

УДК 664.3.033

Получение сухих экстрактов из облепихового сырья: результаты исследования

Т. И. Котова*, А. Г. Хантургаев, В. А. Цыцыков, Н. А. Хантургаева

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия;
e-mail: tatianakotova74@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2644-0779>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
18.03.2024;

получена
после доработки
01.04.2024;

принята
к публикации
11.04.2024

Ключевые слова:

облепиховое сырье,
листья и побеги
облепихи,
сухой экстракт,
функциональные
ингредиенты,
вакуумно-импульсные
режимы,
экстрагирование,
концентрирование,
сушка,
режимные параметры,
показатели качества

Для цитирования

Получение растворимых сухих экстрактов из облепихового сырья является актуальным и перспективным для предприятий Республики Бурятия. Авторами проведен подбор технологического оборудования для получения сухих экстрактов: экстрактора, концентратора, сушилки. Изучена возможность применения вакуумно-импульсного воздействия и влияния технологических факторов на выход водорастворимых веществ из листьев и побегов облепихи. Опытным путем в производственных условиях определены режимные параметры технологического процесса: температура 45–50 °С, общая продолжительность экстракции, концентрирования и сушки 79–111 мин. Процесс получения сухих экстрактов проводили в три этапа: водное экстрагирование; фильтрование и концентрирование; сушка в вакуумно-импульсной сушилке. Полученный опытный образец сухого экстракта из листьев и побегов облепихи представляет собой сыпучий кристаллический порошок с содержанием влаги 4–6 %, хорошо растворимый в воде, имеющий высокие органолептические показатели – натуральный, хорошо выраженный, свойственный облепихе аромат, светлый буро-коричневый цвет. Применение невысоких температур и вакуумно-импульсных режимов на этапах технологического процесса прогнозирует высокую сохранность термолабильных биологически активных веществ в продукте. Исследован процесс получения сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи. Результаты проведенных исследований доказывают возможность получения сухого экстракта, имеющего высокие органолептические характеристики, по разработанной авторами технологии с применением оборудования, вакуумно-импульсные режимы работы которого положительно влияют на выход экстрактивных веществ и способствуют сокращению временных затрат наряду с интенсификацией процессов тепло- и массообмена в облепиховом сырье.

Котова Т. И. и др. Получение сухих экстрактов из облепихового сырья: результаты исследования. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 2. С. 205–213. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-2-205-213>.

Production of dry extracts from sea buckthorn raw materials: Research results

Tatyana I. Kotova*, Andrey G. Khanturgaev, Vladimir A. Tsytsykov,
Natalya A. Khanturgaeva

*East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia;
e-mail: tatianakotova74@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2644-0779>

Article info

Received
18.03.2024;

received
in revised form
01.04.2024;

accepted
11.04.2024

Key words:

sea buckthorn raw
materials,
sea buckthorn leaves
and shoots,
dry extract,
functional ingredients,
vacuum-pulse modes,
extraction,
concentration,
drying,
operating parameters,
quality indicators

For citation

Abstract

Production of soluble dry extracts from sea buckthorn raw materials is relevant and promising for enterprises of the Republic of Buryatia. The authors have selected technological equipment for obtaining dry extracts: extractor, concentrator, dryer. The possibility of using vacuum-pulse action and the influence of technological factors on the yield of water-soluble substances from sea buckthorn leaves and shoots has been studied. The operating parameters of the technological process have been determined experimentally under production conditions: temperature 45–50 °С, total duration of extraction, concentration and drying 79–111 minutes. The process of obtaining dry extracts is carried out in three stages: water extraction; filtration and concentration; drying in a vacuum pulse dryer. The resulting experimental sample of dry extract from sea buckthorn leaves and shoots is a free-flowing crystalline powder with a moisture content of 4–6 %, highly soluble in water, having high organoleptic characteristics – a natural, well-defined aroma characteristic of sea buckthorn, light brown color. The use of low temperatures and vacuum-pulse modes at the stages of the technological process predicts high safety of thermolabile biologically active substances in the product. The process of obtaining dry extracts from sea buckthorn leaves and shoots has been studied. The results of the studies prove the possibility of producing a dry extract with high organoleptic characteristics using the developed by the authors' technology by equipment whose vacuum-pulse operating modes have a positive effect on the yield of extractives and help reduce time costs along with the intensification of heat and mass exchange processes in sea buckthorn raw materials.

Kotova, T. I. et al. 2024. Production of dry extracts from sea buckthorn raw materials: Research results. *Vestnik of MSTU*, 27(2), pp. 205–213. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-2-205-213>.

Введение

В настоящее время в мире наблюдается увеличение спроса на продукцию, изготовленную из натурального сырья животного и растительного происхождения. Основной тенденцией в пищевой промышленности является разработка ресурсосберегающих технологий, позволяющих максимально использовать весь потенциал натурального сырья. Особое внимание уделяется растительному сырью, являющемуся источником ценных биологически активных веществ, макро- и микроэлементов, аминокислот, витаминов, антиоксидантов и т. д.

