

УДК 634.18

ВЛИЯНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЫХОД БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ *SORBUS AUCUPARIA*

© *Е.Н. Соколова**, *Т.В. Юраскина*, *Ю.А. Борщева*, *Н.А. Фурсова*, *А.Ю. Шариков*, *Е.М. Серб*

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 46, Москва, 111033 (Россия), e-mail: elenani Sokolova@inbox.ru

В настоящее время рацион практически всех групп населения России характеризуется дефицитом витаминов, незаменимых аминокислот, макро- и микронутриентов, а также биологически активных веществ (флавоноидов, каротиноидов и т.д.). Восполнение недостатка данных компонентов в рационе питания населения за счет натуральных источников растительного происхождения является важной и актуальной задачей здоровьесбережения нации. Рациональное использование натуральных компонентов растительного сырья, содержащих широкий спектр природных биологически активных веществ с применением биокаталитических методов, а также подбор оптимальных условий получения товарных форм ингредиентов позволяет разрабатывать продукты профилактического назначения, оказывающие благотворное влияние на организм человека. Проведены теоретические исследования в области поиска перспективных источников пищевых и биологически активных ингредиентов среди дикорастущих видов растительного сырья. Описаны медико-биологические свойства рябины красной обыкновенной. Исследованы технологические характеристики извлечения биологически активных веществ из сушеного растительного сырья. Так, выявлено, что степень помола сушеных ягод 0.2–0.8 мм, гидромодуль 1 : 10 и время экстрагирования 240 мин наиболее эффективны для выхода экстрактивных веществ. Подобран ферментативный комплекс, позволяющий максимально извлекать биологически ценные компоненты в экстракт. Определены биокаталитические активности ферментных препаратов. Установлено, что наибольший выход декантата выявлен при соотношении ферментов 5.0 ед.ПгС/100 г сырья ФП Полигалактуроназа Г18Х и 50 ед.ЦС/100г сырья ФП Ротезим Г20Х, редуцирующих веществ – при 5.0 ед.ПгС/100 г сырья и 20 ед.ЦС/100 г сырья. Максимальное увеличение фенольных веществ, витамина С и каротиноидов отмечено при соотношении 2.5 ед.ПгС ФП Полигалактуроназа Г18Х и 50 ед.ЦС/100 г сырья ФП Ротезим Г20Х. Исследован аминокислотный состав экстракта и ферментализата плодов рябины обыкновенной с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии. Получаемые ферментализаты содержат целый комплекс биологически активных соединений, в том числе аминокислоты, витамины, каротиноиды, фенольные вещества, что делает их перспективными ингредиентами, используемым при производстве различных пищевых продуктов для повышения их качества, пищевой и биологической ценности, вкусовых достоинств и других потребительских свойств.

Ключевые слова: рябина обыкновенная, ферменты, дикорастущее сырье, биотехнология, пищевые ингредиенты, биологически активные вещества.

НИР по подготовке рукописи проведена за счет субсидии на выполнение Госзадания в рамках Программы научных исследований государственных академий наук на 2019-2021 годы (тема № 0529-2019-0066).

Введение

В настоящее время рацион практически всех групп населения Российской Федерации, в том числе материально обеспеченных, характеризуется недостаточным содержанием витаминов, незаменимых аминокислот, макро- и микронутриентов, а также биологически активных веществ (флавоноидов, каротиноидов и т.д.). Восполнение дефицита данных компонентов в рационе питания населения за счет натуральных источников растительного происхождения является важной задачей по сохранению и укреплению здоровья нации [1–3].

Соколова Елена Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
e-mail: elenani Sokolova@inbox.ru
Юраскина Татьяна Владимировна – инженер-технолог,
e-mail: tata-santetlor@yandex.ru
Борщева Юлия Александровна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
e-mail: juliya borshova@yandex.ru

Окончание на С. 292.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Рациональное использование натуральных компонентов растительного сырья, содержащих широкий спектр природных биологически активных веществ с применением ферментативных систем целевого назначения, а также подбор оптимальных условий получения товарных форм ингредиентов позволит создавать продукты профилактического назначения, оказывающие благотворное влияние на организм человека [4–6].

Проведенные теоретические исследования в области поиска перспективных источников пищевых и биологически активных ингредиентов показали, что за последние 10 лет существенно вырос интерес к дикорастущим плодам и ягодам [7]. Они содержат биологически активные вещества, относящиеся к самым разным группам химических соединений (фенолы, каротиноиды, витамины, антоцианы и т.д.) [8]. Концентрация данных соединений в ряде дикорастущих плодов в разы превышает их содержание в культивируемых плодах и ягодах [9]. Известные свойства дикоросов, используемых в народной медицине, позволяют выпускать фармацевтические препараты для профилактики и терапии ряда заболеваний [10]. В настоящий момент ограниченный прикладной характер для пищевой промышленности носят исследования по использованию свежих дикорастущих плодов и ягод, подвергнутых стандартным видам технологической обработки (наполнители, джемы, начинки для кондитерских изделий). Реже для отрасли предлагаются варианты получения непосредственно ингредиентов, обладающих биологической активностью, для расширенного ассортимента продуктов, в том числе лечебно-профилактического назначения. Для развития данного сегмента необходимы технологии, сохраняющие целостность и активность полезных ингредиентов, а также изыскание способов их концентрирования и очистки. Ферментативная обработка как щадящий способ высвобождения БАВ из сырья, является наиболее приемлемой [11].

