

УДК 663.1:634.74

БИОКОНВЕРСИЯ ОБЛЕПИХОВОГО ШРОТА В ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ*

© *Е.В. Аверьянова^{1**}, М.Н. Школьников^{1,2}, Е.Д. Рожнов¹, Е.С. Баташов³*

¹ *Бийский технологический институт – филиал Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, ул. Трофимова, 27, Бийск, 659305 (Россия), e-mail: averianova.ev@bti.secna.ru*

² *Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, Екатеринбург, 620144 (Россия)*

³ *АО «Алтайвитамины», ул. Заводская, 69, Бийск, 659325 (Россия)*

В данной статье показаны основные направления промышленной переработки плодов облепихи: получение масла и масляных экстрактов, сока и его концентратов, сухих и густых экстрактов. Представлены сведения об облепихе крушиновидной, произрастающей повсеместно в Сибирском регионе и являющейся страховым сырьем для экономики региона. Приведено описание свойств этого кустарника в зависимости от географического положения и почвенно-климатических условий, что послужило основой для составления характеристики интенсивных сортов облепихи сибирской селекции и рассмотрения направлений переработки в зависимости от состава. Установлено, что многотоннажный отход – обезжиренный шрот, содержащий значительное количество биологически активных веществ, не подвергается глубокой переработке, имея хороший промышленный потенциал. Исследован химический состав шрота облепихи алтайской селекции, в составе экстрактивных веществ которого присутствуют органические кислоты, сахара, витамины, фенольные, пектиновые и минеральные вещества. Отмечена роль биофлавоноидов как самой многочисленной группы природных фенольных веществ для поддержания здоровья человека ввиду их высокой и разнонаправленной биологической активности. Цель работы состояла в поиске эффективного способа утилизации обезжиренного облепихового шрота в комплекс фенольных веществ с возможностью реализации в условиях промышленного производства Сибири. В эксперименте установлено, что интенсификация технологического процесса получения комплекса биофлавоноидов с использованием ферментализации сырья и ультразвукового воздействия на стадии экстракции ферментированного облепихового шрота позволяет сократить продолжительность экстракции с 1.5 ч до 15 мин при увеличении выхода целевого продукта на 27%. Определена возможность промышленного применения разработанной технологии, дан прогноз себестоимости комплекса биофлавоноидов. Установлены направления использования индивидуальных флавоноидов, входящих в состав комплекса, в качестве физиологически активных ингредиентов. Показано, что применение разработанной технологии возможно не только в Сибири, но и в тех регионах РФ, где существуют промышленные насаждения и естественные заросли кустарников облепихи.

Ключевые слова: облепиховый шрот, биоконверсия, комплекс биофлавоноидов, физиологически активные ингредиенты.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013, ГЗ № 075-00316-20-01).

Введение

Облепиха крушиновидная *Hippophae rhamnoides* L., благодаря содержанию в плодах более 100 биологически активных веществ (БАВ): витаминов (С, Е, К), каротиноидов, флавоноидов, стероидов, минеральных веществ, ферментов, аминокислот и др., находит широкое применение в пищевой, фармацевтической

Аверьянова Елена Витальевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии, e-mail: averianova.ev@bti.secna.ru

Окончание на С. 298.

промышленности и в производстве пищевых добавок [1–3]. Промышленность разных стран выпускает на основе плодов облепихи более 50 видов пищевых продуктов [4], в результате производства

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprtm.20230111884s

** Автор, с которым следует вести переписку.

которых с последующим извлечением жирного масла остается крупнотоннажный отход производства – шрот, дальнейшая переработка которого имеет научный интерес и несомненную практическую значимость.

Кустарники облепихи, обладая высокой адаптивностью к почвенно-климатическим условиям окружающей среды, произрастают естественным образом в холодных и сухих регионах по всему земному шару: в частности, в Гималаях, где самая высокая плотность данного кустарника, в холодных пустынных районах Китая, Северной Америки, Индии и Европы [5]. Ареал естественных зарослей облепихи в РФ существенный и прерывистый на разной высоте над уровнем моря (от 1500–1700 м на Алтае и в Восточной Сибири до 3000 м на Кавказе), самой западной границей служит Калининградская область, восточной – Читинская. Что обуславливает значительную сортовую вариабельность по уровню зимостойкости (до минус 40 °С), срокам созревания, урожайности, биохимическому составу плодов и т.д. [6].

В настоящее время облепиху успешно выращивают во многих странах Европы и Азии. Так, сегодня многие фермеры Монголии отказываются от традиционного для местных жителей животноводства и переходят на выращивание облепихи – неприхотливой культуры, способной остановить наступление бесплодных песков, и крайне выгодной, так как продукты ее переработки экспортируются в ряд азиатских стран [7].

В культуру впервые облепиха была введена на Алтае учеными НИИ Садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, что обеспечило возможность создания промышленных плантаций облепихи в этом регионе с учетом того, что срок созревания плодов составляет довольно длительный период: для ранних сортов – с середины августа, для поздних – до конца октября, что обуславливает эффективность ее выращивания в промышленных масштабах [8, 9].