При анализе спроса на продукцию растительного происхождения установлено, что популярность набирают растительные экстракты, представляющие собой концентрированные очищенные вытяжки, получаемые с применением различных растворителей (экстрагентов). Классифицируют экстракты на жидкие, густые, сухие. Наиболее предпочтительны сухие формы, преимущества которых перед другими формами растительных экстрактов заключаются в удобстве применения и устойчивости при хранении.

На сегодняшний день известны разного рода технологии экстрагирования, позволяющие с применением водных, спиртовых, эфирных, масляных экстрагентов, а также схем, режимов экстракции и аппаратуры в значительной степени увеличить выход экстрактивных и действующих веществ из растительного сырья (Степанян, 2000; Семушкин, 2022; Хантургаев и др., 2016; Исмаилов и др., 2005; Еремеева, 2017; Устаноука..., 2014). Поскольку экстрагирование является одной из наиболее продолжительных стадий переработки растительного сырья, использование различных физических воздействий позволяет в значительной степени интенсифицировать процессы экстракции и в большинстве случаев получать результаты, недостижимые при традиционных методах, которые являются трудоемкими и длительными (Васильев и др., 2018; Шегельман, 2017; Гуськов и др., 2018; Адекенов, 2017; Чапаксин и др., 2021; Шорсткий и др., 2015; Kathiravan et al., 2014; Котова и др., 2023). В этой связи перспективно применение вакуумно-импульсного экстрагирования растительных материалов, способствующего более быстрому протеканию массопереноса внутри частиц сырья, а применение низких температур при этом позволяет сохранить максимальное количество полезных, биологически активных веществ и витаминов.

В Сибири и Забайкалье перспективной культурой для промышленной переработки является облепиха крушиновидная, имеющая уникальный биохимический состав (Каранян, 2001; Тринеева и др., 2023; Usha et al., 2014; Кароматов и др., 2018; Морозов, 2007). В частности, в Республике Бурятия в настоящее время площади, занятые данной культурой, составляют порядка 1 500 га с перспективой ежегодного увеличения на 70–80 га. Основные места произрастания облепихи в Республике Бурятия – это долина рек Темник, Яган-Гол и Цаган-Гол в Селенгинском районе и пойма реки Иркут в Тункинском районе. Особую ценность представляет Селенгинский массив облепихи. Предприятия республики, перерабатывающие облепиху, заинтересованы в комплексной переработке облепихового сырья и выпуске инновационных форм продукции, в том числе востребованных в настоящее время сухих экстрактов из нетрадиционного облепихового сырья – листьев и побегов облепихи, являющихся побочным продуктом переработки (Tanwar et al., 2018; Verma et al., 2013; Тарасов и др., 2018; Мурзахметова и др., 2015).

Разработка и внедрение в практику ресурсосберегающего способа экстракции с применением инновационных технологических приемов, позволяющих максимально сохранить нативные свойства исходного облепихового сырья, а также получение стабильных при хранении экстрактов, является актуальной задачей.

Цель работы – изучение процесса получения растворимых сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи с применением вакуумно-импульсных режимов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- подбор рациональной конструкции оборудования, работающего с применением вакуумно-импульсных режимов;
- установление опытным путем режимных параметров получения растворимых сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи;
- изучение показателей качества сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи.

Материалы и методы

Объектами исследования служили: 1) облепиховое сырье, приобретенное в п. Темник Селенгинского района Республики Бурятия в январе 2024 г. Образцы облепихового сырья представляли собой листья и побеги облепихи, накапливающиеся при переработке облепихи, сбор которой был осуществлен в осенний период 2023 г.; 2) сухие экстракты. Образцы водорастворимых экстрактов были получены из листьев и побегов облепихи с применением вакуумно-импульсных режимов.

При подборе рациональной конструкции оборудования для получения сухих экстрактов нами были изучены способы и устройства, работающие с применением импульсных режимов (Чапаксин и др., 2021; Шорсткий и др., 2015; Kathiravan et al., 2014; Губернаторов, 2022; Гуськов et al., 2018). Для осуществления технологического процесса подобрано следующее оборудование: экстрактор ВИЖЭ-12, работающий с применением вакуумно-импульсных режимов, создающихся путем понижении давления до 20 кПа в течение 30 сек с последующим его увеличением до атмосферного давления в течение 60 сек, вакуум-выпарной

концентратор ВД-6, вакуумно-импульсная сушилка ВИС-1,5, работающая на принципе понижении давления до 15 кПа в течение 30 сек с последующим его увеличением до атмосферного в течение 100 сек.

