

УДК 663.351

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФЛАВОНОИДОВ В ФЕРМЕНТОЛИЗАТАХ ЖМЫХА БРУСНИКИ И ЖМЫХА РЯБИНЫ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

© Е.Н. Соколова^{1*}, В.В. Ионов¹, К.И. Эллер², Е.М. Серба¹, И.Б. Перова², Г.С. Волкова¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой
биотехнологии – филиал ФГБУН Федерального исследовательского
центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная,
4Б, Москва, 111033, Россия, elenaniksokolova@inbox.ru

² Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии
и безопасности пищи, Устьинский проезд, 2/14, Москва, 109240, Россия

Одним из наиболее значительных недостатков существующих процессов переработки ягодного жмыха в пищевые ингредиенты является низкая степень извлечения биологически активных веществ. Для увеличения выхода флавоноидов может применяться ферментативная обработка жмыха. В материалах статьи представлены данные по составу сухого ферментолизата жмыха брусники и сухого ферментолизата жмыха рябины черноплодной по количественному и качественному содержанию флавоноидов, полученные методом ВЭЖХ. Комплекс флавоноидов в ферментолизате жмыха брусники представлен 10 веществами, из которых преобладает кверцитрин (кверцетин-3-рамнозид) в количестве 0.033%. Суммарное содержание флавонолов после ферментативной обработки по сравнению с контролем возросло на 16.8%. Количество миорных флавоноидов, к которым относятся изокверцитин и кверцетин-арабинозид, составляет 0.001%. В ферментолизате жмыха рябины черноплодной идентифицировано 6 флавоноидов, в составе флавоноидов преобладает гиперозид, обнаруженный в количестве 0.029%. Данные показывают, что ферментативная обработка жмыха рябины черноплодной позволяет увеличить содержание флавоноидов в ферментолизате на 46.6%. Переработка ягодного жмыха с использованием подобранныго ферментативного комплекса позволяет сохранить флавоноиды ягодного сырья с возможностью создания на основе ферментолизатов продуктов профилактической направленности для массового потребления. Результаты работы могут быть использованы для оценки биологической ценности продуктов питания, в состав которых входят ферментолизаты в качестве рецептурного компонента.

Ключевые слова: ферментативный комплекс, флавоноиды, жмых брусники, жмых рябины черноплодной, пищевой ингредиент.

Для цитирования: Соколова Е.Н., Ионов В.В., Эллер К.И., Серба Е.М., Перова И.Б., Волкова Г.С. Изучение состава флавоноидов в ферментолизатах жмыха брусники и жмыха рябины черноплодной // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 361–368. DOI: 10.14258/jcprm.20240414797.

Введение

Ягодное сырье является перспективным для получения биологически активных веществ, при этом особое внимание уделяется вопросам комплексного использования сырья, включая переработку шротов и жмыхов. Разработка технологий глубокой переработки ягод относится к приоритетным научным направлениям и определяет рациональный подход к переработке природных ресурсов. Одним из наиболее значительных недостатков существующих процессов переработки ягодного жмыха в пищевые ингредиенты является низкая степень извлечения биологически активных веществ [1–8].

Ферментативная обработка ягодного жмыха подобранным ферментным комплексом позволяет существенно увеличить выход биологически активных веществ в ферментолизат. Для обработки жмыха брусники подобрана ферментная система, содержащая целлюлазу, пектиназу, протеазу и липазу [9]. В предыдущих исследованиях показано, что ферментативная обработка жмыха ягодного сырья позволяет увеличить выход флавоноидов в ферментолизат [10–14].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Флавоноиды обладают антиоксидантными и протекторными свойствами и предохраняют продукты от окислительной и микробиологической порчи. При этом несмотря на высокий уровень развития пищевой промышленности, выделять эти соединения и применять в чистом виде пока не представляется возможным. Флавоноиды рассматриваются как миорные компоненты пищи, абсолютно необходимые для обеспечения адаптационного потенциала организма [1, 6, 8, 15–17]. Защитные возможности флавоноидов связывают с их антиоксидантными свойствами – способностью связывать свободные радикалы, подавлять активность оксидаз. Разнообразие химического строения и биологических свойств природных флавоноидов представляет значительный интерес для дальнейшего поиска новых сырьевых источников [10, 18–21].

