в настоящее вре-

мя в фармацевтической НД является контролируемым показателем качества плодов облепихи (не менее 10 мг%) (Тринеева и др., 2014а). Остаточное количество каротиноидов при хранении до 9 мес., позволяет использовать плоды в промышленной переработке для производства различных продуктов.

Замораживание практически не оказывает влияния на долю органических кислот в плодах или приводит к незначительному росту вследствие повреждения кристаллами льда клеточных стенок и выхода сока. Содержание витамин-Р-активных веществ уменьшается в первые 3 месяца наблюдений в среднем на 10%, достигая 40% к 9 месяцу хранения. Качественный анализ состава флавоноидов в плодах показал, что сохраняются такие важнейшие представители данного класса БАВ, как рутин, гиперозид, кверцетин (Таблица 3). Отмечено увеличение содержания ГKK при хранения плодов в морозильной камере до 9 месяцев. Большая часть фенолкарбоновых кислот в свежих плодах присутствует в связанном виде (эфирные по карбоксильным и гидроксильным группам). В результате гидролитических процессов (ферментативный и неферментативный гидролиз), протекающих в ЛРС при хранении, происходит

рост содержания данных БАВ. Для более наглядного представления информации, приведенной в Таблице 1, построена также диаграмма (на примере сырья, заготовленного на территории Воронежской области), отражающая влияние заморозки на содержание БАВ в плодах облепихи (Рисунок 1).

Динамика состава комплекса БАВ в высушенных плодах облепихи крушиновидной

Для фармации, кроме обсужденных выше БАВ, важна оценка и других групп веществ, обеспечивающих в комплексе фармакологический эффект экстрактов из плодов. В работах приведены многочисленные данные по определению влияния заморозки и тепловой сушки на стабильность в плодах оксикоричных кислот, дубильных веществ, антоциановых соединений, присутствующих в плодах в восстановленной форме –лейкоантоцианов и свободных аминокислот. Результаты приведены на Рисунках 1 и 2.

Для более наглядного представления информации, приведенной в Таблице 2, построена также диаграмма (на примере плодов облепихи, заготовленных на территории Воронежской области), отражающая влияние тепловой сушки на содержание БАВ в плодах облепихи (Рисунок 2).

Таблица 2

Данные о составе комплекса БАВ в высушенных плодах облепихи крушиновидной с применением различных технологий сушки

Способ сушки	Содержание БАВ в высушенных плодах				Ссылка
	Сумма органических кислот, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Сумма каротиноидов, мг%	Сумма флавоноидов, мг%	
Кемеровская обл.					
Вакуумная (40°C, 6-7 кПа, 8,5 часов	4,49	79,08	35,29	3012,0	Короткий, 2009; Короткий, 2008; Короткий и др., 2015; Короткая и др., 2005; Короткая & Короткий, 2006
Московская обл. (среднее по 10 сортам)					
Тепловая (60°C до остаточной влажности)	11,0	35,0	85,0	500,0	Рудая, 2021
Воронежская обл. (дикорастущие растения)					
	6,23	22,0	58,0	550,0	Тринеева и др., 2016; Тринеева и др., 2017
Бурятия (Селенгинский район)					
СВЧ-сушка (обезвоженные плоды)	-	96,70	18,61	-	Котова и др., 2006а; Котова и др., 2006б; Котова, 2007; Котова и др., 2007а; Котова и др., 2007б; Котова и др., 2008; Котова, 2012; Хараев и др., 2006; Хараев и др., 2007
ИК-сушка	-	42,25	15,65	-	

При этом в процессе тепловой сушки содержание органических кислот уменьшается в среднем на 50% (Рисунок 2). Экспериментальные данные различных авторов согласуются также с выводами автора (Сергунова, 2015) о наличии связи между стабильностью органических кислот при различных способах консервации плодов и их морфологическим строением. Тепловая сушка приводит также к окислению витамина С и флавоноидов практически на 60% от исходного значения. Следует отметить достаточную стабильность фенолкарбоновых кислот в процессе теплового консервирования. Вакуумная сушка

лучше сохраняет миконутриенты в конечном продукте, а именно витамины С и группы Р. СВЧ и ИК-сушки более щадящее оказывают воздействие на аскорбиновую кислоту по сравнению с тепловой. Данные Таблицы 2, обобщающие результаты определения различных групп БАВ позволяют рекомендовать высушенные цельные и измельченные плоды к промышленному выпуску в качестве поливитаминного средства для получения отваров в домашних условиях.

Аминокислоты, в т.ч. и незаменимые, при различных способах консервации имеет тенденцию к

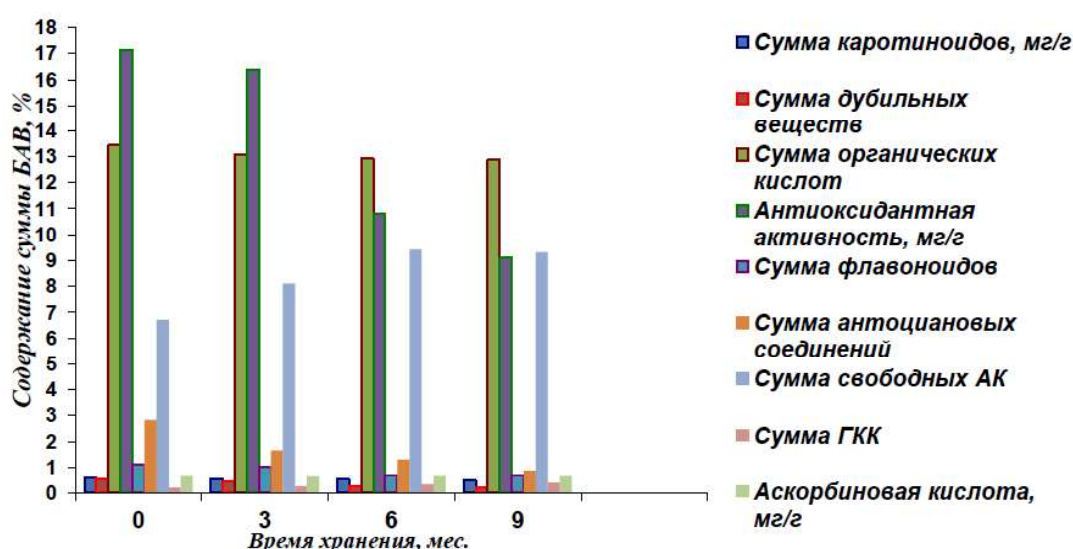


Рисунок 1. Влияние заморозки на содержание БАВ в плодах облепихи (на примере сырья, заготовленного на территории Воронежской области), по данным литературных источников, Таблица 1

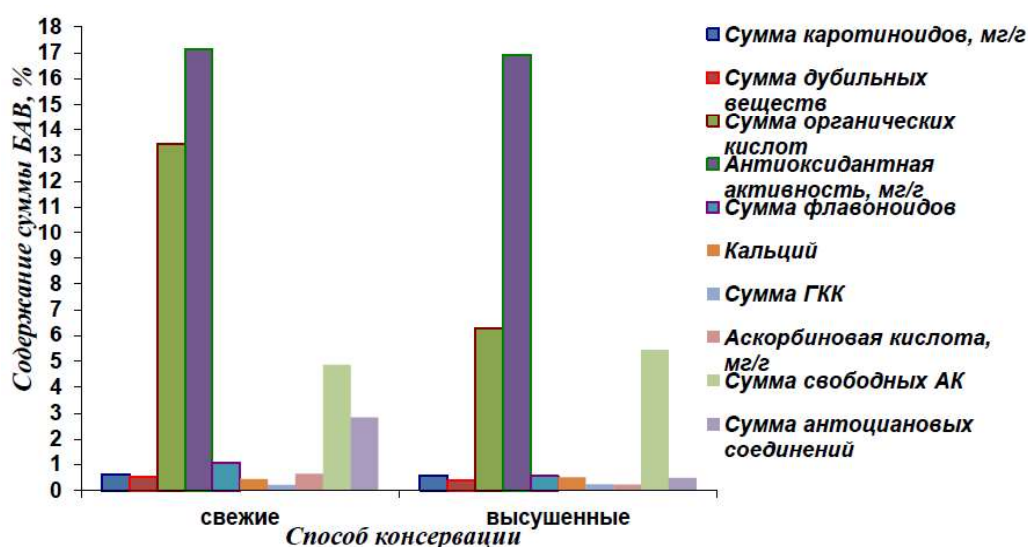


Рисунок 2. Влияние тепловой сушки на содержание БАВ (на примере плодов облепихи, заготовленных на территории Воронежской области), по данным литературных источников, Таблица 2

возрастанию содержания. В свежих плодах АК присутствуют в свободном и в связанном виде – белки. В клеточном соке плодов, богатом кислотами, протекают процессы кислотного гидролиза. Тепловая сушка и хранение в замороженном виде сопровождается ростом количества АК в сырье (Таблица 1 и Рисунок 2). Полученные данные коррелируют с ре-

зультатами ТСХ-анализа (Таблица 3), которые демонстрируют, что высушенные плоды имеют более разнообразный качественный состав свободных АК.