Для изучения эффективности применения вакуумно-импульсного воздействия, влияния технологических факторов (продолжительность, температура, давление) на выход водорастворимых веществ из листьев и побегов облепихи, а также установления режимных параметров получения растворимых сухих экстрактов опытным путем в производственных условиях ООО "МИП "БайкалЭкоПродукт" были проведены пилотные испытания, которые позволили подобрать наиболее предпочтительные технологические режимы получения сухих экстрактов. В технологической линии использовалось экстракционное и сушильное оборудование, работающее на принципе вакуумно-импульсного эффекта, представляющего собой чередование стадий вакуумирования и создания атмосферного давления в аппарате.

Интервалы значений технологических режимов были выбраны с учетом предварительно проведенных лабораторных исследований авторов в отношении облепихового сырья, при подборе которых ориентировались на максимальный выход водорастворимых веществ, органолептические показатели и сохранность термолабильных компонентов в получаемом продукте.

Производственные испытания проводились следующим образом: предварительно прошедшие инспекцию и мойку листья и побеги облепихи на первом этапе экстрагировали доступным и дешевым экстрагентом – водой при гидромодуле 1 : 5–1 : 7 в экстракторе с применением вакуумно-импульсных режимов. Интервалы технологических параметров при экстрагировании были следующие: температура 40–60 °С, продолжительность 5–45 мин. На втором этапе полученный экстракт фильтровали и направляли в концентратор, оснащенный мешалкой, где при температуре 30–50 °С в течение 10–70 мин добивались максимально заданной концентрации, составляющей 60–70 %, при которой полученные экстракты стабильны при хранении. На третьем этапе густой концентрированный экстракт, полученный после второго этапа и содержащий водорастворимые вещества, направляли в вакуумно-импульсную сушилку, где при температуре 30–50 °С в течение 2–10 мин получали сухой водорастворимый экстракт с содержанием влаги 3–10 %.

Экспериментальные исследования и опыты проводили в 5-кратной повторности, полученные результаты обрабатывали с помощью программ Statistica и Excel.

Результаты и обсуждение

Обзор современных научных исследований показал, что применение вакуума и импульсных режимов при переработке растительного сырья положительно влияет на количественный выход и ценность получаемых экстрактов наряду с сокращением продолжительности процесса. Авторами изучены вакуумно-импульсные экстракторы и сушильное оборудование, концентраторы, применяющиеся в пищевой промышленности, информация о принципе работы, устройстве и технических характеристиках которых размещена в свободном доступе в сети Интернет¹ (*Гайфуллина и др., 2011; Щеглова, 2011; Иванова и др., 2018; Данилин и др., 2015; Скрипников и др., 2012*). На основании изученной информации было принято решение о модернизации имеющихся у предприятия – индустриального партнера – экстрактора и сушильного аппарата путем их оснащения вакуумными насосами и блоками автоматики, позволяющими в автоматическом режиме осуществлять регулирование и контроль температуры, давления и продолжительности процесса. В результате подобраны рациональные конструкции оборудования, работающего с применением вакуумно-импульсных режимов – экстрактора ВИЖЭ-12, сушильного аппарата ВИС-1,5. Для концентрирования использовался концентратор ВД-6, имеющийся в наличии у предприятия-партнера. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Определение режимных параметров технологического процесса
 Table 1. Operating parameters of the technological process

Процесс/оборудование/параметры	Показатели				
Экстрагирование					
Экстрактор с вакуумно-импульсными режимами	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
Температура, °С	40	45	50	55	60
Продолжительность, мин	45	35	25	15	5
Выход водорастворимых веществ, %	92,7	95,1	95,2	95,2	95,2
Концентрирование					
Концентратор с мешалкой	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
Температура, °С	30	35	40	45	50
Продолжительность, мин	90	70	50	30	10
Содержание сухих веществ, %	80	70	60	50	40

¹ URL : <https://techwb.ru/vakuum-impulsnaya-kamera/> ; <https://techwb.ru/modul-ekstraktcii/>.

Сушка					
Сушилка с вакуумно-импульсными режимами	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
Густой экстракт после концентрирования					
Температура, °С	30	35	40	45	50
Продолжительность, мин	10	8	6	4	2
Содержание влаги*, %	10	8	6	4	3

Примечание. * – в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Полученные данные (табл. 1) свидетельствуют о том, что наилучшие результаты при проведении процесса экстрагирования показывают опыты № 2 и 3. При температуре 45–50 °С и времени экстрагирования 25–35 мин происходит максимально полное извлечение водорастворимых сухих веществ – 95,2 %.

Применение температуры при экстрагировании выше 50 °С может отрицательно сказаться на органолептических (изменение цвета, потемнение) и сохранности термолабильных биологически активных веществ ценного исходного сырья. Кроме того, повышение температуры практически не влияет на выход экстрактивных веществ.

При концентрировании водного экстракта после второго этапа наилучшие результаты получены в опытах № 2 и 3, а именно при температуре 35–40 °С в течение 50–70 мин. При температуре ниже 35 °С увеличивается продолжительность концентрирования, что ведет к дополнительным энергозатратам, при этом увеличивается содержание сухих веществ, что нецелесообразно, так как предельное содержание сухих веществ для самоконсервации составляет 60–70 %, которая достигается в опытах № 2 и 3.