Среди многих направлений современной пищевой технологии важное место занимает проблема идентификации биологически активных веществ в ягодном сырье и пищевых ингредиентах на их основе [3, 16–19, 22, 23]. Состав сырья по содержанию действующих веществ, обеспечивающих биологическую активность, является наиболее объективной, отвечает современным требованиям и дает возможность достоверно обосновать показатели качества пищевого ингредиента.

Таким образом, изучение состава флавоноидов в ферментолизатах ягодного жмыха является актуальным и позволит решить ряд задач теоретического и практического значения.

Цель данной работы – изучение состава флавоноидов в ферментолизатах жмыха брусники и в ферментолизате жмыха рябины черноплодной с целью обоснования применения указанных ферментолизатов в качестве источников флавоноидов в рецептурах пищевых продуктов или биологически активных добавок к пище.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся ферментолизат жмыха брусники обыкновенной и ферментолизат жмыха рябины черноплодной.

Ферментолизат жмыха брусники получали при следующих условиях: гидромодуль 1 : 2, состав ферментной системы – пектиназа – 0.25 ед. ПкС/г, целлюлаза – 0.75 ед. ЦС/г; протеаза – 0.05 ед. ПС/г; липаза – 0.05 ед. ЛС/г, pH 4.8, температура – 50 °C, длительность гидролиза – 2 ч [12].

Ферментолизат жмыха рябины черноплодной получали при следующих условиях: гидромодуль – 1 : 2, состав ферментной системы: пектиназа – 0.25 ед. ПкС/г, целлюлаза – 0.75 ед. ЦС/г; протеаза – 0.05 ед. ПС/г, липаза – 0.05 ед. ЛС/г, pH 5.2, температура – 52 °C, длительность гидролиза – 6 ч [9].

Ферментолизаты высушены при температуре 53–55 °C до состояния порошка.

При проведении ферментативного гидролиза использовали пектиназу Г20Х (активность – 3500 ед. ПкС/см³, Россия), целлодиурин Г20Х (активность – 3500 ед. ЦС/см³, ООО «Промфермент», Россия); протеаза (активность ПС – 600 ед./г, ВНИИПБТ, Россия), липаза Г20Х (активность – 4000 ед. ЛС/см³, Россия).

Количество фенольных соединений определяли спектрофотометрическим методом [24], содержание редуцирующих веществ – методом Шомоди–Нельсона [25], суммарное содержание антиоксидантов определяли методом ВЭЖХ на приборе «МаэстроКомпакт». Изучение состава фенольных веществ проводили с помощью ВЭЖХ с последующей обработкой результатов исследования. Детектирование проводили при селективных длинах волн, характерных для данных соединений. Количественное определение проводили методом внешнего стандарта. Суммарная погрешность измерений не превышала 5%.

Профиль флавоноидов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным спектрометрическим и масс-спектрофотометрическим детектированием. Спектры определяли в диапазоне длин волн от 190 до 400 нм. Идентификацию пиков на хроматограммах проводили путем сравнения времен удерживания, ультрафиолетовых и масс-спектров с использованными стандартами, а также на основе литературных данных о профиле флавоноидов брусники и рябины черноплодной.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 6.0 методом однофакторного дисперсионного анализа при уровне значимости 0.05.

Экспериментальная часть

Анализ химического состава ферментолизата жмыха брусники и ферментолизата жмыха рябины черноплодной приведен в таблице 1.

Ферментолизаты имеют сложный многокомпонентный состав. Состав флавоноидов ферментолизатов брусники приведен в таблице 2. В качестве контроля использовали высушенный жмых ягод брусники, выдержаный при температуре гидролиза 50 °C в течение 4 ч.

Среди флавоноидов преобладает кверцитрин (рис. 1), содержание которого составляет 0.033%.