Большая часть работ, опубликованных по данной тематике, посвящена сырью облепихи, используемому для создания различных продуктов пищевого

Таблица 3

Условия ТСХ-анализа при исследовании состава БАВ плодов облепихи крушиновидной различных способов консервации (Тринеева и др., 2012; Тринеева и др., 2016; Тринеева, 2017)

Способ консервации плодов			Условия ТСХ-анализа		
Свежие	Заморозка -18°C (9 мес.)	Тепловая сушка	Окраска зон	Элюент	Проявление зон
Органические кислоты					
Щавелевая, винная, яблочная, аскорбиновая кислота		Щавелевая, винная, лимонная, яблочная, аскорбиновая кислота	На синем фоне - желтые зоны	Этилацетат – вода - кислота муравьиная – кислота уксусная (100:25:11:11)	Раствор бромкрезолового зеленого (0,2% в спирте)
Флавоноиды					
Рутин, гиперозид, кверцетин			Характерное свечение в УФ-свете	Этилацетат – вода – кислота ледяная уксусная (7,5:1,5:1,5)	Просмотр в УФ-свете после обработки раствором NaOH (5 % в спирте)
Аминокислоты					
Пролин, глицин, глутаминовая кислота, лейцин*		Аргинин, пролин, глицин, глутаминовая кислота, лейцин*, фенилаланин*	От желто-оранжевых до розовых и малиновых зон на белом фоне	н-бутанол – вода – кислота уксусная ледяная (4:1:1)	Раствор нингидрина (1,0% в спирте)
Дубильные вещества					
Галловая кислота			Серо-синие пятна на белом фоне	Фронтальное элюирование: фронт 1 этилацетат – диэтиловый эфир – гексан – уксусная кислота (40:20:20:20) высотой пробега - 9 см; фронт 2 этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (67:7,5:7,5:18) высотой пробега - 7 см	Раствор железосамонийных квасцов (1% в спирте)
Простые сахара					
Глюкоза, ксилоза, рамноза			Желто-коричневые зоны; розово-фиолетовые зоны, вишнево-коричневые зоны на белом фоне	н-бутанол-уксусная кислота-вода (4:1:2)	Раствор сульфаниламида и о-фталевой кислоты (0,86:0,83 г) в 50 мл 95% этанола
Каротиноиды					
β-каротин			Желто-оранжевые зоны на белом фоне	Гексан-н-пропанол-вода (10:1:0,2)	Видимый свет

назначения (соки, майонезы, пасты, мука, кондитерские изделия и др.). Целевыми БАВ в данной отрасли, определяющими питательную и витаминную ценность плодов, являются органические кислоты, в т.ч. аскорбиновая, Р-активные соединения и каротиноиды. В точки зрения фармации, определяющими фармакологическую активность данного ЛРС и ЛРП на его основе, выступают не только указанные БАВ, но и другие (аминокислоты, микроэлементы, оксикоричные кислоты, дубильные и экстрактивные вещества, жирное масло и антоциановые соединения), оказывающие синергитическое воздействие на организм человека. Поэтому часть данных по стабильности указанных БАВ в плодах при различных способах консервации представлена в виде диаграмм (Рисунки 1-3), а не в Таблицах 1-2.

Для более наглядного представления информации по стабильности групп БАВ, не приведенных в Таблице 2, построена также диаграмма (на примере плодов облепихи различных сортов, заготовленных в Московской области по данным литературных источников), отражающая результаты содержания БАВ при тепловой сушке плодов облепихи (Рисунок 3).

Анализ литературы показал, что абсолютное большинство различных БАВ плодов данного растения липофильной и гидрофильной природы в сырье теряется даже при применении высокотехнологичных подходов к консервации. Однако, в большинстве работ оценено лишь суммарное количественное содержание определяемых фармакологические свойства сырья веществ. Тем не менее, встречаются отдельные работы, посвященные изучению качественного состава БАВ в плодах методом ТСХ, различно хранящихся, и показывающих за счет каких именно отдельных представителей происходят потери в общих сум-

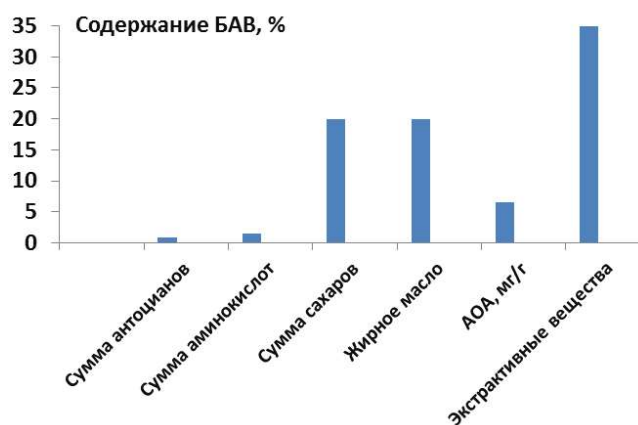


Рисунок 3. Содержание некоторых БАВ в плодах облепихи крушиновидной (район заготовки Московской обл.), высушенных тепловым способом (средние значения по 10 сортам, по данным литературных источников)

мах БАВ определенных групп. Результаты обобщены и представлены в Таблице 3.

Облепиха также широко культивируется в странах Северной Америки. Группа ученых из Канады исследовали также влияние различных способов сушки (тепловой и сублимационной с предварительным замораживанием) на стабильность БАВ в плодах (Таблица 4). Скорость сублимационной сушки облепихи намного выше, чем тепловой. Биоактивные соединения в лиофилизированных образцах сохраняются значительно лучше, чем в высушенных горячим воздухом, вероятно, из-за меньшего воздействия кислорода в процессе (Korotkiya et al., 2016; Araya-Farias et al., 2011).

Таблица 4

Стабильность БАВ плодов облепихи через 15 часов при различных температурных режимах тепловой и сублимационной сушки (Korotkiya et al., 2016; Araya-Farias et al., 2011)

БАВ	Содержание БАВ								
	свежие	Тепловая сушка				Сублимационная сушка			
		50°C	% снижения	60°C	% снижения	20°C	% снижения	50°C	% снижения
Токоферолы, мг/кг	108,5	75,95	30	70,53	35	71,61	34	64,02	41
Витамин С, мг%	184,63	123,70	33	112,62	39	149,55	19	166,17	10
Фенольные соединения, мг%	175,25	155,97	11	150,72	14	168,24	4	173,50	1
Каротиноиды, мг%	3,99	1,44	64	1,80	55	3,11	22	3,15	21

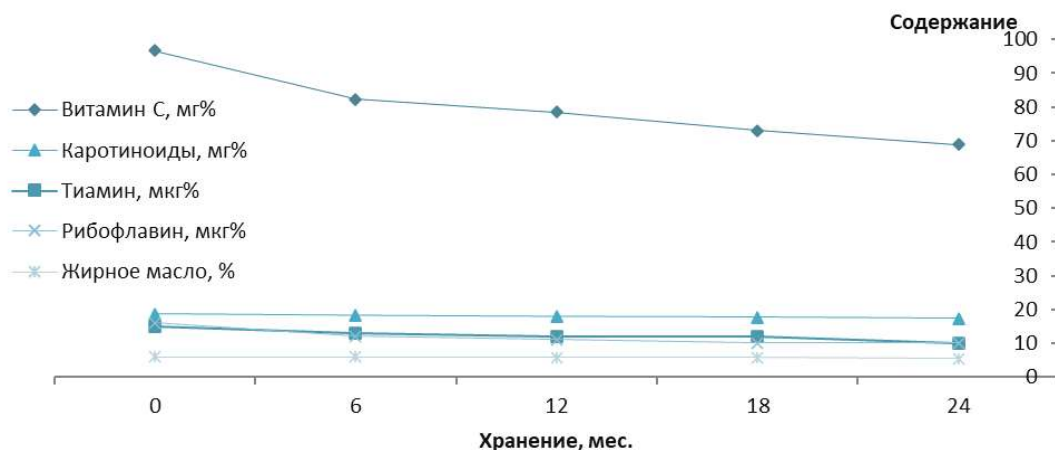


Рисунок 4. Влияние микроволновой вакуумной сушки на сохранность комплекса БАВ обезвоженных плодов, по данным литературных источников, Таблица 4

Динамика состава минерального комплекса плодов облепихи крушиновидной при различных способах консервации

Группа ученых (Котова и др.) исследовали влияние микроволновой вакуумной сушки на сохранность БАВ и минерального комплекса плодов (Котова и др., 2007). Обобщенные данные представлены в Таблице 5. Меньшие потери макро- и микронутриентов в сырье связаны с более низкой

температурой процесса, применением вакуума, равномерным СВЧ-прогревом, а также снижением длительности сушки. Полученные таким способом консервации плоды показывают достаточно высокие показатели сохранности ценных БАВ облепихи (Рисунок 4). На основе анализа литературы по влиянию микроволновой вакуумной сушки на сохранность комплекса БАВ (витамина С, каротиноидов, витаминов группы В₁ и В₂, жирного масла) обезвоженных плодов построена диаграмма (Рисунок 4).