Анализ экспериментальных исследований процесса сушки (табл. 1) свидетельствует о том, что наилучшие режимные параметры для получения сухого экстракта с содержанием влаги 4–6 % показывают опыты № 3 и 4, а именно температура 40–45 °С и продолжительность сушки – 4–6 мин. При температуре ниже 40 °С продолжительность сушки увеличивается, что повышает энергозатраты процесса. Повышение температуры сушки более 45 °С позволяет получить экстракт с содержанием влаги 3 %, однако стабильное хранение получаемого продукта обеспечивается и при содержании влаги в продукте 4–6 %, таким образом применение температуры 50 °С нецелесообразно.

Результаты определения выхода получаемых при проведении технологического процесса сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи представлены в табл. 2.

Таблица 2. Выход сухих экстрактов
Table 2. Yield of dry extracts

Номер опыта	Листья и побеги облепихи		Сухой экстракт	
	кг	%	кг	%
1	3,0	100	0,427	14,22
2	3,0	100	0,398	13,25
3	3,0	100	0,438	14,60
4	3,0	100	0,451	15,01
5	3,0	100	0,416	13,85
Среднее значение	3,0	100	0,426	14,186

Анализ табл. 2 показал, что средний выход сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи, содержащих водорастворимые вещества, получаемые по разработанной технологии с применением вакуумно-импульсных режимов, составляет 14,186 %.

В результате проведения производственных испытаний были определены режимные параметры экстракции, концентрирования и сушки для получения сухих экстрактов: экстрагирование в экстракторе с применением вакуумно-импульсных режимов при температуре 45–50 °С в течение 25–35 мин; концентрирование в концентраторе, оснащенный мешалкой, при температуре 45–50 °С в течение 50–70 мин до содержания сухих веществ 60–70 %; сушка в вакуумно-импульсной сушилке при температуре 40–45 °С в течение 4–6 мин. Весь технологический процесс осуществляли при температуре 40–45 °С в течение 79–111 мин. При экспериментально определенных оптимальных параметрах получили сухой водорастворимый экстракт из листьев и побегов облепихи с содержанием влаги 4–6 %.

Для полученного сухого экстракта из листьев и побегов облепихи были исследованы органолептические и физико-химические показатели, которые приведены в табл. 3.

Таблица 3. Органолептические и физико-химические показатели
Table 3. Organoleptic and physico-chemical parameters

Показатель	Значение
Аромат	Натуральный, травяной, хорошо выраженный, свойственный листьям облепихи, без постороннего запаха
Цвет	Светлый буро-коричневый
Внешний вид	Сыпучий однородный мелкокристаллический порошок
Содержание влаги*, %	$5,2 \pm 0,04$
Растворимость в воде при 20 °С	Полностью растворим
Насыпная плотность, г/см ³	$0,58 \pm 0,02$

Примечание. * – в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Исследуемые показатели образца сухого экстракта из листьев облепихи (табл. 3), полученного по технологии, включающей экстракцию, концентрирование и сушку с применением вакуумно-импульсных режимов в условиях экспериментально определенных оптимальных параметров на производстве, имеют высокие органолептические показатели – натуральный, хорошо выраженный, свойственный листьям облепихи аромат, светлый буро-коричневый цвет. Полученный экстракт имеет насыпную плотность $0,58 \pm 0,02$, полностью растворяется в воде и представляет собой сыпучий однородный мелкокристаллический порошок. Содержание влаги в полученном экстракте составляет $5,2 \pm 0,04$ % в пересчете на абсолютно сухое вещество, что прогнозирует достаточно длительный срок его хранения.

Побочным продуктом при получении экстрактов является шрот из листьев и побегов облепихи, содержащий клетчатку, минеральные вещества и т. д. Шрот имеет пористую структуру и может быть рекомендован к дальнейшему использованию в качестве носителя для функциональных ингредиентов при получении БАД, а также в косметической промышленности и для получения комбинированных кормовых добавок для продуктивных и непродуктивных животных.

Заключение

В результате проведенных исследований произведен подбор рациональной конструкции оборудования для осуществления технологического процесса получения сухих экстрактов: экстрактор, работающий с применением вакуумно-импульсных режимов, концентратор, вакуумно-импульсная сушилка.

Изучена возможность применения вакуумно-импульсного воздействия, влияния технологических факторов (продолжительность, температура) на выход водорастворимых веществ из листьев и побегов облепихи и содержание влаги в сухом экстракте.

Проведенные производственные испытания позволили определить режимные параметры технологического процесса получения сухих экстрактов: экстрагирование с применением вакуумно-импульсных режимов при температуре 45–50 °С в течение 25–35 мин; концентрирование при температуре 45–50 °С в течение 50–70 мин до содержания сухих веществ 60–70 %; вакуумно-импульсная сушка при температуре 40–45 °С в течение 4–6 мин. Общая продолжительность процесса составила 79–111 мин.