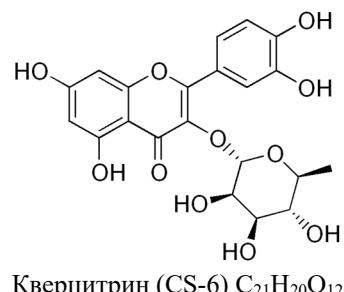
Таблица 1. Химический состав и пищевая ценность ферментолизатов

Наименование	Ферментолизат жмыха брусники	Ферментолизат жмыха черноплодной рябины
Влажность, %	6.2±0.3	3.2±0.2
Белок, % на а.с.в.	9.7±0.5	9.2±0.5
Жир, %	0.05±0.003	0.02±0.001
Углеводы, % в т.ч.	1.9±0.1	0.8±0.04
Каротиноиды, мг/100г	0.181±0.009	0.784±0.04
Фенольные вещества, мг/дм ³	470.2±23.5	993.5±49.7
Антиоксиданты, мг/дм ³	875.0±43.5	948.0±47.0
Пищевые волокна, %	67.1±3.4	58.9±2.9

Таблица 2. Состав и содержание флавоноидов ферментолизата жмыха брусники

Флавоноид	R _t , мин	λ_{max} , нм	ESI/MS ⁺	Детектируемый ион	Содержание, %	
					опыт	контроль
Рутин	15.5	256, 266, 354	611 465 303	[M+H] ⁺ [M-рамноза + H] ⁺ [M-рутиноза + H] ⁺	0.002	0.002
Гиперозид	16.7	256, 266, 355	465 303	[M+H] ⁺ [M-галактоза + H] ⁺	0.009	0.008
Изокверцитрин	16.9	256, 266, 355	465 303	[M+H] ⁺ [M-глюкоза + H] ⁺	0.001	0.001
Кверцетин-арабинозид	18.0	255, 265, 355	435 303	[M+H] ⁺ [M-арабиноза + H] ⁺	0.001	0.001
Кверцетин-3-арабинопиранозид	18.5	255, 265, 355	435 303	[M+H] ⁺ [M-арабиноза + H] ⁺	0.003	0.002
Авикулярин (Кверцетин-3-арабинофуранозид)	18.9	255, 265, 355	435 303	[M+H] ⁺ [M-арабиноза + H] ⁺	0.008	0.007
Кверцитрин (Кверцетин-3-рамнозид)	19.2	256, 266, 355	449 303	[M+H] ⁺ [M-рамноза + H] ⁺	0.033	0.0028
Кверцетин-3-O-[4"- (3-гидрокси-3-метилглутарила)-а-рамнозид]	22.2	256, 266, 355	593 303	[M-3-гидрокси-3-метилглутароил-а-рамноза + H] ⁺	0.030	0.0025
Кверцетин-3-(n-гидроксибензоил)-рамнозид	25.8	256, 266, 355	569 303	[M+H] ⁺ [M-n-гидроксибензоил-рамноза + H] ⁺	0.003	0.002
Кверцетин	26.9	255, 265, 372	303	[M+H] ⁺	0.028	0.025
Суммарное содержание флавонолов					0.118	0.101

Рис. 1. Химическая характеристика доминирующего вещества, выделенного биотехнологическим способом из жмыха брусники



Состав флавоноидов ферментолизатов жмыха рябины черноплодной приведен в таблице 3. В качестве контроля использовали высушенный жмых рябины черноплодной, выдержаный при температуре гидролиза 52 °C в течение 6 ч.

Содержание доминирующего флавоноида гиперозида составляет 0.029% (рис. 2).

Обсуждение результатов

В результате исследований состава флавоноидов ферментолизата жмыха брусники идентифицировано 10 флавоноидов, суммарное содержание флавонолов после ферментативной обработки по сравнению с контролем возросло на 16.8%. Среди отдельных флавоноидов преобладает кверцитрин (рис. 1),

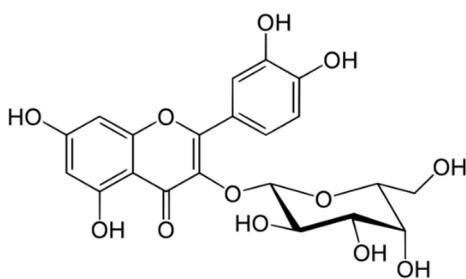
содержание которого составляет 0.033%. Количество минорных флавоноидов, к которым относятся изокверцитин и кверцетин-арабинозид, составляет 0.001%.