Согласно ежегодному отчету Международной ассоциации по облепихе (ISA) за 2021 г., лидером по культурному возделыванию облепихи является Китай – 2.35 млн га, из которых 1.6 млн га – культивируемые, что составляет более 90% мировых ресурсов, в Индии основные площади дикорастущей облепихи произрастают на площади в 10–15 тыс. га, в Германии – 100–200 га диких зарослей сосредоточены в основном вдоль побережья Северного и Балтийского морей и т.д. [10].

В РФ промышленные плантации под облепиху составляют 2.5–3.0 тыс. га, со средней урожайностью 5.0–6.0 т/га; площадь, занимаемая дикорастущей облепихой, оценивается в 5.5 тыс. га, с которых сбор плодов составляет порядка 3.0 тыс. т, или половина от общего сбора. Лидером по дикорастущим зарослям облепихи является Сибирский регион, при этом Алтайский край имеет преимущество перед Республиками Тува и Бурятия.

Следует отметить, что Сибирь – это регион рискованного земледелия, и в таких условиях облепиха, как ведущая ягодная культура на Алтае и в Бурятии, является и страховой культурой, имеющей ежегодную стабильную урожайность и высокий спрос среди изготовителей продуктов питания, напитков (в том числе полуфабрикатов) и розничного ритейла. Поэтому основными ценными характеристиками плодов являются не только урожайность, высокая производительность при ручном сборе, устойчивость к погодно-климатическим факторам, но и вкус и масса плодов (табл. 1).

Как видно из приведенных данных, средняя урожайность плантационных насаждений сортовой облепихи в Алтайском крае несколько выше, как и средняя масса 100 г ягод, что можно объяснить более благоприятным и длительным вегетационным периодом плодов в Алтайском крае. Кроме того, объем биологического урожая плодов облепихи зависит от густоты и возрастной структуры зарослей кустов, а также способов заготовки плодов и погодных условий за предшествующие два года. По мнению Н.И. Богомоловой и М.В. Лупина, при определении сырьевых эксплуатационных запасов плодов облепихи следует перейти от биологического урожая к хозяйственному сбору, который условно равен 50% урожая, но фактически колеблется от 10 до 70% и зависит от перечисленных выше факторов, а также от санитарного состояния насаждений [6].

Плоды облепихи можно рассматривать как ценное экологически чистое сырье для пищевой, фармацев-

Школьникова Марина Николаевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии, профессор кафедры технологии питания, e-mail: shkolnikova.m.n@mail.ru

Рожнов Евгений Дмитриевич – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии, e-mail: red@bti.secna.ru

Баташов Евгений Сергеевич – кандидат биологических наук, руководитель центра по развитию, e-mail: batashov.e@altayvitamin.ru

тической и косметической отраслей промышленности ввиду того, что дикорастущие заросли кустарников неприхотливые, морозоустойчивые, дающие стабильные урожаи и не требующих особых трудовых затрат (за исключением сбора). Однако область их практического применения ограничена получением облепихового масла (до 95% собранного урожая) и в меньшей степени производством концентрированного сока [16].

Таблица 1. Характеристика интенсивных сортов облепихи сибирской селекции (составлена авторами по [11–15])

Название сорта	Урожайность, т/га	Средняя масса 100 ягод, г	Окраска плодов	Вкус	Масличность, %	Основное назначение сорта
Районированные в Алтайском крае						
Чуйская	12.9–16.7	70.0–90.0	Оранжевая	Сладко-кислый	6.2	Универсальный
Аурелия	12.8–16.0	100.0–110.0	Желто-оранжевая	Кислый	6.0	Технический
Афина	11.0–21.3	110.0–140.0	Красно-оранжевая	Сладко-кислый	4.8	Десертный
Иня	12.9–16.2	70.0–79.0	Оранжево-красный	Кисло-сладкий	4.3	Технический
Эссель	12.7–14.0	80.0–100.0	Красно-оранжевая	Сладкий	6.0	Десертный
Районированные в Бурятии						
Баян-Гол	12.0–14.0	60.0	Ярко-оранжевая с красным румянцем на концах	Кисло-сладкий	5.6	Десертный
Заря Дабат	9.4–11.2	60.0	Ярко-оранжевая	Кисло-сладкий	До 7.0	Универсальный
Памяти Захаровой	9.6–11.6	60.0	Оранжево-красная	Кисло-сладкий	5.9	Универсальный
Сократовская	9.0–11.0	60.0–80.0	Красно-оранжевая	Кисло-сладкий	5.0	Универсальный
Тасхановская	10.0–12.0	60.0	Темно-оранжевая с румянцем на концах	Кислый	4.9	Универсальный

Кроме плодов возможно использование молодых побегов облепихи для получения аллантаина, используемого в косметической промышленности [17], алкалоида гиппофаина (аналог серотонина), дубильных веществ и др. Все вышеизложенное дает основание утверждать, что в сложившейся экономической и политической ситуации актуален вопрос глубокой переработки плодового сырья, и большинство участников российского рынка уже ощущают необходимость внедрения технологий его рационального использования.