Полученный сухой экстракт из листьев и побегов облепихи имеет высокие органолептические показатели – натуральный, хорошо выраженный, свойственный облепихе аромат, светлый буро-коричневый цвет. Полученный экстракт имеет насыпную плотность $0,58 \pm 0,02$, полностью растворяется в воде, и представляет собой сыпучий однородный мелкокристаллический порошок. Содержание влаги в полученном экстракте составляет $5,2 \pm 0,04$ %, что прогнозирует достаточно длительный срок его хранения. Побочным продуктом при получении экстрактов является шрот из листьев и побегов облепихи, содержащий клетчатку, минеральные вещества и т. д.

Дальнейшие исследования химического состава, пищевой, биологической ценности, а также безопасности для здоровья человека полученного в результате проведенных исследований сухого экстракта из листьев и побегов облепихи позволят оценить возможность его применения в пищевой, косметической, фармацевтической промышленности.

Таким образом, исследована возможность получения сухих экстрактов из листьев и побегов облепихи. Доказана вероятность получения сухого экстракта, имеющего высокие органолептические характеристики, по разработанной авторами технологии, с применением оборудования, вакуумно-импульсные режимы работы которого положительно влияют на выход экстрактивных веществ и способствуют сокращению временных затрат наряду с интенсификацией процессов тепло- и массообмена в облепиховом сырье, что подтверждено результатами проведенных исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Адекенов С. М. Эффективные технологии для комплексной переработки растительного сырья // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : материалы VII Всерос. конф. с междунар. участием, Барнаул, 24–28 апреля 2017 г. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2017. С. 262–264. EDN: YNJLYX.
- Васильев А. С., Суханов Ю. В., Щукин П. О. Технические решения и физические эффекты для экстракции растительного сырья // Научные исследования и современное образование : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 26 марта 2018 г. Чебоксары : ЦНС "Интерактив плюс", 2018. С. 206–207. EDN: YUYGUO.
- Гайфуллина Р. Р., Курбангалеев М. С., Зарипов З. И., Анашкин Д. А. Экспериментальная установка для исследования кинетики сушки капиллярно-пористых материалов по вакуумно-импульсной технологии // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 2. С. 132–137. EDN: NCTPOB.
- Губернаторов В. В. Водно-вакуумная экстракция березового гриба чага : дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2022. 163 с.
- Гуськов А. А., Родионов Ю. В., Анохин С. А., Гливенкова О. А. [и др.]. Технология вакуумно-импульсного экстрагирования растворимых веществ из крапивы и хмеля // Инновационная техника и технология. 2018. № 2(15). С. 23–27. EDN: YLTHZZ.
- Данилин С. И., Митрохин М. А., Солопов В. А., Утешев В. Ю. [и др.]. Технология получения порошка из пастернака для производства напитка // Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. "Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты", Краснодар, 28–29 мая 2015 г. Воронеж, 2015. С. 99–102.
- Еремеева Н. Б., Макарова Н. В. Влияние технологии экстракции на антиоксидантную активность экстрактов плодов черноплодной рябины // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 3. С. 600–608. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608>. EDN: ZMVWDV.
- Иванова Э. С., Никитин Д. В., Нахман А. Д., Ионов М. С. Исследование и выбор режимных параметров процесса сушки грибов вешенка и кабачков сорта "Якорь" // Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. семинара, посвященного 175-летию со дня рождения К. А. Тимирязева, Москва, 22–23 мая 2018 г. М. : Перо, 2018. С. 185–189.
- Исмаилов Э. Ш., Даудова Т. Н., Джаруллаев Д. С. Новый способ интенсификации процесса экстракции // Пищевая промышленность. 2005. № 10. С. 32–34.
- Караян И. К. Плоды облепихи – ценнейший источник биологически активных веществ // Аграрная Россия. 2001. № 6. С. 65–66. EDN: TUPVVN.
- Кароматов И. Д., Букаев М. К. Облепиха как адаптогенное, повышающее физическую силу лекарственное растение // Биология и интегративная медицина. 2018. № 6(23). С. 37–47. EDN: YMZKYP.
- Котова Т. И., Хантургаева В. А., Цыцыков В. А., Лубсанов Э. Ю. [и др.]. Исследование процесса получения густых экстрактов из листьев облепихи // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 1(88). С. 29–35. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2023_1_29. EDN: GQVEMJ.
- Котова Т. И., Хараев Г. И., Хантургаева Г. И., Ширеторова В. Г. Оптимальные способы сушки облепихи обезвоженной // Пищевая промышленность. 2008. № 1. С. 41. EDN: IJAMQJ.
- Морозов В. И. Культура облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) как источник сырья для производства препарата "Гипорамин" // Химико-фармацевтический журнал. 2007. Т. 41, № 8. С. 19–21. EDN: TVJGNV.
- Мурзахметова М. К., Утегалиева Р. С., Аралбаева А. Н., Лесова Ж. Т. Исследование антиоксидантных и мембранопротекторных свойств экстрактов облепихи // Actualscience. 2015. Т. 1, № 5(5). С. 26–28. EDN: VLHZXR.
- Сёмушкин Д. Н., Зиганшин Б. Г., Сёмушкин Н. И. Технология получения растительных вытяжек // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : науч. тр. Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., посвященной памяти д-ра техн. наук, проф. Мартыянова А. П. Казань, 27–28 октября 2022 г. Казань : КГАУ, 2022. С. 489–495. EDN: PCJEOK.
- Скрипников Ю. Г., Митрохин М. А., Родионов Ю. В., Зорин А. С. Инновационные технологии сушки растительного сырья // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2012. № 3(41). С. 371–376. EDN: PCWEGP.
- Степанян В. П. Интенсификация процесса экстракции биологически активных соединений из растительного сырья электрическими импульсными разрядами : дис. ... канд. техн. наук. Пятигорск, 2000. 153 с.