Кверцитрин – флавоноид, является производным кверцетина и содержит в своем составе углеводное соединение – рамнозу, который может быть использован как пищевой ингредиент или биологически активная добавка. В литературе имеется достаточное количество публикаций, свидетельствующих о широком спектре биологической активности кверцитрина и его использовании в качестве противовоспалительного иммуномодулирующего средства, а также как вещества с антиоксидантными свойствами [1, 10, 20].

В ферментолизате жмыха рябины черноплодной идентифицированы флавоноиды: кверцетин-3,5-диглюкозид, кверцетин-3-самбузиозид, рутин, гиперозид, изокверцитин и кверцетин. Данные показывают, что ферментативная обработка жмыха рябины черноплодной позволяет увеличить содержание флавоноидов в ферментолизате на 46.6%. Содержание гиперозида составляет 0.029%.

Таблица 3. Состав и содержание флавоноидов ферментолизата жмыха рябины черноплодной

Флавоноид	R_f , МИН	λ_{max} , нм	ESI/MS ⁺	Детектируемый ион	Содержание, %	
					опыт	контроль
Кверцетин-3,5-диглюкозид	13.5	256, 266, 350	627 465 303	[M+H] ⁺ [M–глюкоза + H] ⁺ [M–2 глюкозы + H] ⁺	0.021	0.013
Кверцетин-3-самбузиозид	14.5	256, 266, 352	597 465 303	[M+H] ⁺ [M–арабиноза + H] ⁺ [M–вицианоза + H] ⁺	0.013	0.011
Рутин	15.5	256, 266, 354	611 465 303	[M+H] ⁺ [M–рамноза + H] ⁺ [M–рутиноза + H] ⁺	0.026	0.018
Гиперозид	16.7	256, 266, 355	465 303	[M+H] ⁺ [M–галактоза + H] ⁺	0.029	0.020
Изокверцитрин	16.9	256, 266, 355	465 303	[M+H] ⁺ [M–глюкоза + H] ⁺	0.020	0.013
Кверцетин	26.9	255, 265, 372	303	[M+H] ⁺	0.020	0.013
Суммарное содержание флавонолов					0.129	0.088



Гиперозид ($CS-3$) $C_{21}H_{20}O_{12}$

Рис. 2. Химическая характеристика доминирующего вещества, выделенного биотехнологическим способом из жмыха черноплодной рябины

Гиперозид – флавоноид, является производным кверцетина и содержит в своем составе 3-галактозид, который может быть использован в качестве средства для профилактики сердечно-сосудистых расстройств и заболеваний центральной нервной системы [1, 15, 18].

Актуальность исследований в области химии и пищевой биотехнологии по изучению комплекса флавоноидов в ягодном сырье и отходах его переработки подтверждают ряд авторов [1, 3, 5, 9, 10, 13, 17, 18, 26]. В отечественной практике используется индивидуальный подход к каждому виду ягодного сырья, для которого подбираются условия максимального извлечения флавоноидов и других биологически активных веществ, и основной флавоноид, на который будет пересчитываться содержание суммы флавоноидов [4, 5, 16–18, 27], при этом подчеркивается важность идентификации доминирующего флавоноида. Выявленные закономерности имеют значимость для разработки технологий комплексной переработки ягодного сырья в пищевые ингредиенты с высоким содержанием водорастворимых флавоноидов сырья.

Содержание флавоноидов в ферментолизатах жмыха брусники и рябины черноплодной, установленное в настоящем исследовании, является сопоставимым с опубликованными данными, в которых для извлечения флавоноидов используются различные варианты экстрагирования [7, 8, 11, 15, 19, 21–23, 28]. В

литературе доступно несколько обзоров, посвященных одному или нескольким методам извлечения флавоноидов, соединениям и классам соединений, при этом в настоящее время не существует единого метода, который можно было бы использовать для каждого вида сырья или флавоноидов, подлежащих извлечению [11, 19, 22]. Результаты, представленные в статье, могут быть использованы исследователями, работающими в этой области для практической реализации комплексной технологии переработки ягодного жмыха в пищевые ингредиенты, предлагая более широкое понимание возможностей извлечения флавоноидов из вторичного ягодного сырья.