Современная нутрициология требует от состава продуктов питания обеспечения не только соответствующей калорийности, но и наличия в них необходимого для здоровья человека комплекса биологически активных веществ (БАВ): витаминов, белка, пищевых волокон (ПВ), органических кислот, микро- и макроэлементов и других ценных нутриентов. Значительная их часть содержится в дикорастущем сырье, в том числе в красной рябине обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) [12–15].

Sorbus aucuparia обладает значительным адаптивным потенциалом (способностью к выживанию, воспроизведению и саморазвитию в меняющихся условиях внешней среды). Плоды рябины обыкновенной являются лекарственным сырьем [16]. В медико-биологических исследованиях [17] фенольных соединений экстракта плодов рябины выявлено, что он эффективно повышает противометастатическую активность циклофосфана при химиотерапии злокачественных опухолей. Изучение элементного состава плодов рябины показало, что они содержат важные биогенные элементы, необходимые для лечения и профилактики заболеваний иммунной и сердечно-сосудистых систем [18]. Желчегонные свойства рябины связаны с сорбиновой кислотой и сорбитом. Сорбит понижает содержание жира в печени и холестерина в крови, эффективен при хроническом запоре, сопровождающемся заболеванием желчных путей [19]. Эти результаты позволяют использовать рябину как перспективное лекарственное сырье для дальнейшего изучения и получения на его основе эффективных лекарственных средств и пищевых добавок. Стандартные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья не могут обеспечить высокую степень их извлечения, недостатками являются также длительность процесса или необходимость использования органических растворителей, что требует их последующей очистки или переработки с особыми условиями безопасности. Альтернативой является экстракция с использованием ферментных препаратов, которая также обеспечивает повышение экологичности технологического процесса.

Экстракция биомолекул из растений с помощью ферментов является потенциальной альтернативой традиционным методам экстракции растворителем и привлекает все больше внимания, поскольку является эффективной, безвредной, устойчивой и экологичной технологией экстракции. Кроме того, методы экстракции с помощью ферментов показали более низкое потребление энергии, высокую скорость экстракции, наибольший выход биологически активных веществ и доступное извлечение при меньшем использовании

Фурсова Наталья Александровна – заведующая лабораторией биотехнологии пекарных дрожжей, e-mail: pekardroj@yandex.ru

Шариков Антон Юрьевич – кандидат технических наук, временно исполняющий обязанности заведующего отделом оборудования, e-mail: charikov@yandex.ru

Серба Елена Михайловна – доктор биологических наук, член корреспондент РАН, заместитель директора по науке, e-mail: serbae@mail.ru

растворителя по сравнению с традиционными методами [20]. Анализ химического состава красной рябины в аспекте содержания основных биополимеров показывает, что основным субстратом для действия гидролитических ферментов являются пектиновые вещества, представленные в виде протопектина и растворимого пектина [12–15]. Кроме

того, в ягодах рябины присутствует белок и полисахариды, входящие в состав их клеточных стенок. Для биокаталитической деструкции ягод с целью максимальной экстракции целесообразно применение ферментов пектолитического, протеолитического и гемицеллюлазного действия.

Цель данной работы – исследование влияния условий биокатализа, времени экспозиции, дозировок ферментных препаратов на выход биологически ценных компонентов из рябины красной обыкновенной.

Экспериментальная часть

Объектами исследований служили плоды сушеной красной рябины *Sorbus aucuparia*, собранные в Московской области, в период полного созревания. Сушку плодов осуществляли при температуре 60 °С до остаточной влажности 10%.

Для проведения исследований использовали следующие ферментные препараты (ФП): Полигалактуроназа – препарат, обладающий преимущественно эндо- и экзо-полигалактуроназной способностью, полученный на основе микромицета *Zygofabospora marxiana*; Ротезим Г20Х – препарат, обладающий комплексом ферментов амилолитического, протеолитического и гемицеллюлазного действия, полученный на основе штамма *Rhizopus awamori*.

Активности β-глюканазы (β-ГКС), ксиланазы (КС), целлюлазы (ЦС) определяли методом Шомоди-Нельсона по количеству редуцирующих сахаров, образовавшихся в процессе гидролиза соответствующего субстрата [21–23]. Протеолитическую активность ферментов (ПС) определяли по степени гидролиза гемоглобина до низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот [24]. Активность глюкоамилазы определяли по степени гидролиза крахмала до глюкозы, амилолитическую – крахмала до декстринов [25]. Полигалактуроназную активность (ПГС) изучали по степени гидролиза пектовой кислоты; пектинэстеразную активность (ПЭС) – по степени гидролиза сложноэфирных связей в молекуле высокометоксилированного пектина с образованием карбоновых кислот и метилового спирта [26].

В таблице 1 представлены результаты определения биокаталитической активности ферментных препаратов, позволяющие составить представление о качественном и количественном составе того или иного комплекса, а также направленности его действия.

Содержание редуцирующих сахаров определяли методом Шомоди-Нельсона [27], растворимых сухих веществ (РСВ) – рефрактометрическим методом [28]. Содержание фенольных веществ определяли спектрофотометрически с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [29], витамина С – титриметрическим методом, основанном на окислении элементарного йода при количественном переводе аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую с образованием йодоводородной кислоты [30], каротиноидов – спектрофотометрическим методом, в пигментном растворе ДМСО при длине волны 501 нм [31]; определение аминокислотного состава проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе KNAUER с детектором Smartline UV Detector 2500 при λ=570 нм (Германия) [32].