- Тарасов А. В., Бухаринова М. А., Хамзина Е. И. Определение антиоксидантной активности водных экстрактов некоторых растений Уральского региона // *Индустрия питания*. 2018. Т. 3, № 2. С. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-3-2-5>. EDN: XSVNHN.
- Тринеева О. В., Ковалёва Н. А. Исследование состава биологически активных веществ облепихи крушиновидной (*Hippophae Rhamnoides* L.) листьев методом ГХ-МС // *Химия растительного сырья*. 2023. № 4. С. 219–229. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412467>. EDN: YGSFXQ.
- Установка получения растительной вытяжки : пат. 2518605 Рос. Федерация / С. М. Яхин, Б. Г. Зиганшин, А. Р. Валиев [и др.] ; № 2012136661/05 ; заявл. 27.08.2012 ; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.
- Хантургаев А. Г., Котова Т. И., Хараев Г. И. Изучение параметров, влияющих на процесс экстракции растительных масел в электромагнитном поле сверхвысоких частот // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2016. № 2(59). С. 48–52.
- Чапаксин И. В., Торыбаев Ж. С., Ясько Е. Т. Апробация методики вакуумно-импульсной экстракции флавоноидов и дубильных веществ в коре сосны с последующим изучением их физико-химических структур // *StudNet*. 2021. Т. 4, № 1. С. 56. EDN: FHRQVW.
- Шегельман И. Р., Васильев А. С., Щукин П. О. Новые решения в области использования ультразвуковой экстракции для выделения биологически активных веществ из растительного сырья // *Инновационные технологии в образовании и науке : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 26 ноября 2017 г. Чебоксары : ЦНС "Интерактив плюс", 2017. С. 182–183. EDN: YLMJFC.*
- Шпорский И. А., Кошевой Е. П. Экстракция с наложением импульсного электрического поля // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2015. № 4(346). С. 40–42. EDN: ULUOGX.
- Щеглова И. В. Влияние вакуумно-импульсной сушки на потребительские свойства лисичек настоящих и опят осенних : дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2011. 146 с.
- Kathiravan T., Kumar R., Lakshmana J. H., Kumaraswamy M. R. [et al.]. Pulsed electric field processing of functional drink based on tender coconut water (*Cocos nucifera* L.) – nannari (*Hemidesmus indicus*) blended beverage // *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 2014. Vol. 6, № 2. DOI: 10.17508/CJFST.2014.6.2.04.
- Tanwar H., Shweta D. S., Singh S. B., Ganju L. Anti-inflammatory activity of the functional groups present in *Hippophae rhamnoides* (Seabuckthorn) leaf extract // *Inflammopharmacology*. 2018. Vol. 26. P. 291–301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-017-0345-0>.
- Usha T., Middha S. K., Goyal A. K., Karthik M. [et al.]. Molecular docking studies of anti-cancerous candidates in *Hippophae rhamnoides* and *Hippophae salicifolia* // *The Journal of Biomedical Research*. 2014. Vol. 28, Iss. 5. P. 406–415. DOI: <https://doi.org/10.7555/jbr.28.20130110>.
- Verma H., Sharma M., Chahota R., Palial A. Assessment of antimycotic activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extracts against common fungi associated with skin dermatitis // *Veterinary World*. 2013. Vol. 6, Iss. 4. P. 205–208. DOI: <https://doi.org/10.5455/vetworld.2013.205-208>.