Выходы

Изучен состав ферментолизата жмыха брусники и ферментолизата жмыха рябины черноплодной по количественному и качественному содержанию флавоноидов.

Показано, что ферментативная обработка ягодного жмыха позволяет сохранить полифенольный комплекс ягодного сырья с возможностью создания на основе ферментолизатов продуктов профилактической направленности для массового потребления и расширения ассортимента, что способствует развитию отечественной пищевой промышленности за счет использования вторичного ежегодно возобновляемого сырья.

Результаты работы могут быть использованы для оценки биологической ценности продуктов питания, в состав которых входят изучаемые ферментолизаты в качестве рецептурного компонента.

Экспериментальные данные и выводы по работе являются оригинальными и представляют собой продолжение ранее проведенных исследований, выполненных авторами.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-00100, <https://rscf.ru/project/22-16-00100/>.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М. и др. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // Вопросы питания. 2020. Т. 89, №4. С. 220–232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>.
2. Лютикова М.Н., Ботиров Э.Х. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы // Химия растительного сырья. 2015. №2. С. 5–27. <https://doi.org/10.14258/jcprtm.201502429>.
3. Фазулина О.Ф., Перова И.Б., Рылина Е.В., Эллер К.И. Разработка подходов к выбору природных биологически активных веществ для использования в составе биологически активных добавок к пище // Вопросы питания. 2018. Т. 87, №S5. С. 64–65. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10151>.
4. Волкова Г.С., Соколова Е.Н., Ионов В.В., Юраскина Т.В., Серба Е.М. Перспективные направления переработки ягодного жмыха в пищевые ингредиенты // Пищевая промышленность. 2023. №11. С. 35–39. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.11.11.008>.
5. Жамсааранова С.Д., Замбулаева Н.Д. Анализ и оптимизация технологического процесса извлечения фенольных соединений из выжимок ягод дикороссов // Вестник ВСГУТУ. 2015. №4. С. 61–66.
6. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России макронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86. №4. С. 113–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>.
7. Može Š., Polak T., Gašperlin L., Koron D., Vanžo A., Poklar Ulrich N., Abram V. Phenolics in Slovenian Bilberries (*Vaccinium myrtillus L.*) and Blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. Vol. 59, no. 13. Pp. 6998–7004. <https://doi.org/10.1021/jf200765n>.
8. Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei B., Wrolstad R.E. Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50, no. 3. Pp. 519–525. <https://doi.org/10.1021/jf011062r>.
9. Волкова Г.С., Соколова Е.Н., Ионов В.В., Толокнова А.А., Серба Е.М. Обоснование выбора комплекса ферментов для биокаталитической обработки жмыха рябины черноплодной // Пищевая промышленность. 2023. №5. С. 23–25. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.5.5.006>.