Что касается промышленной реализации технологий комплексной переработки плодов облепихи, то можно выделить следующие основные направления:

- получение облепихового масла и масляных экстрактов из плодов налажено на предприятиях: «Сибирская Империя Масел» (Новосибирск), АО «Алтайвитамины», «Здоровая Семья Сибирь» (Бийск), ООО «Алтай-Занддорн», НПФ «Алтайский Букет» (Барнаул), ООО «ЭКО-СИБИРЬ» (Иркутск), ССППК «Энергия жизни» (Улан-Удэ) и др.;

- производство сока прямым отжимом и сокосодержащих напитков, например: «Сок прямого отжима Облепиховый» (АО «Алтайвитамины», Бийск); нектары на основе облепихового сока прямого отжима (ПК «САВА», Томск); сок облепиховый и нектары (ООО «Алсу» ТМ «AVEO», Барнаул) и т.д.;

- получение сухих и густых экстрактов: ООО «КИТ плюс» (Бийск), ООО «Вистерра» (с. Алтайское), в том числе CO₂-экстракты ООО «АлтайПлод» (Бийск) и др.;

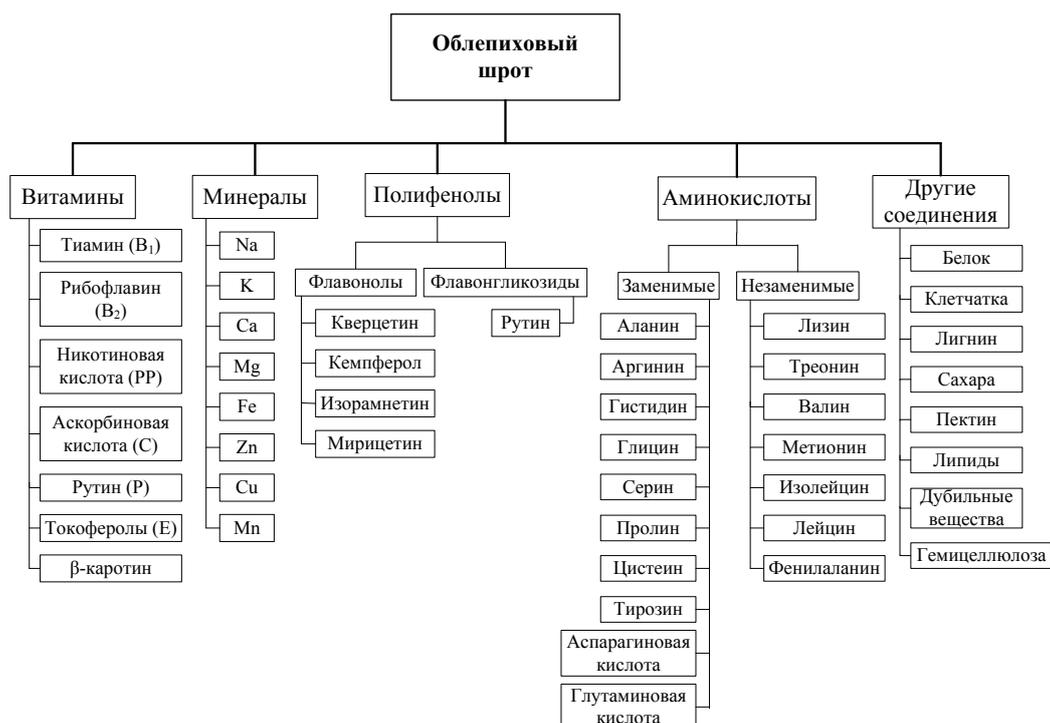
- дальнейшее использование экстрактов и концентратов в производстве продуктов питания, в том числе мороженого, молочных продуктов, кулинарных изделий, киселей, чайных напитков и т.д. [18–22].

Одним из крупнотоннажных отходов промышленной переработки плодов облепихи является шрот. В Алтайском крае его объем составляет порядка 200 тонн ежегодно. Обобщенный химический состав шрота представлен на рисунке, из которого следует, что наряду с минеральными веществами в шроте остается ряд природных антиоксидантов – каротиноиды, токоферолы, аскорбиновая кислота и флавоноиды, которые обуславливают его достаточную биологическую ценность и значимость для глубокой переработки.

Вместе с тем, несмотря на высокую биологическую ценность, практически отсутствует промышленная переработка остающегося в значительных объемах шрота – до 22–26%, что обусловило цель настоящего исследования – разработка технологии глубокой переработки обезжиренного облепихового шрота с получением комплекса биофлавоноидов с доказанным составом и предложением возможных направлений использования.

Экспериментальная часть

Объектом исследования, проводимого в период с 2019 по 2021 г., является обезжиренный шрот плодов облепихи крушиновидной *Hippophae rhamnoides* L., собранных на территории Алтайского края. Шрот получен традиционным способом после экстракции из плодов облепихи сока и масла диффузионным методом. Образцы шрота с массовой долей экстрактивных веществ порядка 19.0% высушивали воздушно-теновым способом до остаточной влажности не более 8.0% и использовали для экспериментальных исследований в течение календарного года.