Таблица 5

Данные о влиянии различных способов высушивания плодов облепихи на минеральный состав (Котова и др., 2007)

№ п/п	Элемент	Содержание, мг%		
		Обезвоженные плоды (СВЧ-сушка)	Сухие плоды (ИК-сушка)	% снижения по сравнению с СВЧ-сушкой
Макроэлементы плодов				
1	K	32575,0	28325,0	13,05
2	Na	256,3	218,38	14,80
3	P	12208,0	11 008,0	9,83
4	Ca	1679,5	1459,5	13,10
5	Mg	2228,0	2012,3	9,68
Микроэлементы плодов				
1	Fe	92,6	90,2	2,59
2	Co	0,038	0,025	34,21
3	Ni	1,21	0,85	29,75
4	Mn	15,2	13,6	10,53
5	Cr	0,32	0,28	12,5
6	Cu	4,4	4,0	9,09
7	Zn	29,6	25,4	14,19
8	Al	160	140,3	12,31
9	Si	61,1	59,2	3,11

Таблица 6

Данные о влиянии замораживания плодов облепихи на минеральный состав (Belinska et al., 2020)

№ п/п	Элемент	Содержание, мг%	
		свежие	замороженные
1	Кальций	15	15
2	Калий	18,7	18,7
3	Железо	0,53	0,53
4	Магний	7,6	7,4
5	Медь	0,05	0,05

Таким образом, по данным Таблицы 5, меньшие потери микроэлементов при ИК-сушке плодов, по сравнению с их обезвоживанием методом СВЧ-сушки, приходится на железо и кремний. Максимальное снижение содержания характерно для кобальта и никеля. Однако, минеральный комплекс плодов облепихи, как видно из данных Таблицы 6, не подвергается изменениям при хранении в условиях замораживания (Belinska et al., 2020).

Микробиологическая стабильность плодов при хранении

При хранении ЛРС, важное значение, особенно сладких сочных плодов, приобретает вопрос микробиологической стабильности во всесторонней оценке качества ЛРС и ЛРП на его основе. Микроорганизмы – причина появления негативных побочных явлений при применении загрязненного сырья, а также служат причиной снижения содержания БАВ в процессе хранения. Результаты исследования обсемененности плодов микроорганизмами (МО) разных авторов приведены в Таблице 7. Нормы микробиологической чистоты ЛРС и ЛРП определены в Государственной фармакопее РФ (ОФС.1.2.4.0002.18 «Микробиологическая чистота» ГФ XIV изд.). Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАиФАМ) может достигать в свежих плодах и плодах, замороженных или обезвоженных СВЧ-воздействием, порядка 10^5 КОЕ/г. Только тепловая сушка значительно снижает данный показатель. Свежие плоды – питательная среда для развития микроорганизмов, поэтому они

Таблица 7

Результаты оценки микрофлоры на плодах при различных способах хранения

Исследуемый объект	Результаты анализа						Ссылка
	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (коли-формы) в 0,01 г	S. aureus в 0,1 г	Патогенные МО (в т.ч. сальмонеллы) в 25 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	
	ГОСТ 10444.15-94 ¹	ГОСТ Р 52816-2007 ²	ГОСТ Р 52815-2007 ³	ГОСТ Р 52814-2007 ⁴	ГОСТ 10444.12-88 ⁵		
Плоды свежие	$1,1 \cdot 10^2$	-	-	-	$8,2 \cdot 10^4$	10	(Тринеева и др., 2017)
	$1,7 \cdot 10^5$	-	-	-	Нет данных	30	(Чепелева & Гуленкова, 2012)
Плоды высушенные (тепловая сушка)	Менее 10	-	-	-	Менее 10	Менее 10	(Тринеева и др., 2017)
Замороженные плоды	$1,5 \cdot 10^5$	-	-	-	<1,0		(Котова, 2007)
	-	-	-	-	1-10	Нет данных	(Гусейнова & Даудова, 2012)
Плоды обезвоженные (СВЧ-сушка)	$1,7 \cdot 10^5$	-	-	-	<1,0		(Котова, 2021)

БГКП – бактерии группы кишечной палочки; S. aureus – золотистый стафилококк.

¹ ГОСТ 10444.15-94. (2010). *Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*. М. Стандартинформ.

² ГОСТ Р 52816-2007. (2010). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)*. М. Стандартинформ.

³ ГОСТ Р 52815-2007. (2010). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и Staphylococcus aureus*. М. Стандартинформ.

⁴ ГОСТ Р 52814-2007. (2010). *Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella*. М. Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 10444.12-88. (2010). *Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов*. М. Стандартинформ.

Таблица 8

Данные по загрязнению плодов микотоксинами при различных способах консервации

Микотоксин, мг/кг	Ссылка	Плоды			
		высушенные	замороженные	свежие	Требования по НД
Афлатоксин В ₁	(Тринеева и др., 2016)	Менее 0,005	–	Менее 0,005	Не более 0,005
Охратоксин А					Не нормируется
Патулин	(Губина и др., 2010)	–	не обнаружен	–	

подвержены значительному обсеменению спорами грибов и дрожжей. При исследовании состава микрофлоры плодов авторы обнаруживали присутствие до 10^4 КОЕ/г дрожжей (не соответствуют требованиям НД) и 10–30 плесеней КОЕ/г.

Данные литературы (Золотарева и др., 1994; Золотарева и др., 2005; Золотарева, 2006) демонстрируют, что количество дрожжей на плодах, в течение 1 сут хранившихся при комнатной температуре, возрастает на порядок. При замораживании плодов до -6°C и ниже, через 5 сут количество дрожжей снижается в 10 раз. В небольшом количестве (менее 20 КОЕ/г) замороженные плоды могут иметь плесень, что не представляет опасности. Норма для данного показателя не более $2 \cdot 10^2$ КОЕ/г. Предполагаемый род дрожжей – обитателей плодов облепихи – *Saccharomyces*, а также *Hansenula* или *Pichia* (Лазарева Д.А. и др.).

Хранение в условиях заморозки, как правило, снижает общую микробную обсемененность, не уничтожая микрофлору полностью. В литературе имеются данные о сохранении жизнеспособности микроорганизмами через 3 года хранения плодов замороженными (Лазарева Д.А. и др.). То есть, замораживание плодов позволяет стабилизировать содержание дрожжей на уровне не выше $1 \cdot 10^2$ – $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г.

В литературе имеются отдельные сведения о результатах оценки плодов на предмет контаминации микотоксинами – вторичными продуктами жизнедеятельности плесневых грибов (Таблица 8). Нормативы их содержания приведены в СанПин 2.3.2.1078-01 для БАД на растительной основе. Данные показывают, что плоды не подвержены загрязнению этими токсичными веществами.

Выводы

В настоящее время сублимационная (молекулярная) сушка, по мнению специалистов в области

пищевых производств, является наиболее предпочтительным способом консервации плодов облепихи в виду возможности сохранения нативного комплекса БАВ. Кроме того, применяют предварительное замораживание в скороморозильных камерах до -40°C или до -80°C в жидком азоте. При этом показано, что первый способ более целесообразен для плодов данного растения. Вакуумная сушка, в т.ч. ИК-лучами, также используется для консервации плодового сырья и позволяет сохранить по разным данным от 80 до 90% исходного комплекса БАВ.

В работах Короткого И.А. и др. установлены оптимальные режимы такого способа сушки для стабилизации БАВ плодов облепихи (Короткий и др., 2015). Способы консервации плодов облепихи жидкой углекислотой или азотом, позволяющие охладить сырье за несколько минут до -80°C (Щеголев и др., 2021), пока не нашли широкого применения в промышленных масштабах, однако, обсуждаются в научной литературе (Короткий & Короткая, 2008; Короткий, 2009; Короткий и др., 2015). Тепловой способ консервации плодов также применяется и позволяет использовать сырье в течение 2 лет в производстве ЛРП (масляный экстракт и препараты на его основе). Однако, эффективность сохранения фитохимического состава плодов при этом значительно ниже по сравнению с другими способами.

Анализ результатов по оценке влияния хранения в условиях заморозки на сохранность комплекса БАВ плодов показал, что к 9 месяцу наблюдений в наибольшей степени окислению подвергаются такие группы БАВ полифенольной природы, как антоцианы, дубильные вещества и флавоноиды, что согласуется с данными определения АОА. Снижаются при хранении менее интенсивно каротиноиды, сахара и витамин С. Замораживание практически не оказывает влияния на долю органических кислот в плодах или приводит к незначительному росту вследствие повреждения кристаллами льда клеточных стенок и выхода

сока. Большинство исследователей отмечают увеличение количества титруемых органических кислот в процессе хранения замороженных плодов. Содержание витамин-Р-активных веществ уменьшается в первые 3 месяца наблюдений в среднем на 10%, достигая 40% к 9 месяцу хранения. Отмечено увеличение содержания ГKK при хранения плодов в морозильной камере до 9 месяцев. На основании обобщения результатов изучения авторами динамики содержания БАВ в процессе хранения в замороженном состоянии, рекомендованы сроки хранения – до 9 месяцев при температуре не выше -18 °C.