10. Овчаренко А.С., Расурова Е.А., Кондакова О.Э., Иванова О.В. Функциональные ингредиенты плодов дикорастущих растений // Пищевая промышленность. 2017. №12. С. 53–57.
11. Taruscio T.G., Barney D.L., Exon J. Content and Profile of Flavanoid and Phenolic Acid Compounds in Conjunction with the Antioxidant Capacity for a Variety of Northwest Vaccinium Berries // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. Vol. 52, no. 10. Pp. 3169–3176. <https://doi.org/10.1021/jf0307595>.
12. Шариков А.Ю., Соколова Е.Н., Волкова Г.С., Куксова Е.В., Амелякина М.В., Иванов В.В. Процессы биокатализма и термопластической экструзии в технологии готовых к употреблению продуктов с использованием жмыжков плодово-ягодного сырья // Биотехнология. 2022. Т. 38, №4. С. 67–71. <https://doi.org/10.56304/S0234275822040135>.
13. Чернобровин Д.Ю., Алексеенко Е.В., Траубенберг С.Е., Осташенкова Н.В., Чернобровина А.Г. Биокатализ ягод брусники для применения в пищевых технологиях // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. №2. С. 57–60.
14. Айсина А.М., Костылева Е.В., Середа А.С., Великорецкая И.А., Цурикова Н.В. Эффективность применения комплексного ферментного препарата Ксилоризин К4 при получении соков из брусники // Пищевая промышленность. 2020. №11. С. 8–11. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10118>.
15. Vinogradova Y., Vergun O., Grygorieva O. et al. Comparative analysis of antioxidant activity and phenolic compounds in the fruits of Aronia SPP // Potravinarstvo. 2020. Vol. 14, no. 1. Pp. 393–401. <https://doi.org/10.5219/1360>.
16. Замбулаева Н.Д., Жасмаранова С.Д. Исследование антиоксидантных и антимикробных свойств биопротекторов из отходов соковых производств как ингредиентов для обогащения продуктов питания // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, №1. С. 51–58. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-51-58>.
17. Комисаренко А.Н., Ильина Т.В., Полищук И.Н. и др. Изучение фенольных соединений экстракта жмыжа ма-лины обыкновенной методом ВЭЖХ // Наука и инновация. 2020. №1. С. 67–71.
18. Исайкина Н.В., Коломиец Н.Э., Абрамец Н.Ю., Бондарчук Р.А. Исследование фенольных соединений экстрактов плодов рябины обыкновенной // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 131–139. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031777>.
19. Hakkinen S. Flavonols and phenolic acids in berries and berry products. Kuopio University Publications D. Medical Sciences 221. 2000. 90 p.
20. Куркин В.А., Куркина А.В., Авдеева Е.В. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений // Фундаментальные исследования. 2013. №11-9. С. 1897–1901.
21. Ek S., Kartimo H., Mattila S., Tolonen A. Characterization of Phenolic Compounds from Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006. Vol. 54, no. 26. Pp. 9834–9842. <https://doi.org/10.1021/jf0623687>.
22. Kylli P., Nohynek L., Puupponen-Pimiä R., Westerlund-Wikström B., Leppänen T., Welling J., Moilanen E., Heinonen M. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and European Cranberry (*Vaccinium microcarpon*) Proanthocyanidins: Isolation, Identification, and Bioactivities // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. Vol. 59, no. 7. Pp. 3373–3384. <https://doi.org/10.1021/jf104621e>.
23. Seeram N.P. Berry Fruits: Compositional Elements, Biochemical Activities, and the Impact of Their Intake on Human Health, Performance, and Disease // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56, no. 3. Pp. 627–629. <https://doi.org/10.1021/jf071988k>.
24. Денисенко Т.А., Вишниченко А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия, 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19(4). С. 373–380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>.
25. Volchok A., Rozhkova A., Zorov I., Shcherbakov S., Sinitsyn A. Production of fruit wines using novel enzyme preparations // J. Int. Sci. Vigne Vn. 2015. Vol. 49. Pp. 205–215. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.3.80>.
26. Mane C., Loonis M., Juhel C., Dufour C., Malien-Aubert C. Food Grade Lingonberry Extract: Polyphenolic Composition and In Vivo Protective Effect against Oxidative Stress // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. Vol. 59, no. 7. Pp. 3330–3339. <https://doi.org/10.1021/jf103965b>.
27. Чечеткина А.Ю., Мурадова М.Б., Проксира А.В., Лепешкин А.И., Надточий Л.А., Хашим М.А. Комплексная переработка ягод брусники и клюквы // Ползуновский вестник. 2021. №2. С. 75–81. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010>.
28. Shamilov A.A., Bubenchikova V.N., Chernikov M.V., Pozdnyakov D.I., Garsiya E.R. *Vaccinium vitis-idaea L.*: Chemical Contents, Pharmacological Activities // Pharmaceutical Sciences. 2020. Vol. 26, no. 4. Pp. 344–362. <https://doi.org/10.34172/PS.2020.54>.

Поступила в редакцию 13 февраля 2024 г.

После переработки 27 марта 2024 г.

Принята к публикации 2 сентября 2024 г.