References

- Adekenov, S. M. 2017. Effective technologies for complex processing of plant raw materials. Proceedings of the VII All-Russian conf. with intern. participation *New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials*, Barnaul, 24–28 April, 2017. Barnaul, pp. 262–264. EDN: YNJLYX. (In Russ.)
- Vasiliev, A. S., Sukhanov, Yu. V., Shchukin, P. O. 2018. Technical solutions and physical effects for the extraction of plant raw materials. Proceedings of the II scien.-pract. conf. *Scientific research and modern education*. Cheboksary, 26 March, 2018. Cheboksary, pp. 206–207. EDN: YUYGUO. (In Russ.)
- Gaifullina, R. R., Kurbangaleev, M. S., Zaripov, Z. I., Anashkin, D. A. 2011. Experimental setup for studying the kinetics of drying capillary-porous materials using vacuum pulse technology. *Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Universiteta*, 2, pp. 132–137. EDN: NCTPOB. (In Russ.)
- Gubernatorov, V. V. 2022. Water-vacuum extraction of birch fungus chaga. Ph.D. Thesis. Kazan. (In Russ.)
- Guskov, A. A., Rodionov, Yu. V., Anokhin, S. A., Glivenkova, O. A. 2018. Technology of vacuum-pulse extraction of soluble substances from nettles and hops. *Innovative Machinery and Technology*, 2(15), pp. 23–27. EDN: YLTHZZ. (In Russ.)
- Danilin, S. I., Mitrokhin, M. A., Solopov, V. A., Utehev, V. Yu. 2015. Technology of obtaining powder from parsnips for beverage production. Proceedings of the V scien.-pract. conf. *Innovative food technologies in the field of storage and processing of agricultural raw materials: Fundamental and applied aspects*, Krasnodar, 28–29 May, 2015. Voronezh, pp. 99–102. (In Russ.)
- Eremeeva, N. B., Makarova, N. V. 2017. The influence of extraction technology on the antioxidant activity of chokeberry fruit extracts. *Vestnik of MSTU*, 20(3), pp. 600–608. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608>. EDN: ZMVWDV. (In Russ.)
- Ivanova, E. S., Nikitin, D. V., Nachman, A. D., Ionov, M. S. 2018. Research and selection of regime parameters of the drying process of oyster mushrooms and zucchini of the Yakor kind. In coll. articles *Drying, storage and processing of crop production*, Moscow, 22–23 May, 2018. Moscow, pp. 185–189. (In Russ.)