При тепловой сушки содержание органических кислот уменьшается в среднем на 50%. Такой режим сушки приводит также к окислению витамина С и флавоноидов практически на 60% от исходного значения. Следует отметить достаточную стабильность фенолкарбоновых кислот в процессе теплового консервирования. Аминокислоты, в т.ч. и незаменимые, при различных способах консервации имеет тенденцию к возрастанию содержания. Высушенные плоды облепихи, согласно литературным данным, при хранении не подвергаются обсеменению микроорганизмами. Несмотря на потери БАВ, высушенные цельные плоды содержат еще достаточное количество микронутриентов и могут быть рекомендованы к промышленному выпуску в виде сырья ангро и/или в одноразовых дозированных фильтр-пакетах в измельченном виде для получения поливитаминных отваров населением.

В масштабах фармацевтических производств свежие плоды должны быть немедленно переработаны в жирное масло, а также готовые ЛРП. Для увеличения возможных сроков хранения свежих плодов облепихи могут быть применены способы быстрой заморозки или заморозки в условиях вакуума или в атмосфере инертного газа (азота) и низкотемпературного хранения, что позволит сохранить БАВ, однако, приведет к увеличению стоимости готовой продукции. Также прогрессивными способами высушивания плодов для фармацевтических производств является низкотемпературная ИК- или СВЧ-сушки.

Установлены различия в количестве потерь БАВ при хранении в одинаковых условиях, что можно объяснить видовыми и сортовыми особенностями, показателями влажности, толщиной и прочностью кожицы плодов, массовой долей мякоти и жирного масла, а также некоторыми другими характеристиками.

Литература

- Асабутаев, И. Х., Ашурбеков, И. М., & Гусейнова, Б. М. (2020). Сохранность биохимического комплекса плодово-ягодного сырья при холодном хранении. В *Современные проблемы и перспективы развития АПК Республики Дагестан: Материалы республиканской научно-практической конференции* (с. 84-91). Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова. <https://doi.org/10.52671/9785604677452>
- Губина, М. Д., & Лучина, Н. А. (2010). Замороженные ягоды как стратегический запас для переработки в межсезонный период. *Пищевая промышленность*, 8, 46-47.
- Гусейнова, Б. М., & Даудова, Т. И. (2012). Микробиологическая чистота плодов в процессе замораживания и холодового хранения. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 4, 36-39.
- Гусейнова, Б. М. (2016). Пищевая ценность дикорастущих плодов из горного Дагестана и ее сохранность после быстрого замораживания и холодового хранения. *Вопросы питания*, 85(4), 76-81.
- Гусейнова, Б. М. (2016). Стабильность биохимического комплекса плодов дикоросов при длительном низкотемпературном хранении. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 2-3, 14-17.
- Гусейнова, Б. М. (2017). Влияние быстрого замораживания и последующего холодового хранения на пищевую ценность плодов дикоросов. *Известия ТСХА*, 3, 127-137.
- Гусейнова, Б. М., Асабутаев, И. Х., & Ашурбеков, И. М. (2020). Плоды садовых культур и дикоросов – ценное сырье для производства продуктов питания функциональной направленности. В *Наука и образование в инновационном развитии АПК: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне* (с. 8-13). Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова.
- Земцова, А. Я., Зубарев, Ю. А., Гунин, А. В., & Морсель, Д. Т. (2016). Влияние замораживания на содержание суммы каротиноидов в сортах образцах плодов облепихи различного эколого-географического происхождения. В *Пища. Экология. Качество: Труды XIII Международной научно-практической конференции* (с. 429-433). Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет.
- Золотарева, А. М., Чиркина, Т. Ф., Гончикова, С. Д., & Карпенко, Л. Д. (1994). Химический состав облепихового шрота. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1-2, 24-26.

- Золотарева, А. М., Бороноева, Г. С., Чиркина, Т. М., & Павлова, А. Б. (2003). Исследование древесной зелени облепихи при производстве хлебобулочных изделий. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1, 80-81.
- Золотарева, А. М., Чиркина, Т. Ф., & Мешкова, Е. А. (2004). Использование биотехнологических приемов при производстве облепиховой пасты. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 4, 43-45.
- Золотарева, А. М. (2004). *Основы ресурсосберегающей технологии переработки биомассы Hipporphae rhamnoides L.* [Докторская диссертация, Сибирский государственный технологический университет]. Красноярск, Россия.
- Золотарева, А. М., Габанова, Г. В., & Чиркина, Т. Ф. (2005). Семена облепихи как пищевой источник биологически активных веществ. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1, 30-31.
- Золотарева, А. М. (2006). Биотехнологические аспекты переработки облепихового сока. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1, 68-71.
- Карпова, Е. А. (1999). *Изменчивость биохимического состава плодов облепихи крушиновидной при интродукции в лесостепь Западной Сибири* [Кандидатская диссертация, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН]. Новосибирск, Россия.
- Кислухина, О. В., Румянцев, В. Ю., Малахов, А. Е., & Соболева, К. Е. (2003). Витаминизированные масла из плодов кустарниковых пород. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 60-62.
- Кислухина, О. В. (2004). *Витаминные комплексы из растительного сырья*. М.: ДеЛиПринт.
- Короткая, Е. В., Короткий, И. А., Задвинская, О. С., & Кареева, Е. А. (2005). Влияние замораживания на физико-химические показатели ягод облепихи. *Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов*, 10, 65-66.
- Короткая, Е. В., & Короткий, И. А. (2006). Изменение физико-химических показателей плодов облепихи при замораживании. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 35-36.
- Короткий, И. А., & Короткая, Е. В. (2008). Определение температуры замерзания плодов облепихи. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 30.
- Короткий, И. А. (2009). *Исследование и разработка технологии замораживания и низкотемпературного хранения плодово-ягодного сырья Сибирского региона* [Докторская диссертация, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности]. Кемерово, Россия.
- Короткий, И. А., Расщепкин, А. Н., & Федоров, Д. Е. (2015). Исследование процессов вакуумной сушки ягод облепихи. *Национальная ассоциация ученых*, 8, 108-110.
- Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., & Хараев, Г. И. (2006). Сушка плодов облепихи в микроволновой вакуумной установке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 25-26.
- Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., Хараев, Г. И., & Полякова, Л. Е. (2006). Обоснование метода сушки плодов облепихи в микроволновой вакуумной установке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 27-28.
- Котова, Т. И. (2007). *Разработка процесса обезвоживания облепихи замороженной микроволновым вакуумным методом*. [Кандидатская диссертация, Восточно-Сибирский государственный технологический университет]. Улан-Удэ, Россия.
- Котова, Т. И., Комиссаров, Ю. А., & Хантургаева, Г. И. (2007а). Оптимальный режим сушки на основе математического моделирования процесса. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 28-30.
- Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., & Ширеторова, В. Г. (2007б). Исследование теплофизических характеристик замороженных плодов облепихи. *Вестник Бурятского гос. университета. Физика и техника*, 6, 95-96.
- Котова, Т. И., Хараев, Г. И., Хантургаева, Г. И., & Ширеторова, В. Г. (2008). Оптимальные способы сушки облепихи обезвоженной. *Пищевая промышленность*, 1, 41.
- Котова, Т. И., Хантургаев, А. Г., Ширеторова, В. Г., & Хантургаева, Г. И. (2012). Разработка микроволнового вакуумного способа получения порошка из замороженного плодово-ягодного сырья. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 21-23.
- Котова, Т. И., Хантургаев, А. Г., Котов, А. И., & Ягелло, Э. В. (2021). Исследование процесса получения облепихового сока из замороженного сырья в электромагнитном поле сверхвысоких частот. *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*, 2, 25-32.
- Мустафаева, К. К. (2013). *Совершенствование технологии переработки плодов облепихи, произрастающей в республике Дагестан, с использованием инновационных технологических приемов* [Кандидатская диссертация, Кубанский государственный технологический университет]. Краснодар, Россия.
- Нилова, Л. П., & Малютенкова, С. М. (2021). Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (*Hipporphae rhamnoides L.*) северо-запада России. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 83(1), 108-114. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114>
- Павлова, А. Б., Чиркина, Т. Ф., & Золотарева, А. М. (2001). Биологически активная пищевая до-