Sokolova Ye.N.^{1}, Ionov V.V.¹, Eller K.I.², Serba Ye.M.¹, Perova I.B.², Volkova G.S.¹* STUDY OF FLAVONOID COMPOSITION IN FERMENTOLYSATES OF CRANBERRY CAKE AND BLACK MOUNTAIN ASH CAKE

¹ All-Russian Research Institute of Food Biotechnology – branch of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Samokatnaya st., 4B, Moscow, 111033, Russia, elenaniksokolova@inbox.ru

² Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Ustinsky Proezd, 2/14, Moscow, 109240, Russia

One of the most significant disadvantages of the existing processes of berry cake processing into food ingredients is the low degree of extraction of biologically active substances. To increase the yield of flavonoids, enzymatic treatment of the cake can be used. In materials of the article data on composition of dry fermentolysate of cranberry cake and dry fermentolysate of black mountain ash cake on quantitative and qualitative content of flavonoids obtained by HPLC method are presented. The complex of flavonoids in fermentolysate of cranberry cake is represented by 10 substances, of which quercitrin (quercetin-3-rhamnoside) prevails in the amount of 0.033%. The total content of flavonols after enzymatic treatment compared to the control increased by 16.8%. The amount of minor flavonoids, which include isoquercitin and quercetin-arabinoside is 0.001%. Six flavonoids were identified in the fermentolysate of rowan blackberry cake, the flavonoid composition is dominated by hyperoside found in the amount of 0.029%. The data show that the enzymatic treatment of black mountain ash cake allows to increase the content of flavonoids in the fermentolysate by 46.6%. Processing of berry cake with the use of selected enzymatic complex allows to preserve flavonoids of berry raw materials with the possibility of creating products of preventive orientation for mass consumption on the basis of fermentolysates. The results of the work can be used to assess the biological value of food products, which include fermentolysates as a formulation component.

Keywords: enzyme complex, flavonoids, cranberry cake, blackberry cake, food ingredient.

For citing: Sokolova Ye.N., Ionov V.V., Eller K.I., Serba Ye.M., Perova I.B., Volkova G.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 361–368. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240414797.

References

1. Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M. i dr. *Voprosy pitaniya*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 220–232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>. (in Russ.).
2. Lyutikova M.N., Botirov E.Kh. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 2, pp. 5–27. <https://doi.org/10.14258/jcprm.201502429>. (in Russ.).
3. Fazullina O.F., Perova I.B., Rylina Ye.V., Eller K.I. *Voprosy pitaniya*, 2018, vol. 87, no. S5, pp. 64–65. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10151>. (in Russ.).
4. Volkova G.S., Sokolova Ye.N., Ionov V.V., Yuraskina T.V., Serba Ye.M. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2023, no. 11, pp. 35–39. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.11.11.008>. (in Russ.).
5. Zhamsharanova S.D., Zambulayeva N.D. *Vestnik VSGUTU*, 2015, no. 4, pp. 61–66. (in Russ.).
6. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., Tutel'yan V.A. *Voprosy pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 113–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>. (in Russ.).
7. Može Š., Polak T., Gašperlin L., Koron D., Vanzo A., Poklar Ulrich N., Abram V. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59, no. 13, pp. 6998–7004. <https://doi.org/10.1021/jf200765n>.
8. Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei B., Wrolstad R.E. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, no. 3, pp. 519–525. <https://doi.org/10.1021/jf011062r>.
9. Volkova G.S., Sokolova Ye.N., Ionov V.V., Toloknova A.A., Serba Ye.M. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2023, no. 5, pp. 23–25. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.5.5.006>. (in Russ.).
10. Ovcharenko A.S., Rasulova Ye.A., Kondakova O.E., Ivanova O.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2017, no. 12, pp. 53–57. (in Russ.).
11. Taruscio T.G., Barney D.L., Exon J. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, vol. 52, no. 10, pp. 3169–3176. <https://doi.org/10.1021/jf0307595>.
12. Sharikov A.Yu., Sokolova Ye.N., Volkova G.S., Kuksova Ye.V., Amelyakina M.V., Ivanov V.V. *Biotehnologiya*, 2022, vol. 38, no. 4, pp. 67–71. <https://doi.org/10.56304/S0234275822040135>. (in Russ.).
13. Chernobrovina D.YU., Alekseyenko Ye.V., Traubenberg S.Ye., Ostashenkova N.V., Chernobrovina A.G. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, 2011, no. 2, pp. 57–60. (in Russ.).
14. Aysina A.M., Kostyleva Ye.V., Sereda A.S., Velikoretskaya I.A., Tsurikova N.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2020, no. 11, pp. 8–11. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10118>. (in Russ.).
15. Vinogradova Y., Vergun O., Grygorieva O. et al. *Potravinarstvo*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 393–401. <https://doi.org/10.5219/1360>.
16. Zambulayeva N.D., Zhasmaranova S.D. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 51–58. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-51-58>. (in Russ.).
17. Komissarenko A.N., Il'ina T.V., Polishchuk I.N. i dr. *Nauka i innovatsiya*, 2020, no. 1, pp. 67–71. (in Russ.).
18. Isaykina N.V., Kolomiyets N.E., Abramets N.Yu., Bondarchuk R.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 131–139. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031777>. (in Russ.).
19. Hakkinen S. *Flavonols and phenolic acids in berries and berry products*. Kuopio University Publications D. Medical Sciences 221, 2000, 90 p.