Химический состав облепихового шрота (составлено авторами)

Метод выделения фенольных веществ из обезжиренного облепихового шрота включает экстракцию сырья этиловым спиртом концентрацией от 86 до 96% в аппарате Сокслета, концентрирование и промывку вязкой сиропообразной массы вакуум-концентрата водой в соотношении 1 : 3. В результате происходит растворение гидрофильных балластных веществ, в том числе остаточного содержания углеводов, что затем обеспечивает образование кристаллического осадка комплекса биофлавоноидов, который отфильтровывают и высушивают.

Определение массовой доли экстрактивных веществ проводили по ГОСТ 24027.2-80; массовой доли влаги термогравиметрическим методом – высушиванием пробы до постоянной массы – по ГОСТ 33977-2016; массовой доли органических кислот титрованием по ГОСТ ISO 750-2013; массовой доли пектиновых веществ кальций пектатным методом по [23]; фенольных соединений – фотометрическим методом с использованием двухлучевого сканирующего спектрофотометра *Shimadzu UV-1800* (Япония) с использованием реактива Фолина-Чокальтеу по [24]; массовой концентрации сахаров – классическим химическим методом Бертрана по ГОСТ 13192-73. Индивидуальные вещества комплекса биофлавоноидов идентифицировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе «*Waters 2695 Alliance*» (США) в условиях, предложенных в [25], с последующей компьютерной обработкой результатов.

Обсуждение результатов

Благодаря содержанию значительного количества биологически активных веществ, известной физиологической активности и терапевтическому потенциалу [26], а также стабильному химическому составу и доступности большую часть года [6], облепиховый шрот имеет широкие перспективы использования в пищевой, фармацевтической и смежных отраслях промышленности.

В таблице 2 представлен усредненный состав образцов обезжиренного шрота, полученных в период с 2019 по 2021 г. экстракцией «жирного» масла из плодов облепихи и высушенных до влажности $5.1 \pm 0.1\%$.

В эксперименте установлено, что образцы шрота содержат достаточное количество экстрактивных веществ, в составе которых органические кислоты, сахара и другие БАВ, в частности пектиновые и полифенольные вещества.

Флавоноиды являются многочисленной группой природных полифенольных соединений, играющих важную роль в поддержании здоровья человека, а их высокая биологическая активность – антиоксидантная, противовоспалительная, нейропротекторная, антиканцерогенная и др. – доказана не только *in vitro*, но и *in vivo* [27].

Задачей биоконверсии вторичных сырьевых ресурсов является разработка эффективного способа получения комплекса биофлавоноидов из обезжиренного облепихового шрота при сохранении нативной структуры БАВ. При этом основной стадией процесса является экстракция комплекса биофлавоноидов этиловым спиртом. Согласно традиционному способу экстракции (вариант 1) максимальное извлечение фенольных соединений из обезжиренного облепихового шрота достигается минимальным количеством растворителя, объем которого ограничивается лишь размером патрона экстрактора. Выход целевого продукта составил $3.00 \pm 0.05\%$.

Для интенсификации технологического процесса рассмотрен ферментолитический процесс препаратами целлюлолитического действия *Ultraflo XL* (мультиактивный препарат β -глюкоказы, ксиланазы и целлюлазы; производитель: *Novozymes A/S*, Дания) и *Brew Zyme BGX* (целлюлаза; производитель: *Polfa Tarchomin Pharmaceutical Works S.A.*, Польша) в дозировках 0.05% к массе сырья в соотношении препаратов 1 : 1 (вариант 2), предложенный в [28] и ультразвуковое воздействие частотой 22 ± 1.65 кГц и интенсивностью от 10 Вт/см² на стадии экстракции ферментированного облепихового шрота 70%-ым этиловым спиртом (гидромодуль 1 : 10) при 50 °С в течение 15 мин (вариант 3). Выход целевого продукта составил $3.35 \pm 0.05\%$ и $3.80 \pm 0.10\%$ соответственно. Комплекс биофлавоноидов получен в виде порошка желтого цвета, подлинность которого подтверждена методом Фолина-Чокальтеу, основными компонентами по результатам ВЭЖХ-анализа являются флавонолы – кверцетин, кемпферол, изорамнетин и гликозид кверцетина – рутин. Использование факторов интенсификации позволяет сократить продолжительность процесса с 1.5 ч до 15 мин при увеличении выхода биофлавоноидов на 27%, без существенного изменения химического состава (табл. 3).

Аппаратурно-технологическая схема биокаталитической технологии утилизации облепихового шрота со спецификацией оборудования и указанием технологических потоков представлена в электронном приложении к статье.

При масштабировании биокаталитической технологии утилизации облепихового шрота выход комплекса биофлавоноидов составил 3.12%, эффективность процесса по сравнению с лабораторной стадией составила 91.7%. Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенную технологию для промышленного использования на предприятиях по переработке плодов облепихи большой мощности.