- бавка на основе древесной зелени облепихи. *Химия растительного сырья*, 4, 73-76.
- Половникова, И. В. (2016). Технологические процессы хранения плодов и овощей для производства консервированной продукции. *Экономическая среда*, 4, 55-59.
- Рожнов, Е. Д. (2021). Антиоксидантный потенциал плодов облепихи крушиновидной и продуктов ее переработки. *Индустрия питания*, 6(1), 23-30. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-1-3>
- Рудая, М. А. (2021). *Сравнительное фармакогностическое изучение плодов облепихи крушиновидной различных сортов*. [Кандидатская диссертация, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова]. М., Россия.
- Сергунова, Е. В. (2015). *Изучение состава биологически активных веществ лекарственного растительного сырья различных способов консервации и лекарственных препаратов на его основе*. [Докторская диссертация, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова]. М., Россия.
- Солоненко, Л. П., Лоскутова, Г. А., Дружкова, Т. А., & Шёрсткин, А. Ф. (1991). Свободные аминокислоты сока и семян облепихи. *Новое в биологии, химии и фармакологии облепихи*, 6, 79-85.
- Терещук, Л. В., & Павлова, С. С. (2000). Получение биологически ценных продуктов из плодов облепихи. *Известия вузов. Пищевая технология*, 1, 46-48.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2012а). Определение флавоноидов и исследование влияния условий хранения на их содержание в плодах облепихи методом ТСХ. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 12(5), 806-813.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2012б). Определение антиоксидантной активности извлечений из плодов облепихи крушиновидной. *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 2, 266-268.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2012в). Определение флавоноидов в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 7, 18-21.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2013а). Определение биологически активных веществ в плодах облепихи крушиновидной (*Hipporhaes rhamnoides L.*). *Химия растительного сырья*, 3, 181-186.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2013б). Органические кислоты в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 7, 7-10.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Карлов, П. М. (2013в). Определение экстрактивных веществ в некоторых видах лекарственного растительного сырья. *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 2, 220-224.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Казьмина, М. А. (2014а). Исследование спектральных характеристик антоциановых соединений плодов облепихи крушиновидной. *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 3, 118-122.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Дмитриева, А. В. (2014б). Определение аминокислот в плодах облепихи крушиновидной различными способами консервации. *Разработка и регистрация лекарственных средств*, 4, 136-142.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2014в). Исследования по выбору оптимальных условий хранения плодов облепихи крушиновидной. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*, 2, 47-52.
- Тринеева, О. В., & Сливкин, А. И. (2015а). Исследование влияния условий хранения плодов облепихи крушиновидной на содержание суммы свободных аминокислот. В *Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах: Материалы VII Всероссийской конференции* (с. 564-565). Воронеж: Научная книга.
- Тринеева, О. В., Казьмина, М. А., & Сливкин, А. И. (2015а). Исследование стабильности антоциановых соединений в плодах облепихи крушиновидной. В *Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах: Материалы VII Всероссийской конференции* (с. 565-566). Воронеж: Научная книга.
- Тринеева, О. В., & Сливкин, А. И. (2015б). Определение кальция в плодах облепихи крушиновидной (*Hipporhaes rhamnoides L.*). *Химия растительного сырья*, 1, 101-106.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., Самылина, И. А., & Казьмина, М. А. (2015б). Разработка методики количественного определения антоцианов в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 7, 9-13.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Дортгулыев, Б. (2015в). Определение микробиологической чистоты и микотоксинов в лекарственном растительном сырье и масляных препаратах на его основе (на примере плодов облепихи крушиновидной и листьев крапивы двудомной). *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 3, 124-128.
- Тринеева, О. В., & Сливкин, А. И. (2016). Валидация методики определения каротиноидов в пло-

- дах облепихи различных способов консервации *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 2, 145-151.
- Тринеева, О. В., Шикунова, Н. С., & Сливкин, А. И. (2016). Исследования по определению дубильных веществ в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 65(3), 16-21.
- Тринеева, О. В. (2016). *Комплексное исследование содержания и специфического профиля БАВ плодов облепихи крушиновидной*. Воронеж: Издательский дом ВГУ.
- Тринеева, О. В., Казьмина, М. А., & Сливкин, А. И. (2017). Разработка и валидация методики определения суммы свободных и связанных простых сахаров в плодах облепихи крушиновидной. *Разработка и регистрация лекарственных средств*, 1, 138-143.
- Тринеева, О. В. (2017). *Теоретические и методологические подходы к стандартизации и оценке качества лекарственного растительного сырья и масляных экстрактов на его основе*. [Докторская диссертация, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова]. М., Россия.
- Фарзалиев, Э. Б., Голубев, В. Н., & Цыганова, Т. Б. (2021). Исследование и идентификация пектиновых веществ дикорастущих плодов облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.). *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 115-125. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>
- Филимонова, Е. Ю. (2013). Применение общих принципов предохранения сырья от порчи при консервировании плодов облепихи. *Ползуновский вестник*, 4, 104-108.
- Хараев, Г. И., Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., & Ширеторова, В. Г. (2006). Исследование диэлектрических характеристик замороженных плодов облепихи. *Вестник Бурятского государственного университета. Физика и техника*, 3, 93-96.
- Хараев, Г. И., Комиссаров, Ю. А., Котова, Т. И., & Хантургаева, Г. И. (2007). Влияние нового способа сушки на содержание тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в облепихе обезвоженной. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 65-67.
- Чепелева, Г. Г., & Гуленкова, Г. С. (2012). Функциональные продукты на основе плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). *Вестник Красноярского государственного аграрного*, 9, 206-210.
- Чугунова, О. В., Заворохина, Н. В., & Вяткин, А. В. (2019). Исследование антиоксидантной активности и ее изменения при хранении плодово-ягодного сырья Свердловской области. *Аграрный вестник Урала*, 11, 59-65. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026
- Щеголев, А. А., Биктимирова, О. Е., Старцева, Л. Г., & Юрьев, Ю. Л. (2021). Криохимическая переработка плодов облепихи крушиновидной с получением функциональных продуктов питания. *Леса России и хозяйство в них*, 1, 53-57. <https://doi.org/10.51318/FRET.2021.39.73.007>
- Araya-Farias, M., Makhoul, J., & Ratti, C. (2011). Drying of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry: Impact of dehydration methods on kinetics and quality. *Drying Technology*, 29, 351-359. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.497590>
- Arimboor, R., & Arumugham, C. (2012). HPLC-DAD-MS/MS profiling of antioxidant glycosides in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(6), 730-738. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.652075>
- Bayraktar, V. (2013). Organic acids concentration in wine stocks after *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *Biotechnologia Acta*, 6(3), 97-106.
- Belinska, S., Moroz, O., & Safiullina, L. (2020). Consumer properties of fresh and frozen hippophae berries of the velikan variety. *Commodities and Markets*, 4, 113-120. <https://doi.org/10.31617/tr.knute>
- Christaki, E. (2012). *Hippophae Rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a Potential Source of Nutraceuticals. *Food and Public Health*, 2, 69-72. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20120203.02>
- Gutzeit, D., Wray, V., & Winterhalter, P. (2006). Preparative isolation and purification of flavonoids from sea buckthorn juice concentrate (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) by high-speed counter-current chromatography. *Chromatographia*, 65(12), 1-7. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0105-6>
- Heyen, S., Scholz-Böttcher, B. M., Rabus, R., & Wilkes, H. (2020). Method development and validation for the quantification of organic acids in microbial samples using anionic exchange solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412, 7491-7503. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02883-3>
- Kashyap, P., Deepshikha, C. S. R., & Jindal, N. (2020). Sea Buckthorn. *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits*, 2, 201-225. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_11
- Korotkiya, A., Korotkaya, E. V., & Kireev, V. V. (2016). Energy efficiency analysis of the sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruits quick freezing. *Foods and Raw Materials*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-110-120>
- Kumar, V., Sharma, A., Bhardwaj, R., & Thukral, A. T. (2017). Analysis of organic acids of tricarboxylic acid cycle in plants using GC-MS, and system modeling. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0129-6>

- Nour, V., Panaite, T. D., Corbu, A. R., Ropota, M., & Turcu, R. P. (2021). Nutritional and Bioactive Compounds in Dried Sea-Buckthorn Pomace. *Erwerbs-Obstbau*, 63, 91-98. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00539-1>
- Raffo, A., Paoletti, F., & Antonelli, M. (2004). Changes in sugar, organic acid, flavonol and carotenoid composition during ripening of berries of three seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars. *European Food Research and Technology*, 219, 360-368. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0984-4>
- Rösch, D., Krumbein, A., & Mügge, C. (2004). Structural investigations of flavonol glycosides from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MS(n). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13), 4039-4046. <https://doi.org/10.1021/jf0306791>
- Sabir, S. M., Maqsood, H., Hayat, I., Khan, M. Q., & Khaliq, A. (2005). Elemental and nutritional analysis of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berries of Pakistani origin. *Journal of Medicinal Food*, 8(4), 518-522. <https://doi.org/10.1089/jmf.2005.8.518>
- Yadav, A., Stobdan, T., Chauhan, O. P., Dwivedi, S. K., & Chaurasia, O. P. (2019). Sea Buckthorn: A Multipurpose Medicinal Plant from Upper Himalayas. *Medicinal Plants*, 1, 399-426. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>
- Wanchao, C., Pengjuan, C., Huaying, S., Weiqing, G., Chunwu, Y., Hao, J., Bin, F., & Decheng, S. (2009). Comparative effects of salt and alkali stresses on organic acid accumulation and ionic balance of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Industrial Crops and Products*, 30(3), 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.06.007>

Biologically Active Substances of Sea Buckthorn Fruits (*Hippophae Rhamnoides L.*) During Storage Using Various Methods of Conservation