* Corresponding author.

20. Kurkin V.A., Kurkina A.V., Avdeyeva Ye.V. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2013, no. 11-9, pp. 1897–1901. (in Russ.).
21. Ek S., Kartimo H., Mattila S., Tolonen A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, vol. 54, no. 26, pp. 9834–9842. <https://doi.org/10.1021/jf0623687>.
22. Kylli P., Nohynek L., Puupponen-Pimiä R., Westerlund-Wikström B., Leppänen T., Welling J., Moilanen E., Heinonen M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59, no. 7, pp. 3373–3384. <https://doi.org/10.1021/jf104621e>.
23. Seeram N.P. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56, no. 3, pp. 627–629. <https://doi.org/10.1021/jf071988k>.
24. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsyganok L.P. *Analitika i kontrol'*, 2015, vol. 19(4), pp. 373–380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>. (in Russ.).
25. Volchok A., Rozhkova A., Zorov I., Shcherbakov S., Sinitsyn A. *J. Int. Sci. Vigne Vn.*, 2015, vol. 49, pp. 205–215. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.3.80>.
26. Mane C., Loonis M., Juhel C., Dufour C., Malien-Aubert C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59, no. 7, pp. 3330–3339. <https://doi.org/10.1021/jf103965b>.
27. Chechetkina A.Yu., Muradova M.B., Proskura A.V., Lepeshkin A.I., Nadtochiy L.A., Khashim M.A. *Polzunovskiy vestnik*, 2021, no. 2, pp. 75–81. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010>. (in Russ.).
28. Shamilov A.A., Bubenchikova V.N., Chernikov M.V., Pozdnyakov D.I., Garsiya E.R. *Pharmaceutical Sciences*, 2020, vol. 26, no. 4, pp. 344–362. <https://doi.org/10.34172/PS.2020.54>.

Received February 13, 2024

Revised March 27, 2024

Accepted September 2, 2024

Сведения об авторах

Соколова Елена Николаевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, elenaniksokolova@inbox.ru

Ионов Владислав Виталиевич – инженер-технолог отдела биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, ionow.vlad2014@gmail.com

Эллер Константин Исаакович – доктор химических наук, заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа, eller@ion.ru

Серба Елена Михайловна – доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующая отделом биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и БАД, serbae@mail.ru

Перова Ирина Борисовна – кандидат фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа, erin.feather@yandex.ru

Волкова Галина Сергеевна – доктор технических наук, заведующая лабораторией биотехнологии органических кислот, пищевых и кормовых добавок, galina.volкова@bk.ru

Information about authors

Sokolova Elena Nikolaevna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, elenaniksokolova@inbox.ru

Ionov Vladislav Vitalievich – Engineer-technologist, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, ionow.vlad2014@gmail.com

Eller Konstantin Isaakovich – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Metabolomic and Proteomic Analysis, eller@ion.ru

Serba Elena Mikhaylovna – Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Research, Head of the Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids and Dietary Supplements, serbae@mail.ru

Perova Irina Borisovna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Metabolomic and Proteomic Analysis, erin.feather@yandex.ru

Volkova Galina Sergeevna – Doctor of Technical Sciences sciences, head of the laboratory of biotechnology of organic acids, food and feed additives, galina.volкова@bk.ru