Названные флавонолы являются основным действующим веществом широкого перечня лекарственных препаратов различной фармакологической направленности: «Аскорутин», «Троксевазин», «Флаботон», «Троксевенол», «Кверцетин», «Капилар», «Квертин», «Антистакс» и др. и БАД к пище, за исключением *Isorhamentin*, терапевтическая эффективность которого доказана *in vivo* при лечении тяжелых сосудистых воспалительных заболеваний, таких как сепсис или септический шок, а также БАД к пище и функциональных пищевых ингредиентов [29].

Согласно предварительным проведенным исследованиям, из 1 т облепихового шрота можно получить до 40 кг концентрата биофлавоноидов в виде порошка влажностью 5–6%.

Стоимость индивидуальных флавонолов на мировом рынке, в \$ США/кг по курсу 2021 г.: кемпферол – 1500 (*Xi'an Xiaocao Botanical Development Co., Ltd.*, Китай); рутин – 130 (*Sichuan Guangsong Pharmaceutical Co.*, Китай); кверцетин – 100 (*Henan FoTei Biological Technology Co., Ltd.*, Китай); изорамнетин – 1500 (при реализации лишь в малой фасовке – 20 мг стоимостью 3–7 \$, *Huilin Bio-Tech Co.*, Китай).

Мониторинг сайтов изготовителей и импортеров фармацевтических субстанций, БАД к пище и функциональных пищевых ингредиентов показал, что основное товарное предложение индивидуальных флавонолов идет из Китая: «*Shaanxi Nhk Technology Co., Ltd.*», «*Fzbiotech*», «*Guanao Biotech Co., Ltd.*», «*Ceres Biotch*» и др. стоимостью от 30 до 600 долларов США за 1 кг (<https://russian.alibaba.com/g/natural-kaempferol-powder.html>). Однако смущает тот факт, что, позиционируя индивидуальные флавонолы как фармацевтические субстанции (что подразумевает содержание чистого вещества 99.9%), в спецификации указано содержание флавоноидов, например, *Isorhamentin* – не менее 95%, *Kaempferol* – не менее 98%, *Quercetin* – не менее 95% (<http://m.ru.gmp-factory.com/herbal-medicine/anti-tumor/kaempferol.html>; <http://ru.fzbiotech.com/high-quality-quercetin-powder-best-price>). К сожалению, подобных субстанций российского производства на фармацевтическом рынке не представлено. Предварительный расчет себестоимости комплекса биофлавоноидов по предложенному способу с учетом производственных затрат составил порядка 22.3 тыс. руб./кг (в ценах 2021 г.).

Подтвержденный экспериментальными исследованиями состав и возможность промышленной переработки в активные фармацевтические субстанции с приемлемым выходом позволили авторам предложить направления использования биофлавоноидов облепихового шрота в соответствии с их физиологической активностью (табл. 4).

Таблица 2. Химический состав облепихового шрота, % ($n=3$, $M\pm m$)

М. д. экстрактивных веществ	М. д. органических кислот, в пересчете на яблочную	М. к. сахаров	М. д. пектиновых веществ (протопектин)	М. д. фенольных соединений, в пересчете на рутин
19.0±0.5	3.2±0.4	4.6±0.1	1.35±0.04	3.8±0.1

Таблица 3. Выход и химический состав комплекса биофлавоноидов обезжиренного облепихового шрота

Наименование показателя	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2	Вариант 3
Выход, %	3.00±0.05	3.35±0.05	3.80±0.10
Содержание в составе комплекса биофлавоноидов, %			
Рутин	18.35	17.82	17.06
Кверцетин	31.17	31.70	32.46
Кемпферол	2.29	2.16	2.13
Изорамнетин	48.19	48.32	48.35

Таблица 4. Физиологическое действие флавонолов обезжиренного облепихового шрота (составлено авторами)

Физиологическое действие	Рутин	Кверцетин	Кемпферол	Изорамнетин
Антиоксидантное	+	+	+	+
Антимутагенное	+	+		
Антиканцерогенное		+		+
Антиаллергическое		+	+	
Антисклеротическое	+	+		
Антибактериальное	+	+		+
Желчегонное	+	+	+	
Противовоспалительное	+	+	+	+
Противоопухолевое	+	+		+
Противоязвенное	+	+		
Спазмолитическое	+	+	+	+
Седативное	+	+		
Гиполипидемическая		+	+	
Капилляроукрепляющее	+	+	+	+

Как следует из приведенной таблицы, флавоноиды облепихи обладают разнообразным физиологическим действием на организм человека. При этом для всех четырех мажорных флавоноидов облепихового шрота выявлено наличие антиоксидантного, противовоспалительного, спазмолитического и капилляроукрепляющего действия. В связи с этим биофлавоноиды облепихового шрота могут быть рекомендованы в фармацевтической промышленности в чистом виде (после разделения комплекса на индивидуальные соединения) как действующее вещество лекарственных препаратов и БАД к пище, так и в качестве сырья для синтеза производных с повышенной физиологической активностью.

Выводы

Таким образом, разработанная технология глубокой переработки многотоннажного отхода – обезжиренного облепихового шрота в комплекс биофлавоноидов с доказанным составом индивидуальных веществ, обладающих биологической активностью, позволит частично решить проблему рационального использования облепихи крушиновидной в Сибирском регионе РФ.