Получение ферментоллизатов из плодов рябины красной обыкновенной. Ферментативную обработку сырья проводили по схеме: в стакан с навеской измельченного сушеного сырья в количестве 5.0 г с размером частиц 0.2–0.8 мм помещали в колбу вместимостью 100 см³, затем вносили 50 см³ дистиллированной воды, проводили экстракцию продолжительностью до 240 мин при температуре 50 °С. Далее вносили суспензию ФП в дозировках в соответствии с дизайном эксперимента. Дозирование ферментов осуществляли по полигалактуроназной активности в ФП Полигалактуроназа Г18Х в диапазоне 0.5–5 ед. ПГС/100 г сырья и целлюлолитической активности в ФП Ротезим Г20Х в диапазоне 10–50 ед. ЦС/100 г сырья.

Таблица 1. Характеристика комплексных ферментных препаратов

Показатели активности	Активность фермента, ед/см ³	Метод определения активности
ФП Ротезим Г 20Х		
Глюкоамилазная	2900.0±62.4*	ГОСТ 34440-2018
Амилолитическая	4400.0±62.4*	ГОСТ 34440-2018
Протеолитическая	900.0±81.6*	ГОСТ 34430-2018
Ксиланазная	3600.0±84.9*	ГОСТ Р 55302-2012
Бета-глюканазная	125.0±6.2*	ГОСТ Р 53973-2010
Целлюлолитическая	1100.0±62.4*	ГОСТ Р 55293-2012
ФП Полигалактуроназа Г18Х		
Общая пектолитическая	290.0±10.8*	ГОСТ Р 55298-2012
Полигалактуроназная	310.0±8.1*	ГОСТ Р 55298-2012
Пектинэстеразная	150.0±10.3*	ГОСТ Р 55298-2012

* Значения представлены в виде средних ± стандартное отклонение.

Длительность ферментативной обработки составляла 120 мин в условиях, оптимальных для действия биокатализаторов 50–55 °С, при периодическом перемешивании. Жидкую фракцию отделяли от твердой на центрифуге при 6000 об./мин в течение 10 мин. Полученные ферментоллизаты исследовали на показатели фенольных веществ, витамина С, каротиноидов и выход сока-самотека.

Статистическую обработку экспериментальных данных, полученных в 3 повторностях, осуществляли методами однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа с апостериорным анализом по критерию Тьюки с использованием программы Statistica 6.0. Различия признавались статистически достоверными при $p < 0.5$.

Обсуждение результатов

Многообразию видов растительного сырья для извлечения биологически ценных веществ и технологические особенности каждого из них диктуют необходимость выбора предварительной обработки для максимально возможного использования содержимого растительной клетки в технологии получения натуральных пищевых ингредиентов.

На первом этапе исследований изучали влияние степени помола и длительности процесса экстракции на выход растворимых сухих веществ из растительного сырья (рис. 1).

В соответствии с данными, представленным на рисунке 1, степень измельчения и длительность экстрагирования оказывают значительное влияние на выход растворимых сухих веществ, что, по-видимому, связано со строением клеточной стенки данного вида сырья и особенностями деструкции ягод при измельчении. Установлено, что фракция помола 0.2–0.8 мм значительно более эффективна для выхода экстрактивных веществ. На момент 5 ч водной экстракции выход РСВ был выше на 113% по отношению к фракции более 1.5 мм и на 30.6% фракции менее 0.2 мм. Дальнейшие исследования осуществляли с использованием данной фракции в качестве субстрата. Прирост выхода РСВ от продолжительности процесса в сравнении 30 и 300 мин экстрагирования составил от 29 до 66%, максимальный отмечен для фракции 0.8–1.5 мм, минимальный – для фракции менее 0.2 мм, что свидетельствует о максимально быстром извлечении растворимых веществ из этой фракции. Анализ влияния продолжительности обработки показывает, что для фракции помола 0.2–0.8 мм содержание растворимых веществ на момент времени 240, 270 и 300 мин статистически не различимо, что говорит о возможности ограничения продолжительности экстрагирования 240 мин.

Исследованиями зависимости выхода РСВ от содержания исходного субстрата в растворителе и длительности процесса установлено, что гидромодуль 1 : 10 – соотношение субстрата к воде является наиболее оптимальным и обеспечивает максимум извлечения РСВ на 240 мин экстракции (рис. 2).

Гидромодуль 1 : 5, несмотря на более высокое абсолютное содержание растворимых веществ в пересчете на единицу массы экстрагируемого сырья, обеспечивает выход РСВ на 8.0% меньше, чем гидромодуль 1 : 10. Максимальный удельный выход растворимых сухих веществ отмечен для гидромодуля 1 : 20, на 10% выше относительно 1 : 10. Но соотношение 1 : 20 при экстракции является технологически необоснованными за счет большего количества затраченной энергии и воды в аспекте необходимости дальнейшего концентрирования экстрактивных веществ и утилизации пермеата в случае использования баромембранных процессов.