- Ismailov, E. Sh., Daudova, T. N., Dzharullaev, D. S. 2005. A new method for intensifying the extraction process. *Food Industry*, 10, pp. 32–34. (In Russ.)
- Karanyan, I. K. 2001. Sea buckthorn fruits are the most valuable source of biologically active substances. *Agrarian Russia*, 6, pp. 65–66. EDN: TUPVVN. (In Russ.)
- Karomatov, I. D., Bukaeв, M. K. 2018. Sea buckthorn as an adaptogenic medicinal plant that increases physical strength. *Biology and Integrative Medicine*, 6(23), pp. 37–47. EDN: YMZKYP. (In Russ.)
- Kotova, T. I., Khanturgaeva, V. A., Tsitsykov, V. A., Lubsanov, E. Yu. et al. 2023. Investigation of the process of obtaining thick extracts from sea buckthorn leaves. *The Bulletin of ESSTUM*, 1(88), pp. 29–35. DOI: https://doi.org/10.53980/24131997_2023_1_29. EDN: GQVEMJ. (In Russ.)
- Kotova, T. I., Kharaev, G. I., Khanturgaeva, G. I., Shiretorova, V. G. 2008. Optimal drying methods for dehydrated sea buckthorn. *Food Industry*, 1, pp. 41. EDN: IJAMQJ. (In Russ.)
- Morozov, V. I. 2007. Culture of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a source of raw materials for the production of the drug "Giporamin". *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 41(8), pp. 19–21. EDN: TBJGNV. (In Russ.)
- Murzakhmetova, M. K., Utegalieva, R. S., Aralbayeva, A. N., Lesova, Zh. T. 2015. Investigation of antioxidant and membrane protective properties of sea buckthorn extracts. *Actualscience*, 1(5–5), pp. 26–28. EDN: VLHZXR. (In Russ.)
- Semushkin, D. N., Ziganshin, B. G., Semushkin, N. I. 2022. Technology for obtaining plant extracts. Coll. of articles *Current state and prospects for the development of the technical base of the agro-industrial complex*, Kazan, pp. 489–495. EDN: PCJEOK. (In Russ.)
- Skripnikiv, Yu. G., Mitrokhin, M. A., Rodionov Yu. V., Zorin, A. S. 2012. Innovative technologies for drying vegetable raw materials. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 3(41), pp. 371–376. EDN: PCWEGP. (In Russ.)
- Stepanyan, V. P. 2000. Intensification of the process of extraction of biologically active compounds from plant raw materials by electric pulse discharges. Ph.D. Thesis. Pyatigorsk. (In Russ.)
- Tarasov, A. V., Bukharinova, M. A., Khamzina, E. I. 2018. Determination of the antioxidant activity of aqueous extracts of some plants of the Ural region. *Industriya Pitaniya*, 3(2), pp. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-3-2-5>. EDN: XSVNHN. (In Russ.)
- Trineeva, O. V., Kovaleva, N. A. 2023. Study of the composition of biologically active substances of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves using GC-MS. *Chemistry of Plant Raw Material*, 4, pp. 219–229. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412467>. EDN: YGSFXQ. (In Russ.)
- Yakhin, S. M., Ziganshin, B. G., Valiev, A. R. et al. Kazan State Agrarian University. 2014. Installation for obtaining plant extract. Russian Federation, Pat. 2518605. (In Russ.)
- Khanturgaev, A. G., Kotova, T. I., Kharaev, G. I. 2016. Study of parameters affecting the extraction process of vegetable oils in the electromagnetic field of ultrahigh frequencies. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo Gosudarstvennogo Universiteta Tekhnologii i Upravleniya*, 2(59), pp. 48–52. (In Russ.)
- Chapaksin, I. V., Torybaev, Zh. S., Yasko, E. T. 2021. Approbation of the technique of vacuum-pulse extraction of flavonoids and tannins in pine bark with subsequent study of their physicochemical structures. *StudNet*, 4(1), pp. 56. EDN: FHRQVW. (In Russ.)
- Shegelman, I. R., Vasiliev, A. S., Shchukin, P. O. 2017. New solutions in the field of using ultrasonic extraction for isolating biologically active substances from plant materials. Proceedings of the III Intern. scien.-pract. conf. *Innovative Technologies in Education and Science*. Cheboksary, 26 November, 2017. Cheboksary, pp. 182–183. EDN: YLMJFC. (In Russ.)
- Shorstky, I. A., Koshevoy, E. P. 2015. Extraction with the application of a pulsed electric field. *News of Universities. Food Technology*, 4(346), pp. 40–42. EDN: ULUOGX. (In Russ.)
- Shcheglova, I. V. 2011. The influence of vacuum pulse drying on the consumer properties of chanterelles of real and autumn honey mushrooms. Ph.D. Thesis. Kemerovo. (In Russ.)
- Kathiravan, T., Kumar, R., Lakshmana, J. H., Kumaraswamy, M. R. et al. 2014. Pulsed electric field processing of functional drink based on tender coconut water (*Cococus nucifera* L.) – nannari (*Hemidesmus indicus*) blended beverage. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 6(2). DOI: 10.17508/CJFST.2014.6.2.04.
- Tanwar, H., Shweta, D. S., Singh, S. B., Ganju, L. 2018. Anti-inflammatory activity of the functional groups present in *Hippophae rhamnoides* (Seabuckthorn) leaf extract. *Inflammopharmacology*, 26, pp. 291–301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-017-0345-0>.
- Usha, T., Middha, S. K., Goyal, A. K., Karthik, M. et al. 2014. Molecular docking studies of anti-cancerous candidates in *Hippophae rhamnoides* and *Hippophae salicifolia*. *The Journal of Biomedical Research*, 28(5), pp. 406–415. DOI: <https://doi.org/10.7555/jbr.28.20130110>.
- Verma, H., Sharma, M., Chahota, R., Palial, A. 2013. Assessment of antimycotic activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extracts against common fungi associated with skin dermatitis. *Veterinary World*, 6(4), pp. 205–208. DOI: <https://doi.org/10.5455/vetworld.2013.205-208>.

Сведения об авторах

Котова Татьяна Ивановна – ул. Ключевская 40в, г. Улан-Удэ, Россия, 670013;
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, канд. техн. наук, доцент;
e-mail: tatianakotova74@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2644-0779>

Tatyana I. Kotova – 40v Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Russia, 670013;
East Siberian State University of Technology and Management, Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor; e-mail: tatianakotova74@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2644-0779>

Хантургаев Андрей Германович – ул. Ключевская 40в, г. Улан-Удэ, Россия, 670013;
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
д-р техн. наук, доцент; e-mail: aavn@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2118-6804>

Andrey G. Khanturgaev – 40v Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Russia, 670013;
East Siberian State University of Technology and Management, Dr Sci. (Engineering),
Associate Professor; e-mail: aavn@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2118-6804>

Цыцыков Владимир Анатольевич – ул. Ключевская 40в, г. Улан-Удэ, Россия, 670013;
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
инженер-исследователь; e-mail: vladimirts2001@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4859-5448>

Vladimir A. Tsytsykov – 40v Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Russia, 670013;
East Siberian State University of Technology and Management, Research Engineer;
e-mail: vladimirts2001@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4859-5448>

Хантургаева Наталья Андреевна – ул. Ключевская 40в, г. Улан-Удэ, Россия, 670013;
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
инженер-исследователь; e-mail: n.hanturgaeva@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7435-5790>

Natalya A. Khanturgaeva – 40v Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Russia, 670013;
East Siberian State University of Technology and Management, Research Engineer;
e-mail: n.hanturgaeva@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7435-5790>