

Научная статья/Research Article

УДК 615.32

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-215-220

Константин Валерьевич Мартыненко^{1✉}, Петр Евгеньевич Баланов²,

Ирина Владимировна Смотраева³

^{1,2,3}Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹kvmartynenko@itmo.ru

²balanov@itmo.ru

³smotraeva@itmo.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭКСТРАКТОВ ИЗ ВЕГЕТАТИВНЫХ ЧАСТЕЙ РАСТЕНИЙ АЛТАЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цель исследования – определить содержание экстрактивных водорастворимых веществ, фенольных соединений и тяжелых металлов в водных экстрактах образцов вегетативных частей растений Алтая. Для анализа использовались стебли, листья, почки ежевики, малины, смородины, ягоды боярышника, цветы ромашки, а для сравнения характеристик – зеленый и черный чай. Несмотря на сложность экстракции из стеблей и почек, концентрация полифенольных соединений высокая, сопоставима с зеленым чаем. В результате определено, что в вегетативных частях растений процентное содержание экстрактивных веществ достигает 52,34 %. В то время как содержание экстрактивных веществ в настоях, приготовленных из сухих цветков и ягод (например, ромашка, боярышник), колебалось от 18,48 до 29,88 %. Определено количественное содержание фенольных соединений (по Фолина-Чокальто) в образцах растений Алтая. Листья ежевики содержат на 5,44 % больше полифенольных соединений, чем черный чай (10,78 %), и меньше, чем зеленый чай (16,24 %). Листья малины (12,32 %) и черный чай (10,78 %) по общему содержанию полифенолов не имеют существенных различий, поэтому могут использоваться дополнительно или как взаимозаменяемый продукт для обогащения вторичными веществами рациона. Листья ежевики и малины имеют подобный состав из-за принадлежности к одному семейству растений. Также проведен анализ растений на содержание тяжелых металлов, который показал безопасность для использования в пищевой промышленности сырья и отсутствие токсичных элементов.

Ключевые слова: антиоксидантные свойства, полифенолы, вегетативные части, водорастворимые вещества, семейство Розовые (*Rosaceae*), семейство Крыжовниковые, семейство Астровые

Для цитирования: Мартыненко К.В., Баланов П.Е., Смотраева И.В. Исследование потенциала экстрактов из вегетативных частей растений Алтая для использования в пищевой промышленности // Вестник КрасГАУ. 2022. № 10. С. 215–220. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-215-220.

Konstantin Valerievich Martynenko^{1✉}, Petr Evgenievich Balanov², Irina Vladimirovna Smotraeva³

^{1,2,3}National Research ITMO University, St. Petersburg, Russia

¹kvmartynenko@itmo.ru

²balanov@itmo.ru

³smotraeva@itmo.ru

STUDYING THE ALTAI PLANTS VEGETATIVE PARTS EXTRACTS POTENTIAL FOR USE IN THE FOOD INDUSTRY

The purpose of the study is to determine the content of extractive water-soluble substances, phenolic compounds and heavy metals in aqueous extracts of samples of vegetative parts of Altai plants. Stems, leaves, buds of blackberries, raspberries, currants, hawthorn berries, chamomile flowers were used for analysis, and green and black teas were used to compare characteristics. Despite the difficulty of extracting from stems and buds, the concentration of polyphenolic compounds is high, comparable to green tea. As a result, it was determined that in the vegetative parts of plants, the percentage of extractive substances reaches 52.34 %. While the content of extractives in infusions prepared from dried flowers and berries (for example, chamomile, hawthorn) ranged from 18.48 to 29.88 %. The quantitative content of phenolic compounds (according to Folina-Ciocalto) in Altai plant samples was determined. Blackberry leaves contain 5.44 % more polyphenolic compounds than black tea (10.78 %) and less than green tea (16.24 %). Raspberry leaves (12.32 %) and black tea (10.78 %) do not have significant differences in the total content of polyphenols, therefore they can be used additionally or as an interchangeable product for enrichment with secondary dietary substances. The leaves of blackberries and raspberries have a similar composition due to belonging to the same plant family. Plants were also analyzed for the content of heavy metals. This analysis showed the safety of raw materials for use in the food industry and the absence of toxic elements.

Keywords: antioxidant properties, polyphenols, vegetative parts, water-soluble substances, Rosaceae family, Gooseberry family, Aster family

For citation: Martynenko K.V., Balanov P.E., Smotraeva I.V. Studying the Altai plants vegetative parts extracts potential for use in the food industry // Bulliten KrasSAU. 2022;(10): 215–220. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-215-220.

Введение. Имеются многочисленные публикации и научные работы об антиоксидантном действии растительной пищи и связанном с этим положительным влиянием на профилактику хронических заболеваний. Все большее внимание исследователей и практиков привлекает использование вегетативных частей растений, ягоды и плоды которых активно используются в России для пищевой промышленности. Особенно в отношении состава антиоксидантно-активных компонентов в стеблях, почках и листьях этих продуктов [1, 2].

Сейчас авторы большинства исследований фенольных соединений утверждают: полифенолы имеют широкую область действия и защищают организм от болезней цивилизации. Исследование, проведенное Медицинским центром Университета Вандербилта, показало, что регулярное потребление фруктовых соков может снизить риск болезни Альцгеймера до 76 % [3, 4].

Полифенол таксифолин из экстрактов листовых растений часто используется для лечения инфарктов головного мозга и их последствий [5].