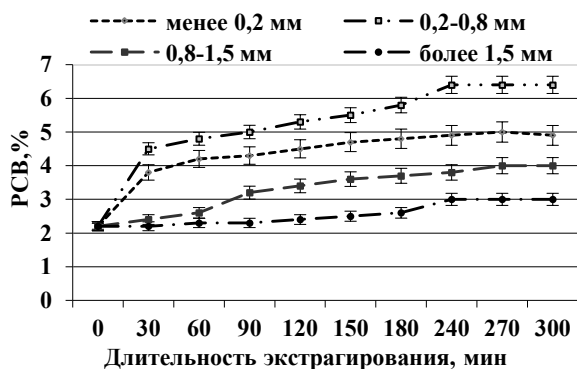


Рис. 1. Влияние степени помола сушеной рябины на выход растворимых сухих веществ

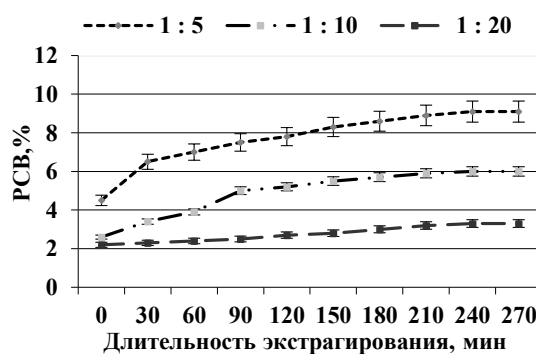


Рис. 2. Влияние гидромодуля и длительности экстрагирования на процесс извлечения растворимых сухих веществ из сушеной рябины

Внесение ферментных препаратов пектолитического и гемицеллюлазного действия позволило увеличить выход экстракта после экспозиции с биокатализатором в течение 240 мин. На рисунке 3 представлена зависимость выхода декантата от дозировок ферментных препаратов по сравнению с контролем без использования ФП в виде линий равного уровня, построенных с использованием программного пакета Statistica 6.0. Анализ данных показывает, что с увеличением дозировок выход декантата растет и достигает максимума при соотношении ферментов 5.0 ед.ПгС/100г сырья ФП Полигалактуроназа Г18Х и 50 ед.ЦС/100г сырья ФП Ротезим Г20Х, что по-видимому связано с деструкцией пектиновых веществ, обладающих свойством коллоидов, препятствующих разрушению и способных к сильному набуханию, при этом выход декантата увеличился на 58.6%. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа отмечена значимость как обоих факторов воздействия, так и значимость эффекта взаимодействия, что говорит о синергетическом действии ФП.

В контрольном варианте без использования ФП было определено следующее содержание биологически активных веществ: фенольные вещества 1140.2 мг/дм³, витамин С – 184.1 мг/100 см³, редуцирующие вещества – 104 мг/см³, каротиноиды – 0.195 мг/см³. На рисунке 4 представлены зависимости изменения биохимических показателей экстрактов при различных соотношениях дозировок ферментных препаратов Ротезим Г 20Х и Полигалактуроназа Г18Х. Максимальное увеличение фенольных веществ, витамина С и каротиноидов отмечено при соотношении 2.5 ед.ПгС ФП Полигалактуроназа Г18Х и 50 ед.ЦС/100г сырья ФП Ротезим Г20Х. Повышение выхода фенольных компонентов отмечено при воздействии данного ферментного комплекса, что подтверждалось и повышением интенсивности окраски ферментолизата. Выход фенольных веществ увеличился на 54.7%, каротиноидов- на 126.2%, витамина С – на 69.1% относительно контроля. Полученные данные убедительно свидетельствуют, что применение данной ферментной системы способствует более глубокой конверсии рябинового сырья, благодаря чему существенно усиливаются экстрактивные свойства растительной ткани, повышается пищевая ценность полученных ферментолизатов и улучшаются их функциональные свойства. Максимальное содержание редуцирующих веществ соответствовало дозировкам 5.0 ед.ПгС и 20 ед.ЦС, при этом увеличение их выхода относительно контроля составило 69.3%.

Проведенный дисперсионный анализ говорит о значимости влияния на изменение содержания фенольных веществ, витамина С, редуцирующих веществ и каротиноидов от обоих факторов и фактора их взаимодействия, что говорит о синергизме действия обоих ферментных препаратов.

Таким образом, использование данных ферментных систем позволяет регулировать процессы деструкции высокомолекулярных полимеров рябинового сырья для направленного выделения биологически активных веществ с целью использования получаемых ингредиентов при моделировании состава продуктов по мажорным компонентам, а следовательно, и по функциональным свойствам.

Исследован аминокислотный состав ферментативных гидролизатов на содержание свободных аминокислот, результаты представлены в таблице 2. Максимальное увеличение содержания аминокислот отмечено для аргинина, аспарагиновой кислоты, аланина, гистидина, глутаминовой кислоты и глицина. Полученные данные подтвердили биологическую ценность полученных ферментолизатов и эффективность биотехнологических способов влияния на растительную ткань.

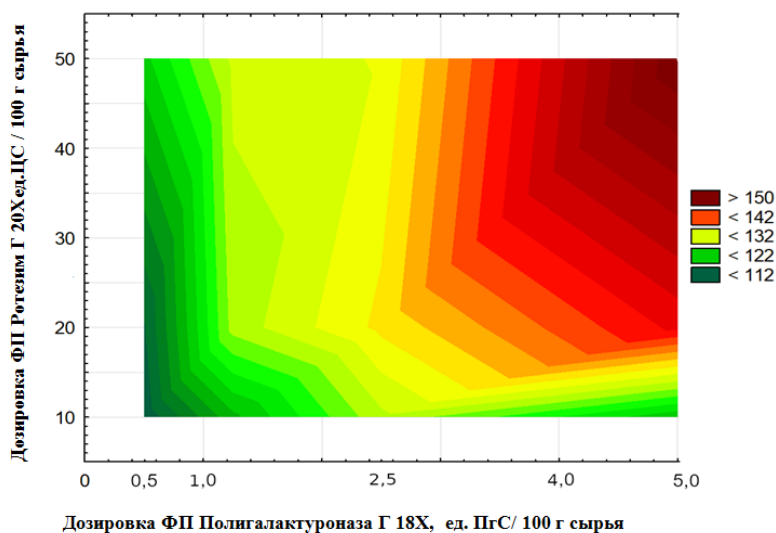


Рис. 3. Влияние дозировок ферментных препаратов на выход декантата, % масс.