Olga V. Trineeva

Voronezh State University

1, Universitetskaya sq., Voronezh, 1394006, Russian Federation

E-mail: trineevaov@mail.ru

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*), which grows wild and is widely cultivated in the territory of the Russian Federation, stands out with a consistently high yield of fruits and is important in the technology of food production, cosmetics, animal husbandry, as well as in the pharmaceutical industry. The complex of biologically active substances (BAS) of sea buckthorn fruits includes a large number of classes of various compounds. This article carried out a deep analysis of the literature data (scientific articles in domestic and foreign journals, abstracts of dissertations, regulatory documentation) for the period from 1991 to 2021 to assess the stability of BAS and substantiate the norms of quality indicators when creating a modern regulatory documentation for dried and frozen sea buckthorn fruits using various methods and temperature regimes for preserving fruits (drying and freezing). The work revealed the general patterns of the influence of the method of preserving sea buckthorn fruits on the content of a complex of substances of a polyphenolic nature, amino acids, vitamin C, carotenoids and organic acids in them. Based on the systematization of Russian and international studies on the dynamics of BAS content during the storage of frozen fruits, storage periods of 9 months in the freezer at a temperature not higher than -18°C are recommended. Thermal drying refers to a less energy-saving technology for preserving BAS in fruits. However, it can be applied taking into account a sufficient residual amount of BAS and the economic rationality of using this method in the conditions of annual multi-tonnage harvesting and processing of fruits. Progressive methods and techniques of drying and freezing should also be gradually introduced into the practice of pharmaceutical and food industries.

Keywords: sea buckthorn, biologically active substances, stability, preservation method, fruits

References

- Asabutaev, I. Kh., Ashurbekov, I. M., & Guseynova, B. M. (2020). Sokhrannost' biokhimicheskogo kompleksa plodovo-yagodnogo syr'ya pri kholodovom khranении. In *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya APK Respubliki Dagestan: Materialy respublikanskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Dagestan: Materials of the republican scientific-practical conference] (pp. 84-91). Makhachkala: Dagestanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. M. M. Dzhambulatova. <https://doi.org/10.52671/9785604677452>
- Chepeleva, G. G., & Gulenkova, G. S. (2012). Funktsional'nye produkty na osnove plodov oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides L.*) [Functional products based on the fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*)]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 9, 206-210.
- Chugunova, O. V., Zavorokhina, N. V., & Vyatkin, A. V. (2019). Issledovanie anti-oksidantnoi aktivnosti i ee izmeneniya pri khranении plodovo-yagodnogo syr'ya Sverdlovskoi oblasti [Study of anti-oxidant activity and its changes during storage of fruit and berry raw materials in the Sverdlovsk region]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 11, 59-65. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026
- Farzaliev, E. B., Golubev, V. N., & Tsyganova, T. B. (2021). Issledovanie i identifikatsiya pektinovykh veshchestv dikorastushchikh plodov oblepikhi (*Hippophae rhamnoides L.*) [Research and identification of pectin substances of wild fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*)]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 3, 115-125. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>
- Filimonova, E. Yu. (2013). Primenenie obshchikh printsipov predokhraneniya syr'ya ot porchi pri konservirovaniy plodov oblepikhi [Application of the general principles of protection of raw materials from spoilage in the preservation of sea buckthorn]

- fruits]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovskiy Bulletin], 4, 104-108.
- Gubina, M. D., & Luchina, N. A. (2010). Zamorozhennyye yagody kak strategicheskii zapas dlya pererabotki v mezhsezonnyi period [Frozen berries as a strategic stock for processing during the off-season]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 8, 46-47.
- Guseinova, B. M. (2016a). Pishchevaya tsennost' dikorastushchikh plodov iz gornogo Dagestana i ee sokhrannost' posle bystrogo zamorazhivaniya i kholodovogo khrane-niya [Nutritional value of wild fruits from the mountainous Dagestan and its preservation after rapid freezing and cold storage]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Matters], 85(4), 76-81.
- Guseinova, B. M. (2016b). Stabil'nost' biokhimicheskogo kompleksa plodov di-korosov pri dlitel'nom nizkotemperaturnom khraneni [Stability of the biochemical complex of fruits of wild plants during long-term low-temperature storage]. *Izvestiya VUZov. Pi-shchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 2-3, 14-17.
- Guseinova, B. M. (2017). Vliyanie bystrogo zamorazhivaniya i posleduyushchego kho-lodovogo khraneniya na pishchevuyu tsennost' plodov dikorosov [Influence of quick freezing and subsequent cold storage on the nutritional value of wild fruits]. *Izvestiya TSKhA* [Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy], 3, 127-137.
- Guseinova, B. M., & Daudova, T. I. (2012). Mikrobiologicheskaya chistota plodov v protsesse zamorazhivaniya i kholodovogo khraneniya [Microbiological purity of fruits during freezing and cold storage]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 4, 36-39.
- Guseinova, B. M., Asabutaev, I. Kh., & Ashurbekov, I. M. (2020). Plody sadovykh kul'tur i dikorosov – tsennoe syr'e dlya proizvodstva produktov pitaniya funktsional'noi napravlennosti [The fruits of horticultural crops and wild plants are a valuable raw material for the production of functional foodstuffs]. In *Nauka i obrazovanie v innovatsionnom raz-vitii APK: Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 75-letiyu Pobedy v Velikoi Otechestvennoi voine* [Science and education in the innovative development of the agro-industrial complex: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War] (pp. 8-13). Makhachkala: Dagestanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. M. M. Dzhambulatova.
- Karpova, E. A. (1999). *Izmenchivost' biokhimicheskogo sostava plodov oblepikhi krushinovidnoi pri introduktsii v lesostep' Zapadnoi Sibiri* [Variability of the biochemical composition of sea buckthorn fruits during introduction into the forest-steppe of Western Siberia]. [Candidate Dissertation, Tsentral'nyi sibirskii botanicheskii sad SO RAN]. Novosibirsk, Russia.
- Kharaev, G. I., Komissarov, Yu. A., Kotova, T. I., & Khanturgaeva, G. I. (2007). Vliyanie novogo sposoba sushki na sodержание tyazhelykh metall-ov, pestitsidov i radionuklidov v oblepikhe obezvozhennoi [Effect of a new drying method on the content of heavy metals, pesticides and radionuclides in dehydrated sea buckthorn]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 8, 65-67.
- Kharaev, G. I., Kotova, T. I., Xantupgaeva, G. I., & Shipetopova, V. G. (2006). Issledovanie dielektricheskikh kharakteristik zamorozhennykh plodov oblepikhi [Study of the dielectric characteristics of frozen sea buckthorn fruits]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika i tekhnika* [Bulletin of the Buryat State University. Physics and Technology], 3, 93-96.
- Kim, J.-S., Yu, C.-Y., & Kim, M.-J. (2010). Pharmacological effect and component of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of Plant Biotechnology*, 37(1), 47-56. <https://doi.org/10.5010/IPB.2010.37.1.047>
- Kislukhina, O. V. (2004). *Vitaminnye komplekсы iz rastitel'nogo syr'ya* [Vitamin complexes from vegetable raw materials]. Moscow: DeLiprint.
- Kislukhina, O. V., Rumyantsev, V. Yu., Malakhov, A. E., & Soboleva, K. E. (2003). Vitaminizirovannyye masla iz plodov kustarnikovykh porod [Vitaminized oils from shrub fruits]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 5, 60-62.
- Korotkaya, E. V., & Korotkii, I. A. (2006). Izmenenie fiziko-khimicheskikh poka-zatelei plodov oblepikhi pri zamorazhivanii [Changes in the physicochemical parameters of sea buckthorn fruits during freezing]. *Khranenie i pererabotka sel'khoz-syrya* [Storage and processing of Farm Products], 2, 35-36.
- Korotkaya, E. V., Korotkii, I. A., Zadvinskaya, O. S., & Kareeva, E. A. (2005). Vliyanie zamorazhivaniya na fiziko-khimicheskie pokazateli yagod oblepikhi [The effect of freezing on the physicochemical parameters of sea buckthorn berries]. *Produkty pitaniya i ratsional'noe ispol'zovanie syr'evykh resursov* [Food and rational use of raw materials], 10, 65-66.
- Korotkii, I. A. (2009). *Issledovanie i razrabotka tekhnologii i zamorazhiva-niya i nizkotemperaturnogo khraneniya plodovo-yagodnogo syr'ya Sibirskogo regiona* [Research and development of technologies for freezing and low-temperature storage of fruit and berry raw materials in the Siberian region] [Doctoral Dissertation, Kemerovskii tekhnologicheskii institut pishche-voi promyshlennosti]. Kemerovo, Russia.