Список литературы

1. Koshelev Yu.A., Ageeva L.D., Batashov E.S., Sevodin V.P., Rozhnov E.D., Kuleshova N.I. Sea Buckthorn. Biysk, 2015. 401 p.
2. Аверьянова Е.В. Биологическая ценность облепихи как основа ее комплексной безотходной переработки // Современная наука и инновации. 2018. №3. С. 104–111.
3. Zakynthinos G., Varzakas T., Petsios D. Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides*) Lipids and their Functionality on Health Aspects // Current Research in Nutrition and Food Science. 2016. Vol. 4. Pp. 182–194. DOI: 10.12944/CRNFSJ.4.3.04.
4. Ivanisova E., Blaskova M., Terentjeva M. et al. Biological properties of Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) derived products // Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria. 2020. Vol. 19. Pp. 195–205. DOI: 10.17306/J.AFS.2020.0809.
5. Vilas-Franquesa A., Saldo J., Juan B. Potential of sea buckthorn-based ingredients for the food and feed industry – a review // Food Production, Processing and Nutrition. 2020. Vol. 2. Pp. 2–17. DOI: 10.1186/s43014-020-00032-y.

6. Богомолова Н.И., Лупин М.В. Уровень биологического потенциала продуктивности облепихи крушиновидной в естественных и промышленных насаждениях России // Вестник аграрной науки. 2021. Т. 93. №6. С. 62–67. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.6.62.
7. Фролова О. Облепиха против пустыни Гоби: уникальный проект Монголии. 2018. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/11260-oblepiha-protiv-pustyni-gobi-unikalnyy-proekt-mongolii>.
8. Ширипнимбуева Б.Ц. Облепиха в Прибайкалье // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2014. Т. 10. №2. С. 38–42.
9. Пантелеева Е.И. Облепиха крушиновая (*Hippophae rhamnoides* L.). Барнаул, 2006. 249 с.
10. The Annual Report of International Seabuckthorn Development For the Year of 2019. International Seabuckthorn Association (ISA), 2020. 109 p.
11. Помология. Сибирские сорта плодовых и ягодных культур XX столетия / под ред. И.П. Калининой. Новосибирск, 2005. 568 с.
12. Зубарев Ю.А., Гунин А.В., Пантелеева Е.И., Воробьева А.В. Новые крупноплодные сорта облепихи алтайской селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. Т. 188. №6. С. 42–49.
13. Ширипнимбуева Б.Ц., Мяханова Н.Т., Будаева Н.А. Интенсивные сорта облепихи бурятской селекции // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2014. Т. 11. №3. С. 60–64.
14. Земцова А.Я., Зубарев Ю.А., Гунин А.В. Оценка сортообразцов облепихи разного экологогеографического происхождения по биохимическому составу плодов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. №9. С. 48–52.
15. Рудая М.А. Сравнительная фармакогностическое изучение подов облепихи крушиновидной различных сортов: дис. ... канд. фарм. наук. Воронеж, 2021. 277 с.
16. Аверьянова Е.В. Биологическая ценность облепихи как основа ее комплексной безотходной переработки // Современная наука и инновации. 2018. Т. 23. №3. С. 129–139.
17. Мезерова О.Я., Мёрзель Й.-Т., Воронцов С.А., Воронцов П.А. Оценка биопотенциала дикорастущей облепихи и перспектив ее комплексного использования // Вестник Международной академии холода. 2020. №3. С. 44–51. DOI: 10.17586/1606-4313-2020-19-3-44-51.
18. Бобченко В.И., Текутьева Л.А., Павлова Ж.П. и др. Влияние продуктов переработки плодов облепихи на формирование свойств молочной основы мороженого // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. Т. 329. №5–6. С. 60–62.
19. Остроумов Л.А., Царегородцева С.Р., Просеков А.Ю. Технология переработки черной смородины и облепихи с целью их использования в комбинированных молочных продуктах // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2001. №5–6. С. 40–42.
20. Патент №2216976 (РФ). Способ производства йогурта с облепихой / М.П. Могильный, А.Б. Бижев. – 2003.
21. Дудикова Г.Н., Чижая А.В. Функциональные кисломолочные напитки с экстрактами черной смородины и облепихи // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. №1. С. 59–64.
22. Кольтюгина О.В., Филимонова Е.Ю., Щетинин М.П. Получение и использование сухих плодов облепихи в качестве комбинированной пищевой добавки // Ползуновский альманах. 2005. №1. С. 41–49.
23. Аверьянова Е.В., Школьникова М.Н. Пектин: методы выделения и свойства: методические указания. Бийск, 2015. 44 с.
24. Granato D., Shahidi F., Wrolstad R., Kilmartin P., Melton L.D., Hidalgo F.J., Finglas P. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: should we ban in vitro screening methods // Food Chemistry. 2018. Vol. 264. Pp. 471–475. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.012.
25. Гриценко А.И., Сенченко С.П., Попова О.И. Использование метода ВЭЖХ для изучения фенольных соединений листьев скумпии кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.) // Фундаментальные исследования. 2015. №2-9. С. 1907–1910.
26. Патент №2394587 (РФ). Средство, обладающее гипохолестеринимическим, гиполипидемическим и желчегонным действием / С.А. Попов, Э.Т. Оганесян, А.Ю. Терехов, И.А. Колесникова, Г.И. Щукин, С.А. Шевцов, М.М. Митасов. – 2010.
27. Макарова М.Н., Макаров В.Г. Молекулярная биология флавоноидов (химия, биохимия, фармакология): руководство для врачей. СПб., 2010. 428 с.
28. Патент №2711728 (РФ). Способ получения комплекса биофлавоноидов из обезжиренного облепихового шрота / Е.В. Аверьянова, М.Н. Школьникова, А.В. Малахова, Е.Д. Рожнов. – 2020.
29. Kim T.H., Ku S.-K., Bae J.-S. Anti-inflammatory activities of isorhamnetin-3-O-galactoside against HMGB1-induced inflammatory responses in both HU-VECs and CLP-induced septic mice // Journal of Cellular Biochemistry. 2012. Vol. 114. Pp. 336–345. DOI: 10.1002/jcb.24361.