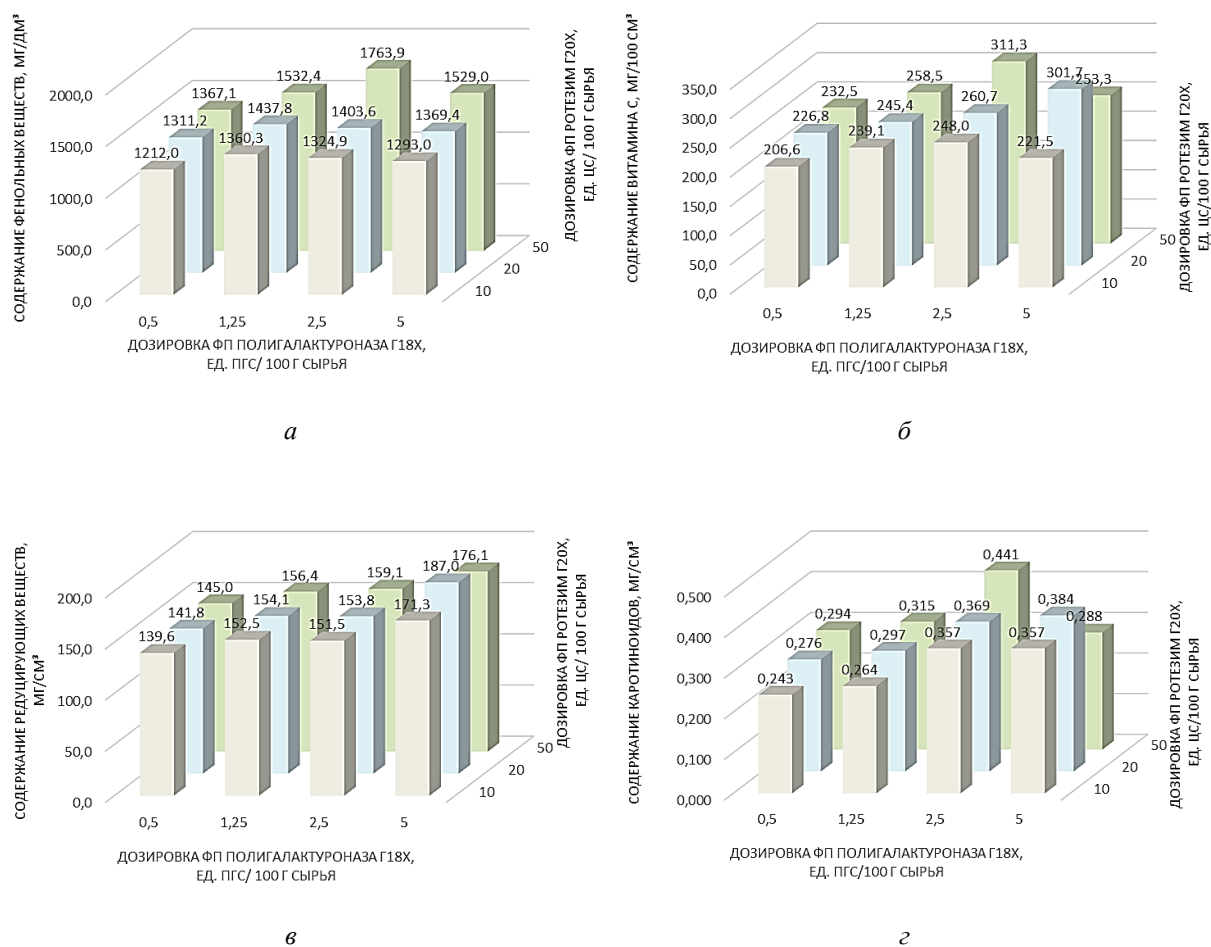


Рис. 4. Влияние дозировок ферментных препаратов на содержание фенольных веществ (а), витамина С (б), редуцирующих веществ (в) и каротиноидов (г)

Таблица 2. Аминокислотный состав исследуемых объектов (в пересчете на а.с.с.)

Аминокислота	Экстракт рябины сушеной красной (<i>Sorbus aucuparia</i>)	Ферментолизат из плодов рябины сушеной красной (<i>Sorbus aucuparia</i>)
Аргинин	0.051	1.49
Лизин	0.037	0.30
Тирозин	0.022	0.13
Фенилаланин	0.041	0.21
Гистидин	0.029	0.42
Лейцин	0.059	0.59
Изолейцин	0.042	0.34
Метионин	0.015	0.03
Валин	0.067	0.41
Пролин	0.06	0.49
Треонин	0.046	0.47
Серин	0.035	0.42
Аланин	0.037	0.57
Глицин	0.108	1.19
Глутаминовая кислота	0.139	1.85
Аспарагиновая кислота	0.064	1.25
ИТОГО	0.425	1.63

Анализ аминокислотного состава показал, что ферментолизат рябины является перспективным источником не только биологически активных веществ, но и незаменимых аминокислот (АК). Комплексное воздействие биокаталитической системы на сырье позволило повысить концентрацию АК в 3.8 раза от контроля.