- Korotkii, I. A., & Korotkaya, E. V. (2008). Opredelenie temperatury zamerza-niya plodov oblepikhi [Determination of the freezing point of sea buckthorn fruits]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 1, 30.
- Korotkii, I. A., Rasshchepkin, A. N., & Fedorov, D. E. (2015). Issledovanie pro-tsessov vakuumnoi sushki yagod oblepikhi [Study of the processes of vacuum drying of sea buckthorn berries]. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh* [National Association of Scientists], 8, 108-110.
- Kotova, T. I. (2007). *Razrabotka protsessa obezvozhivaniya oblepikhi zamoro-zhennoi mikrovolnovym vakuumnym metodom* [Development of the process of dehydration of sea buckthorn frozen by microwave vacuum method] [Candidate Dissertation, Vostochno-Sibirskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Ulan-Ude, Russia.
- Kotova, T. I., Khanturgaev, A. G., Shiretorova, V. G., & Khanturgaeva, G. I. (2012). Razrabotka mikrovolnovogo vakuumnogo sposoba polucheniya poroshka iz zamorozhennogo plodovo-yagodnogo syr'ya [Development of a microwave vacuum method for obtaining powder from frozen fruit and berry raw materials]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 6, 21-23.
- Kotova, T. I., Khanturgaeva, G. I., & Kharaev, G. I. (2006a). Sushka plodov oblepikhi v mikrovolnovoi vakuumnoi ustanovke [Drying sea buckthorn fruits in a microwave vacuum unit]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 9, 25-26.
- Kotova, T. I., Khanturgaeva, G. I., Kharaev, G. I., & Polyakova, L. E. (2006b). Obosnovanie metoda sushki plodov oblepikhi v mikrovolnovoi vakuumnoi usta-novke [Substantiation of the method of drying sea buckthorn fruits in a microwave vacuum unit]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 8, 27-28.
- Kotova, T. I., Komissarov, Yu. A., & Khanturgaeva, G. I. (2007). Optimal'nyi rezhim sushki na osnove matematicheskogo modelirovaniya protsessa [Optimal drying mode based on mathematical modeling of the process]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 9, 28-30.
- Kotova, T. I., Xantupgaev, A. G., Kotov, A. I., & Yagello, E. V. (2021). Issledovanie protsessa polucheniya oblepikhovogo soka iz zamorozhennogo syr'ya v elektromagnitnom pole cvepxvy-cokix chactot [Study of the process of obtaining sea buckthorn juice from frozen raw materials in an electromagnetic field of ultrahigh frequencies]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya* [Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management], 2, 25-32.
- Kotova, T. I., Xantupgaeva, G. I., & Shipetopova, V. G. (2007). Issledovanie teplofizicheskikh kharakteristik zamorozhennykh plodov oblepikhi [Study of the thermophysical characteristics of frozen sea buckthorn fruits]. *Vestnik Buryatskogo gos. universiteta. Fizika i tekhnika* [Bulletin of the Buryat State University. Physics and Technology], 6, 95-96.
- Kotova, T. N., Kharaev, G. I., Khanturgaeva, G. I., & Shiretorova, V. G. (2008). Optimal'nye sposoby sushki oblepikhi obezvozhennoi [Optimal ways of drying sea buckthorn dehydrated]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 1, 41.
- Mustafaeva, K. K. (2013). *Sovershenstvovanie tekhnologii pererabotki plodov oblepikhi, proizrastayushchei v respublike Dagestan, s ispol'zovaniem innovatsionnykh tekhnologicheskikh priemov* [Improving the processing technology of sea buckthorn fruits growing in the Republic of Dagestan, using innovative technological methods] [Candidate Dissertation, Kubanskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Krasnodar, Russia.
- Nilova, L. P., & Malyutenkova, S. M. (2021). Antioksidantnye komplekсы ob-lepikhi krushinovidnoi (*Hippophaë rhamnoides* L.) severo-zapada Rossii [Antioxidant complexes of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) of northwestern Russia]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 83(1), 108-114. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114>
- Pavlova, A. B., Chirkina, T. F., & Zolotareva, A. M. (2001). Biologicheski aktivnaya pishchevaya dobavka na osnove drevesnoi zeleni oblepikhi [Biologically active food supplement based on sea buckthorn wood greens]. *Khimiya rasti-tel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 4, 73-76.
- Polovnikova, I. V. (2016). Tekhnologicheskie protsessy khraneniya plodov i ovo-shchei dlya proizvodstva konservirovannoi produktsii [Technological processes of storage of fruits and vegetables for the production of canned products]. *Ekonomicheskaya sreda* [Economic Environment], 4, 55-59.
- Rozhnov, E. D. (2021). Antioksidantnyi potentsial plodov oblepikhi krushino-vidnoi i produktov ee pererabotki [Antioxidant potential of sea buckthorn fruits and products of its processing]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 6(1), 23-30. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-1-3>
- Rudaya, M. A. (2021). *Sravnitel'noe farmakognosticheskoe izuchenie plodov ob-lepikhi krushinovidnoi razlichnykh sortov* [Comparative pharmacognostic study of sea buckthorn fruits of various varieties] [Candidate Dissertation, Pervyi Moskovskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I. M. Sechenova]. Moscow, Russia.

- Sergunova, E. V. (2015). *Izuchenie sostava biologicheskii aktivnykh veshchestv le-karstvennogo rastitel'nogo syr'ya razlichnykh sposobov konservatsii i lekar-stvennykh preparatov na ego osnove* [The study of the composition of biologically active substances of medicinal plant raw materials of various methods of conservation and drugs based on it] [Doctoral Dissertation, Pervyi Moskovskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I. M. Sechenova]. Moscow, Russia.
- Shchegolev, A. A., Biktimirova, O. E., Startseva, L. G., & Yur'ev, Yu. L. (2021). Kriokhimicheskaya pererabotka plodov oblepikhi krushinovidnoi s polucheniem funktsional'nykh produktov pitaniya [Cryochemical processing of sea buckthorn fruits with the production of functional food products]. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh* [Forests of Russia and economy in them], 1, 53-57. <https://doi.org/10.51318/FRET.2021.39.73.007>
- Solonenko, L. P., Loskutova, G. A., Druzhkova, T. A., & Sherstkin, A. F. (1991). Svobodnye aminokisloty soka i semyan oblepikhi [Free amino acids from sea buckthorn juice and seeds]. *Novoe v biologii, khimii i farmakologii oblepikhi* [New in biology, chemistry and pharmacology of sea buckthorn], 6, 79-85.
- Tereshchuk, L. V., & Pavlova, S. S. (2000). Poluchenie biologicheskii tsennykh produktov iz plodov oblepikhi [Obtaining biologically valuable products from sea buckthorn fruits]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [University news. Food Technology], 1, 46-48.
- Trineeva, O. V. (2016). *Kompleksnoe issledovanie soderzhaniya i spetsificheskogo profilya BAV plodov oblepikhi krushinovidnoi* [A comprehensive study of the content and specific profile of biologically active substances in the fruits of sea buckthorn]. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU.
- Trineeva, O. V. (2017). *Teoreticheskie i metodologicheskie podkhody k standartizatsii i otsenke kachestva lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i maslyanykh ekstraktov na ego osnove* [Theoretical and methodological approaches to standardization and quality assessment of medicinal plant materials and oil extracts based on it] [Doctoral Dissertation, Pervyi Moskovskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I. M. Sechenova]. Moscow, Russia.
- Trineeva, O. V., & Slivkin, A. I. (2015). Issledovanie vliyaniya uslovii khraneniya plodov oblepikhi krushinovidnoi na soderzhanie summy svobodnykh ami-nokislot [Study of the influence of storage conditions of sea buckthorn fruits on the content of the amount of free amino acids]. In *Fiziko-khimicheskie protsessy v kondensirovannykh sredakh i na mezhfaznykh granitsakh: Materialy VII Vserossiiskoi konferentsii* [Physical and chemical processes in condensed media and at interphase boundaries: Proceedings of the 7th All-Russian Conference] (pp. 564-565). Voronezh: Nauchnaya kniga.
- Trineeva, O. V., & Slivkin, A. I. (2015). Opredelenie kal'tsiya v plodakh oblepikhi krushinovidnoi (Nippophaes rhamnoides L.) [Determination of calcium in the fruits of sea buckthorn (Hippophaes rhamnoides L.)]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], 1, 101-106.
- Trineeva, O. V., & Slivkin, A. I. (2016). Validatsiya metodiki opredeleniya ka-rotinoidov v plodakh oblepikhi razlichnykh sposobov konservatsii [Validation of the method for determining carotenoids in sea buckthorn fruits of various preservation methods]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2, 145-151.
- Trineeva, O. V., Kaz'mina, M. A., & Slivkin, A. I. (2015). Issledovanie stabil'nosti antotsianovykh soedinenii v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Study of the stability of anthocyanin compounds in the fruits of sea buckthorn]. In *Fi-ziko-khimicheskie protsessy v kondensirovannykh sredakh i na mezhfaznykh grani-tsakh: Materialy VII Vserossiiskoi konferentsii* [Physical and chemical processes in condensed media and at interphase boundaries: Proceedings of the 7th All-Russian Conference] (pp. 565-566). Voronezh: Nauchnaya kniga.
- Trineeva, O. V., Kaz'mina, M. A., & Slivkin, A. I. (2017). Razrabotka i validatsiya metodiki opredeleniya summy svobodnykh i svyazannykh prostykh sakharov v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Development and validation of a methodology for determining the amount of free and bound simple sugars in sea buckthorn fruits]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv* [Drug development & registration], 1, 138-143.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2012). Opredelenie flavonoidov i issledovanie vliyaniya uslovii khraneniya na ikh soderzhanie v plodakh oblepikhi metodom TSKh [Determination of flavonoids and study of the effect of storage conditions on their content in sea buckthorn fruits by TLC]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy* [Sorption and Chromatographic Processes], 12(5), 806-813.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2012a). Opredelenie antioksidantnoi aktivnosti izvlechenii iz plodov oblepikhi krushinovidnoi [Determination of antioxidant activity of extracts from sea buckthorn fruits]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2, 266-268.

- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2012b). Opredelenie flavonoidov v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Determination of flavonoids in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 7, 18-21.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2013). Opredelenie biologicheskii aktivnykh veshchestv v plodakh oblepikhi krushinovidnoi (Nippophaes rhamnoides L.) [Determination of biologically active substances in the fruits of sea buckthorn (*Hippophaes rhamnoides* L.)]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]*, 3, 181-186.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2013). Organicheskie kisloty v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Organic acids in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 7, 7-10.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2014). Issledovaniya po vyboru optimal'nykh uslovii khraneniya plodov oblepikhi krushinovidnoi [Research on the choice of optimal storage conditions for fruits of sea buckthorn]. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii [Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry]*, 2, 47-52.
- Trineeva, O. V., Shikunova, N. S., & Slivkin, A. I. (2016). Issledovaniya po opredeleniyu dubil'nykh veshchestv v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Studies on the determination of tannins in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 65(3), 16-21.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Dmitrieva, A. V. (2014). Opredelenie ami-nokislot v plodakh oblepikhi krushinovidnoi razlichnykh sposobov konservatsii [Determination of amino acids in the fruits of sea buckthorn by various methods of preservation]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv [Drug development & registration]*, 4, 136-142.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Dortgulyev, B. (2015). Opredelenie mikro-biologicheskoi chistoty i mikotoksinov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i maslyanykh preparatakh na ego osnove (na primere plodov oblepikhi krushinovidnoi i list'ev krapivy dvudomnoi) [Determination of microbiological purity and mycotoxins in medicinal plant raw materials and oil preparations based on it (on the example of sea buckthorn fruits and stinging nettle leaves)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, 3, 124-128.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Karlov, P. M. (2013). Opredelenie ekstrak-tivnykh veshchestv v nekotorykh vidakh lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya [Determination of extractive substances in some types of medicinal plant materials]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farma-tsiya [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, 2, 220-224.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Kaz'mina, M. A. (2014). Issledovanie spek-tral'nykh kharakteristik antotsianovykh soedinenii plodov oblepikhi krushinovidnoi [Investigation of the spectral characteristics of anthocyanin compounds in the fruits of sea buckthorn]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, 3, 118-122.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., Samylina, I. A., & Kaz'mina, M. A. (2015). Razrabotka metodiki kolichestvennogo opredeleniya antotsianov v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Development of a method for the quantitative determination of anthocyanins in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 7, 9-13.
- Zemtsova, A. Ya., Zubarev, Yu. A., Gunin, A. V., & Morsel', D. T. (2016). Vliyanie zamorazhivaniya na sodержanie summy karotinoidov v sortobraztsakh plodov oblepikhi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [Influence of freezing on the content of total carotenoids in varieties of sea buckthorn fruits of various ecological and geographical origin]. In Pishcha. Ekologiya. Kachestvo: Trudy XIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Food. Ecology. Quality: Proceedings of the 13th International scientific-practical conference] (pp. 429-433). Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Zolotareva, A. M. (2004). *Osnovy resursosberegayushchei tekhnologii pererabotki biomassy Hippophae rhamnoides L. [Fundamentals of resource-saving technology for processing biomass Hippophae rhamnoides L.]* [Doctoral Dissertation, Sibirskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Krasnoyarsk, Russia.
- Zolotareva, A. M. (2006). Biotekhnologicheskie aspekty pererabotki oblepikho-vogo soka [Biotechnological aspects of sea buckthorn juice processing]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya [Proceedings of universities. Food Technology]*, 1, 68-71.
- Zolotareva, A. M., Boronoeva, G. S., Chirkina, T. M., & Pavlova, A. B. (2003). Issledovanie drevesnoi zeleni oblepikhi pri proizvodstve khlebobulochnykh izdelii [Study of sea buckthorn tree greens in the production of bakery products]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya [Proceedings of universities. Food Technology]*, 1, 80-81.

- Zolotareva, A. M., Chirkina, T. F., & Meshkova, E. A. (2004). Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh priemov pri proizvodstve oblepikhovoi pasty [The use of biotechnological methods in the production of sea buckthorn paste]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 4, 43-45.
- Zolotareva, A. M., Chirkina, T. F., Gonchikova, S. D., & Karpenko, L. D. (1994). Khimicheskii sostav oblepikhovogo shrota [Chemical composition of sea buckthorn meal]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 1-2, 24-26.
- Zolotareva, A. M., Gabanova, G. V., & Chirkina, T. F. (2005). Semena oblepikhi kak pishchevoi istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv [Sea buckthorn seeds as a food source of biologically active substances]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 1, 30-31.
- Araya-Farias, M., Makhlof, J., & Ratti, C. (2011). Drying of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry: Impact of dehydration methods on kinetics and quality. *Drying Technology*, 29, 351-359. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.497590>
- Arimboor, R., & Arumugan, C. (2012). HPLC-DAD-MS/MS profiling of antioxidant glycosides in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(6), 730-738. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.652075>
- Bayraktar, V. (2013). Organic acids concentration in wine stocks after *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *Biotechnologia Acta*, 6(3), 97-106.
- Belinska, S., Moroz, O., & Safiullina, L. (2020). Consumer properties of fresh and frozen hippophae berries of the velikan variety. *Commodities and Markets*, 4, 113-120. <https://doi.org/10.31617/tr.knute>
- Christaki, E. (2012). *Hippophae Rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a Potential Source of Nutraceuticals. *Food and Public Health*, 2, 69-72. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20120203.02>
- Gutzeit, D., Wray, V., & Winterhalter, P. (2006). Preparative isolation and purification of flavonoids from sea buckthorn juice concentrate (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) by high-speed counter-current chromatography. *Chromatographia*, 65(12), 1-7. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0105-6>
- Heyen, S., Scholz-Böttcher, B. M., Rabus, R., & Wilkes, H. (2020). Method development and validation for the quantification of organic acids in microbial samples using anionic exchange solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412, 7491-7503. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02883-3>
- Kashyap, P., Deepshikha, C. S. R., & Jindal, N. (2020). Sea Buckthorn. *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits*, 2, 201-225. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_11
- Kim, J.-S., Yu, C.-Y., & Kim, M.-J. (2010). Pharmacological effect and component of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of Plant Biotechnology*, 37(1), 47-56. <https://doi.org/10.5010/IPB.2010.37.1.047>
- Korotkiya, A., Korotkaya, E. V., & Kireev, V. V. (2016). Energy efficiency analysis of the sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruits quick freezing. *Foods and Raw Materials*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-110-120>
- Kumar, V., Sharma, A., Bhardwaj, R., & Thukral, A. T. (2017). Analysis of organic acids of tricarboxylic acid cycle in plants using GC-MS, and system modeling. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0129-6>
- Nour, V., Panaite, T. D., Corbu, A. R., Ropota, M., & Turcu, R. P. (2021). Nutritional and Bioactive Compounds in Dried Sea-Buckthorn Pomace. *Erwerbs-Obstbau*, 63, 91-98. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00539-1>
- Raffo, A., Paoletti, F., & Antonelli, M. (2004). Changes in sugar, organic acid, flavonol and carotenoid composition during ripening of berries of three seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars. *European Food Research and Technology*, 219, 360-368. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0984-4>
- Rösch, D., Krumbein, A., & Mügge, C. (2004). Structural investigations of flavonol glycosides from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MS(n). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13), 4039-4046. <https://doi.org/10.1021/jf0306791>
- Sabir, S. M., Maqsood, H., Hayat, I., Khan, M. Q., & Khaliq, A. (2005). Elemental and nutritional analysis of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berries of Pakistani origin. *Journal of Medicinal Food*, 8(4), 518-522. <https://doi.org/10.1089/jmf.2005.8.518>
- Yadav, A., Stobdan, T., Chauhan, O. P., Dwivedi, S. K., & Chaurasia, O. P. (2019). Sea Buckthorn: A Multipurpose Medicinal Plant from Upper Himalayas. *Medicinal Plants*, 1, 399-426. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>
- Wanchao, C., Pengjuan, C., Huaying, S., Weiqing, G., Chunwu, Y., Hao, J., Bin, F., & Decheng, S. (2009). Comparative effects of salt and alkali stresses on organic acid accumulation and ionic balance of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Industrial Crops and Products*, 30(3), 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.06.007>