Поступила в редакцию 18 сентября 2022 г.

После переработки 19 ноября 2022 г.

Принята к публикации 23 ноября 2022 г.

Для цитирования: Аверьянова Е.В., Школьникова М.Н., Рожнов Е.Д., Баташов Е.С. Биоконверсия облепихового шрота в активные фармацевтические субстанции // Химия растительного сырья. 2023. №1. С. 297–305. DOI: 10.14258/jcrpm.20230111884.

Averyanova E.V.^{1*}, Shkolnikova M.N.^{1,2}, Rozhnov E.D.¹, Batashov E.S.³ BIOCONVERSION OF SEA BUCKTHORN MEAL INTO PHYSIOLOGICALLY ACTIVE INGREDIENTS

¹ Biysk Technological Institute – branch of the Altai State Technical University I.I. Polzunov, ul. Trofimova, 27, Biysk, 659305 (Russia), e-mail: averianova.ev@bti.secna.ru

² Ural State University of Economics, ul. March 8/Narodnaya Volya, 62/45, Yekaterinburg, 620144 (Russia)

³ JSC "Altaivitaminy", ul. Zavodskaya, 69, Biysk, 659325 (Russia)

This article shows the main directions of industrial processing of sea buckthorn fruits: obtaining oil and oil extracts, juice and its concentrates, dry and thick extracts. The article presents information about sea buckthorn, which grows throughout the Siberian region and is an insurance raw material for the region's economy. A description of the properties of this shrub depending on the geographical location and soil and climatic conditions is given, which served as the basis for compiling the characteristics of intensive varieties of Siberian sea buckthorn and considering the directions of processing depending on the composition. It has been established that a large-tonnage waste - defatted meal containing a significant amount of biologically active substances, is not subjected to deep processing, having a good industrial potential. The chemical composition of the sea buckthorn meal of the Altai selection, the extractive substances of which contain organic acids, sugars, vitamins, phenolic, pectin and mineral substances, has been studied. The role of bioflavonoids as the largest group of natural phenolic substances for maintaining human health is noted in view of their high and multidirectional biological activity. The aim of the work was to find an effective way to utilize defatted sea buckthorn meal into a complex of phenolic substances with the possibility of implementation in the conditions of industrial production in Siberia. It has been established in the experiment that the intensification of the technological process for obtaining a complex of bioflavonoids using enzymatic lysis of raw materials and ultrasonic treatment at the stage of extraction of fermented sea buckthorn meal makes it possible to reduce the extraction time from 1.5 h to 15 min with an increase in the yield of the target product by 27%. The possibility of industrial application of the developed technology is determined, the cost price of the complex of bioflavonoids is predicted. Directions for the use of individual flavonoids, which are part of the complex, as physiologically active ingredients have been established. It is shown that the application of the developed technology is possible not only in Siberia, but also in those regions of the Russian Federation where there are industrial plantations and natural thickets of sea buckthorn bushes.

Keywords: sea buckthorn meal, bioconversion, complex of bioflavonoids, physiologically active ingredients.