Выводы

Использование биотехнологических способов экстракции позволяет получать ферментативные гидролизаты рябинового сырья, которые могут быть использованы для расширения ассортимента специализированных пищевых продуктов.

Получены новые экспериментальные данные по биохимическому составу образцов ферментализованного растительного сырья и выявлены следующие закономерности:

– наибольший выход декантата выявлен при соотношении ферментов 5.0 ед.ПгС и 50 ед. ЦС/100 г сырья, редуцирующих углеводов – при 5.0 ед.ПгС и 20 ед. ЦС/100 г сырья. Выход декантата увеличивался на 58.6%, редуцирующих веществ – на 69.3% относительно контрольного варианта;

– максимальное увеличение фенольных веществ, витамина С и каротиноидов отмечено при соотношении 2.5 ед.ПгС и 50 ед.ЦС/100 г сырья. Выход фенольных веществ увеличился на 54.7%, каротиноидов – на 126.2%, витамина С – на 69.1% от контроля. Установлен синергизм действия ФП Ротезим Г 20Х и Полигалактуроназа Г18Х.

Проведены исследования аминокислотного состава плодов рябины обыкновенной с применением метода ВЭЖХ и установлено, что в ферментализате из рябины содержится в 3.8 раза больше АК за счет биотехнологических приемов воздействия на высокомолекулярные полимеры растительного сырья.

Список литературы

1. Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнокова Н.Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. №4 (12). С. 52–57.
2. Коденцова В.М. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86. №4. С. 113–124. DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00067.
3. Салдан И.П. Гигиеническая оценка и комплексный анализ фактического питания населения в условиях технического регулирования пищевой продукции с целью его оптимизации (на примере Алтайского края) // Здоровье населения и среда обитания. 2017. №5 (290). С. 29–31.
4. Фелик С.В. Растительные ингредиенты в продуктах питания // Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». Барнаул, 2019. С. 317–319.
5. Шаповалов К.Н., Пехтерева Н.Т. Разработка биотехнологии получения полуфабрикатов функциональной направленности из винограда местных сортов // Здоровье человека и экологически чистые продукты питания. 2014. С. 382.
6. Пушмина И.Н. Ресурсосберегающая схема переработки ягодного сырья для обогащения пищевых продуктов функциональными ингредиентами // Научные исследования сельскохозяйственному производству. 2018. С. 389–396.
7. Цапалова И.Э., Губина М.Д., Голуб О.В., Позняковский В.М. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность: учебно-справочное пособие. Новосибирск, 2009. 350 с.
8. Щетилина И.П., Попова Н.Н. Растительное сырье как источник физиологически функциональных пищевых ингредиентов: исследование на примере Воронежской области Российской Федерации // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. №7 (67). С. 243–251.
9. Szajdek A., Borowska E. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review // Plant Foods for Human Nutrition. 2008. Vol. 63. N4. Pp. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.
10. Момот Т.В., Кушнерова Н.Ф. Обоснование выбора сырьевых источников из Дальневосточной флоры для получения фармацевтических препаратов // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. №2-1. С. 146–149.
11. Воробьева Е.В., Абрамова И.М., Головачева Н.Е., Морозова С.С., Галлямова Л.П., Шубина Н.А. Влияние ферментативной обработки на процесс производства спиртованных морсов из сушеного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. №2. С. 28–33.
12. Новикова Е.В. Энциклопедия питания. Биологически активные добавки. Т. 5. Справочное издание. М., 2019. 384 с.
13. Гостищев И.А., Дейнека В.И., Анисимович И.П., Третьяков М.Ю., Мясникова П.А., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н. Каротиноиды, хлорогеновые кислоты и другие природные соединения плодов рябины // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. Т. 10. №3 (74). С. 83–92.
14. Овчаренко А.С., Расулова Е.А., Кондакова О.Э., Иванова О.В. Функциональные ингредиенты плодов дикорастущих растений // Пищевая промышленность. 2017. №12. С. 53–57.
15. Нициевская К.Н., Мотовилов О.К. Рябина как ценный источник пищевого сырья // Web of Scholar. 2016. №5. С. 17–19.

16. Shikov A.N., Tsitsillin A.N., Pozaritskaya O.N., Makarov V.G., Heinric M. Traditional and current food use of wild plants listed in the Russian pharmacopoeia // *Frontiers in pharmacology*. 2017. Vol. 8. P. 841. DOI: 10.3389/fphar.2017.00841.
17. Фоменко С.Е. Химический состав и биологическое действие экстракта из плодов рябины // *Химия растительного сырья*. 2015. №2. С. 161–168. DOI: 10.14258/jcrpm.201502571.
18. Федько И.В. Природные микроэлементы для профилактики и лечения туберкулеза легких // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2013. Т. 15. С. 3–6.
19. Стрельцина С.А., Бурмистров Л.А., Никитина Е.В. Питательные и биологически активные вещества плодов рябины (*Sorbus L.*) в условиях Северо-Западной зоны садоводства России // *Аграрная Россия*. 2010. №3. С. 6–23.
20. Puri M., Sharma D., Barrow C.J. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants // *Trends Biotechnol.* 2012. Vol. 30. N1. Pp. 37–44
21. ГОСТ Р 53973-2010. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения бета-глюканазной активности. М., 2011. 16 с.
22. ГОСТ Р 55302-2012. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения ксилазной активности. М., 2013. 19 с.
23. ГОСТ Р 55293-2012. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения целлюлазной активности. М., 2014. 16 с.
24. ГОСТ 34440-2018. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения амилолитической активности. М., 2018. 19 с.
25. ГОСТ 34430-2018. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения протеолитической активности. М., 2018. 15 с.
26. ГОСТ Р 55298-2012. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения пектолитической активности. М., 2014. 25 с.
27. Синицын А.П., Черноглазов В.М., Гусаков А.В. Методы исследования и свойства целлюлолитических ферментов. М., 1990. Т. 25. 152 с.
28. Илларионова Е.А., Сыроватский И.П. Метод рефрактометрии. Применение в фармацевтическом анализе. Учебное пособие. Иркутск, 2017. 52 с.
29. Латыпова Г.М., Романова З.Р., Бубенчикова В.Н., Аюпова Г.В. Исследование качественного и количественного состава флавоноидных соединений густого экстракта первоцвета лекарственного // *Химия растительного сырья*. 2009. №4. С. 113–116.
30. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М., 1989. 11 с.
31. Чечета О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И. Определение каротиноидов в плодах шиповника (*Rosa sp.*) // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2012. №11. С. 19–23.
32. ГОСТ 34230-2017. Продукция соковая. Определение свободных аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М., 2018. 19 с.

Поступила в редакцию 4 марта 2020 г.

После переработки 19 марта 2021 г.

Принята к публикации 9 апреля 2021 г.

Для цитирования: Соколова Е.Н., Юраскина Т.В., Борщева Ю.А., Фурсова Н.А., Шариков А.Ю., Серба Е.М. Влияние биотехнологических факторов на выход биологически активных соединений из *Sorbus aucuparia* // *Химия растительного сырья*. 2021. №3. С. 291–300. DOI: 10.14258/jcrpm.2021037439.

*Sokolova E.N.**, *Yuraskina T.V.*, *Borshcheva Yu.A.*, *Fursova N.A.*, *Sharikov A.Yu.*, *Serba E.M.* INFLUENCE OF BIOTECHNOLOGICAL FACTORS ON THE YIELD OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS FROM *SORBUS AUCUPARIA*

All-Russian Research Institute of Food Biotechnology – branch of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, ul. Samokatnaya, 4b, Moscow, 111033 (Russia), e-mail: elenaniksokolova@inbox.ru

Currently, the diet of almost all population groups in Russia is characterized by a deficiency of vitamins, essential amino acids, macro- and micronutrients, as well as biologically active substances (flavonoids, carotenoids, etc.). Replenishment of the lack of these components in the diet of the population due to natural sources of plant origin is an important and actual task of national health care.

The rational use of natural components of plant materials containing a wide range of natural biologically active substances using biocatalytic methods, as well as the selection of optimal conditions for obtaining commodity forms of ingredients, will allow to create preventive products that have a beneficial effect on the human body. Theoretical research in the field of promising sources of food and biologically active ingredients among wild species of plant materials were carried out. Biomedical properties of *Sorbus aucuparia* were described. The technological characteristics of the biologically active substances extraction from dried plant raw materials was investigated. Thus, it was revealed that the degree of dried berries grinding about 0.2–0.8 mm, the hydromodule 1 : 10 and the extraction duration 240 minutes are most effective for the extractive substances yield. The enzymatic complex, allowing the maximum to release biologically valuable components to extract was selected. The amino acid composition of rowanberry with the use of high-performance liquid chromatography was investigated. Produced fermentalizes contain complex of biologically active compounds, including amino acids, vitamins, carotenoids, phenolic substances, that makes these ingredients promising for creation of various foodstuffs to improve quality, nutritional and biological value, taste and other consumer properties.

Keywords: *Sorbus aucuparia*, rowanberry, enzymes, wild raw materials, plant raw materials, biotechnology, food ingredients, biologically active substances.