References

1. Koshelev Yu.A., Ageeva L.D., Batashov E.S., Sevodin V.P., Rozhnov E.D., Kuleshova N.I. *Sea Buckthorn*. Biysk, 2015, 401 p.
2. Aver'yanova Ye.V. *Sovremennaya nauka i innovatsii*, 2018, no. 3, pp. 104–111. (in Russ.).
3. Zakynthinos G., Varzakas T., Petsios D. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 2016, vol. 4, pp. 182–194. DOI: 10.12944/CRNFSJ.4.3.04.
4. Ivanisova E., Blaskova M., Terentjeva M. et al. *Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria*, 2020, vol. 19, pp. 195–205. DOI: 10.17306/J.AFS.2020.0809.
5. Vilas-Franquesa A., Saldo J., Juan B. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2020, vol. 2, pp. 2–17. DOI: 10.1186/s43014-020-00032-y.
6. Bogomolova N.I., Lupin M.V. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2021, vol. 93, no. 6, pp. 62–67. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.6.62. (in Russ.).
7. Frolova O. *Oblepikha protiv pustyni Gobi: unikal'nyy proyekt Mongolii*. [Sea buckthorn against the Gobi desert: a unique project in Mongolia]. 2018. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/11260-oblepiha-protiv-pustyni-gobi-unikalnyy-proekt-mongolii>. (in Russ.).
8. Shiripnimbuyeva B.Ts. *Sovremennoye sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 2014, vol. 10, no. 2, pp. 38–42. (in Russ.).
9. Panteleyeva Ye.I. *Oblepikha krushinovaya (Hippophae rhamnoides L.)*. [Buckthorn sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.)]. Barnaul, 2006, 249 p. (in Russ.).
10. *The Annual Report of International Seabuckthorn Development For the Year of 2019*. International Seabuckthorn Association (ISA), 2020, 109 p.
11. *Pomologiya. Sibirskiyeh sorta plodovykh i yagodnykh kul'tur XX stoletiya* [Pomology. Siberian varieties of fruit and berry crops of the XX century], ed. I.P. Kalinina. Novosibirsk, 2005, 568 p. (in Russ.).
12. Zubarev Yu.A., Gunin A.V., Panteleyeva Ye.I., Vorob'yeva A.V. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, vol. 188, no. 6, pp. 42–49. (in Russ.).
13. Shiripnimbuyeva B.Ts., Myakhanova N.T., Budayeva N.A. *Sovremennoye sadovodstvo – Contemporary horticulture*, 2014, vol. 11, no. 3, pp. 60–64. (in Russ.).
14. Zemtsova A.Ya., Zubarev Yu.A., Gunin A.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, vol. 30, no. 9, pp. 48–52. (in Russ.).
15. Rudaya M.A. *Sravnitel'naya farmakognosticheskoye izucheniye podov oblepikhi krushinovidnoy razlichnykh sortov: dis. ...kand. farm. nauk*. [Comparative pharmacognostic study of the hearths of sea buckthorn of various varieties: dis. ...cand. farm. Sciences]. Voronezh, 2021, 277 p. (in Russ.).
16. Aver'yanova Ye.V. *Sovremennaya nauka i innovatsii*, 2018, vol. 23, no. 3, pp. 129–139. (in Russ.).
17. Mezenova O.Ya., Morzel' Y.-T., Vorontsov S.A., Vorontsov P.A. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*, 2020, no. 3, pp. 44–51. DOI: 10.17586/1606-4313-2020-19-3-44-51. (in Russ.).

* Corresponding author.

18. Bobchenko V.I., Tekut'yeva L.A., Pavlova Zh.P. i dr. *Izvestiya Vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*, 2012, vol. 329, no. 5–6, pp. 60–62. (in Russ.).
19. Ostroumov L.A., Tsaregorodtseva S.R., Prosekov A.Yu. *Izvestiya Vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*, 2001, no. 5–6, pp. 40–42. (in Russ.).
20. Patent 2216976 (RU). 2003. (in Russ.).
21. Dudikova G.N., Chizhayeva A.V. *Ratsional'noye pitaniye, pishchevye dobavki i biostimulyatory*, 2016, no. 1, pp. 59–64. (in Russ.).
22. Kol'tyugina O.V., Filimonova Ye.Yu., Shchetinin M.P. *Polzunovskiy al'manakh*, 2005, no. 1, pp. 41–49. (in Russ.).
23. Aver'yanova Ye.V., Shkol'nikova M.N. *Pektin: metody vydeleniya i svoystva: metodicheskiye ukazaniya*. [Pectin: isolation methods and properties: guidelines]. Biysk, 2015, 44 p. (in Russ.).
24. Granato D., Shahidi F., Wrolstad R., Kilmartin P., Melton L.D., Hidalgo F.J., Finglas P. *Food Chemistry*, 2018, vol. 264, pp. 471–475. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.012.
25. Gritsenko A.I., Senchenko S.P., Popova O.I. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2015, no. 2-9, pp. 1907–1910. (in Russ.).
26. Patent 2394587 (RU). 2010. (in Russ.).
27. Makarova M.N., Makarov V.G. *Molekulyarnaya biologiya flavonoidov (khimiya, biokhimiya, farmakologiya): rukovodstvo dlya vrachey*. [Molecular biology of flavonoids (chemistry, biochemistry, pharmacology): a guide for physicians]. St. Petersburg, 2010, 428 p. (in Russ.).
28. Patent 2711728 (RU). 2020. (in Russ.).
29. Kim T.H., Ku S.-K., Bae J.-S. *Journal of Cellular Biochemistry*, 2012, vol. 114, pp. 336–345. DOI: 10.1002/jcb.24361.

Received September 18, 2022

Revised November 19, 2022

Accepted November 23, 2022

For citing: Averyanova E.V., Shkolnikova M.N., Rozhnov E.D., Batashov E.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 1, pp. 297–305. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230111884.