References

1. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., Chelnokova N.G. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2016, no. 4 (12), pp. 52–57. (in Russ.).
2. Kodentsova V.M. *Voprosy pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 113–124. DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00067. (in Russ.).
3. Saldan I.P. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya*, 2017, no. 5 (290), pp. 29–31. (in Russ.).
4. Felik S.V. *Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Pishcha. Ekologiya. Kachestvo»*. [Collection of materials of the XVI International Scientific and Practical Conference “Food. Ecology. Quality”]. Barnaul, 2019, pp. 317–319. (in Russ.).
5. Shapovalov K.N., Pekhtereva N.T. *Zdorov'ye cheloveka i ekologicheskii chistyie produkty pitaniya*, 2014, p. 382. (in Russ.).
6. Pushmina I.N. *Nauchnyye issledovaniya sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu*, 2018, pp. 389–396. (in Russ.).
7. Tsapalova I.E., Gubina M.D., Golub O.V., Poznyakovskiy V.M. *Ekspertiza dikorastushchikh plodov, yagod i travyanistykh rasteniy. Kachestvo i bezopasnost': uchebno-spravochnoye posobiye*. [Examination of wild fruits, berries and herbaceous plants. Quality and safety. Study guide]. Novosibirsk, 2009, 350 p. (in Russ.).
8. Shchetilina I.P., Popova N.N. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 2017, no. 7 (67), pp. 243–251. (in Russ.).
9. Szajdek A., Borowska E. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2008, vol. 63, no. 4, pp. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.
10. Momot T.V., Kushnerova N.F. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2016, vol. 18, no. 2-1, pp. 146–149. (in Russ.).
11. Vorob'yeva Ye.V., Abramova I.M., Golovacheva N.Ye., Morozova S.S., Gallyamova L.P., Shubina N.A. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, 2018, no. 2, pp. 28–33. (in Russ.).
12. Novikova Ye.V. *Entsiklopediya pitaniya. Biologicheskii aktivnyye dobavki. T. 5. Spravochnoye izdaniye*. [Encyclopedia of Nutrition. Dietary Supplements. Vol. 5. Reference edition]. Moscow, 2019, 384 p. (in Russ.).
13. Gostishchev I.A., Deyneka V.I., Anisimovich I.P., Tret'yakov M.Yu., Myasnikova P.A., Deyneka L.A., Sorokopudov V.N. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki*, 2010, vol. 10, no. 3 (74), pp. 83–92. (in Russ.).
14. Ovcharenko A.S., Rasulova Ye.A., Kondakova O.E., Ivanova O.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2017, no. 12, pp. 53–57. (in Russ.).
15. Nitsiyevskaya K.N., Motovilov O.K. *Web of Scholar*, 2016, no. 5, pp. 17–19. (in Russ.).
16. Shikov A.N., Tsitsillin A.N., Pozaritskaya O.N., Makarov V.G., Heinric M. *Frontiers in pharmacology*, 2017, vol. 8, p. 841. DOI: 10.3389/fphar.2017.00841.
17. Fomenko S.Ye. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 2, pp. 161–168. DOI: 10.14258/jcprm.201502571. (in Russ.).
18. Fed'ko I.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2013, vol. 15, pp. 3–6. (in Russ.).
19. Strel'tsina S.A., Burmistrov L.A., Nikitina Ye.V. *Agrarnaya Rossiya*, 2010, no. 3, pp. 6–23. (in Russ.).
20. Puri M., Sharma D., Barrow C.J. *Trends Biotechnol.*, 2012, vol. 30, no. 1, pp. 37–44.

* Corresponding author.

21. *GOST R 53973-2010. Fermentnyye preparaty dlya pishchevoy promyshlennosti. Metody opredeleniya beta-glyukanoznoy aktivnosti.* [GOST R 53973-2010. Enzyme preparations for the food industry. Methods for the determination of beta-glucanase activity]. Moscow, 2011, 16 p. (in Russ.).
22. *GOST R 55302-2012. Fermentnyye preparaty dlya pishchevoy promyshlennosti. Metody opredeleniya ksilanaznoy aktivnosti.* [GOST R 55302-2012. Enzyme preparations for the food industry. Methods for determining xylanase activity]. Moscow, 2013, 19 p. (in Russ.).
23. *GOST R 55293-2012. Fermentnyye preparaty dlya pishchevoy promyshlennosti. Metody opredeleniya tsellyulaznoy aktivnosti.* [GOST R 55293-2012. Enzyme preparations for the food industry. Methods for determining cellulase activity]. Moscow, 2014, 16 p. (in Russ.).
24. *GOST 34440-2018. Fermentnyye preparaty dlya pishchevoy promyshlennosti. Metody opredeleniya amiloliticheskoy aktivnosti.* [GOST 34440-2018. Enzyme preparations for the food industry. Methods for the determination of amylolytic activity]. Moscow, 2018, 19 p. (in Russ.).
25. *GOST 34430-2018. Fermentnyye preparaty dlya pishchevoy promyshlennosti. Metody opredeleniya proteoliticheskoy aktivnosti.* [GOST 34430-2018. Enzyme preparations for the food industry. Methods for determining proteolytic activity]. Moscow, 2018, 15 p. (in Russ.).
26. *GOST R 55298-2012. Fermentnyye preparaty dlya pishchevoy promyshlennosti. Metody opredeleniya pektoliticheskoy aktivnosti.* [GOST R 55298-2012. Enzyme preparations for the food industry. Methods for determining pectolytic activity]. Moscow, 2014, 25 p. (in Russ.).
27. Sinitsyn A.P., Chernoglazov V.M., Gusakov A.V. *Metody issledovaniya i svoystva tsellyuloliticheskikh fermentov.* [Research methods and properties of cellulolytic enzymes]. Moscow, 1990, vol. 25, 152 p. (in Russ.).
28. Illarionova Ye.A., Syrovatskiy I.P. *Metod refraktometrii. Primeneniye v farmatsevticheskom analize. Uchebnoye posobiye.* [Refractometry method. Application in pharmaceutical analysis. Tutorial]. Irkutsk, 2017, 52 p. (in Russ.).
29. Latypova G.M., Romanova Z.R., Bubenchikova V.N., Ayupova G.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 4, pp. 113–116. (in Russ.).
30. *GOST 24556-89. Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metody opredeleniya vitamina C.* [GOST 24556-89. By-products of fruits and vegetables. Methods for determining vitamin C]. Moscow, 1989, 11 p. (in Russ.).
31. Checheta O.V., Safonova Ye.F., Slivkin A.I. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2012, no. 11, pp. 19–23. (in Russ.).
32. *GOST 34230-2017. Produktsiya sokovaya. Opredeleniye svobodnykh aminokislot metodom vysokoeffektivnoy zhidkostnoy khromatografii.* [GOST 34230-2017. Juice products. Determination of free amino acids by high performance liquid chromatography]. Moscow, 2018, 19 p. (in Russ.).

Received March 4, 2020

Revised March 19, 2021

Accepted April 9, 2021

For citing: Sokolova E.N., Yuraskina T.V., Borshcheva Yu.A., Fursova N.A., Sharikov A.Yu., Serba E.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 291–300. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021037439.