Натуральные полифенолы встречаются в растениях в виде биологически активных ве-

ществ, таких как красители, ароматизаторы и дубильные вещества. Они предназначены для защиты растения, а также для привлечения насекомых их ярким цветом. В то время, как флавоноиды придают растениям желтый цвет, антоцианы отвечают за красную, синюю и фиолетовую окраску. Поскольку полифенолы служат, в частности, для защиты растения от патогенов и болезней, они встречаются в основном в коре и в вегетативных частях растений.

Цель исследования – получить данные о количественном содержании фенольных соединений, экстрактивных водорастворимых веществ и тяжелых металлов в экстрактах образцов вегетативных частей растений Алтая.

Задачи: определить количественное содержание фенольных соединений (по Фолина-Чокальто) и экстрактивных веществ, а также тяжелых металлов в вегетативных частях растений Алтая.

Материал и методы. Для сравнения характеристик использовался зеленый и черный чай [6]. В качестве материалов исследования – стебли, листья, почки ежевики, малины, смородины, ягоды боярышника, цветы ромашки, ягоды боярышника, собранные летом 2021 г. в Красноще-

ковском районе Алтайского края. Сушка проходила в конвекционном сушильном шкафу при температуре 30–40 °С, затем вегетативные части растений размалывали механически в ступе.

Для оценки содержания экстрактивных водорастворимых веществ и общего содержания полифенолов проведена водная экстракция кипячением с обратным холодильником по ГОСТ Р ИСО 9768-2011 [7, 8].

Общие фенолы определяли с помощью теста Фолина-Чокальтеу. Использовалось руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище Р 4.1.1672-03 [9].

Извлечение водорастворимых веществ из навески продукта проводилось путем кипячения воды с обратным холодильником, фильтрации, выпаривания фильтрата досуха и взвешивания остатка. Выполнено по ГОСТ Р ИСО 9768-2011.

Исследования по оценке сырья на содержание металлов, таких как стронций, свинец, мышьяк, цинк, медь, никель и хром, проводились на спектрокане МАКС-GF2E. В случае прямого определения материал образца измельчался,

прессовался, а затем помещался в спектрометр. Анализ проводился в соответствии с выбранной программой автоматически. Дополнительная подготовка образца не требовалась.

Результаты и их обсуждение. В ходе работы было определено содержание экстрактивных водорастворимых веществ, общее содержание полифенолов (табл. 1) и тяжелых металлов в 7 образцах водных экстрактов [10, 11].

Процентное содержание экстрактивных веществ колебалось от 18,48 до 52,34 %. Высокое содержание экстрактивных веществ было обнаружено в вегетативных частях растений (например, ежевика и малина), в то время как настои, приготовленные из соцветий (например, ромашка), имели пониженное процентное содержание. По полученным данным установлено, что содержание экстрактивных фенольных веществ коррелирует, даже если невозможно установить полностью линейную зависимость.

Общее содержание фенольных веществ в водных настоях представлено в эквивалентах галловой кислоты.

Таблица 1

Содержание общих полифенольных соединений и водорастворимых экстрактивных веществ, % на сухое вещество

Показатель	Зеленый чай	Ежевика	Малина	Смородина	Черный чай	Боярышник	Ромашка
Общее содержание фенольных веществ	16,24	16,22	12,32	10,86	10,78	9,34	6,64
Экстрактивные вещества	52,34	46,86	38,92	35,46	42,46	29,88	18,48

В зеленом чае (*Camellia sinensis*) зафиксировано наибольшее количество полифенольных веществ по сравнению с другими исследуемыми образцами. В вегетативных частях растений ежевики, малины и черного чая – наибольшее содержание фенольных соединений из исследуемых образцов. В плодах боярышника процентное содержание фенольных соединений достигает 9,34. В плодах ежевики, малины, смородины также выявлено высокое содержание полифенольных соединений, что имеет высокий потенциал для пищевой промышленности. Самый низкий потенциал в отношении полифенольных соединений отмечен в соцветиях ромашки (*Matricaria chamomilla*) [12–14].

В ходе исследования вегетативных частей боярышника и ромашки не выявлено существенных различий в содержании фенольных соединений. Плоды и соцветия боярышника и ромашки имеют несколько меньший биогенный потенциал в отношении фенольных соединений по сравнению с малиной и ежевикой. Из 7 образцов ромашка имеет самое низкое содержание фенольных и экстрактивных веществ. Из-за принадлежности к одному и тому же семейству растений для ежевики и малины установлено некоторое сходство в процентном содержании фенольных и экстрактивных веществ.

Если сравнить данные содержания полифенольных соединений для зеленого и черного

чая, то значения, определенные в ходе анализов, меньше на 10 и 12 % соответственно [2, 6]. Причины этого, вероятно, можно найти в сорте, происхождении и сборе чая и, возможно, в типе экстракции.

Проведен анализ всех образцов на безопасность, определено содержание металлов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание макро- и микроэлементов в исследуемых образцах

Образец	Sr, мг/кг	Pb, мг/кг	As, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг	Co, мг/кг	Fe ₂ O ₃ , %	MnO, мг/кг	Cr, мг/кг	TiO ₂ , %
Зеленый чай	94	4	5	65	0	3	0	0,02	330	27	0,05
Ежевика	72	3	2	59	0	3	1	0,00	127	28	0,04
Малина	85	3	4	50	0	4	0	0,03	851	32	0,05
Смородина	111	0	3	40	0	4	0	0,06	229	29	0,04
Черный чай	87	4	2	60	0	2	0	0,04	442	54	0,06
Боярышник	60	3	1	76	0	3	0	0,07	594	43	0,03
Ромашка	65	2	4	45	0	3	0	0,03	543	34	0,02

Содержание тяжелых металлов не превышает допустимых значений санитарных норм. Важной задачей пищевой промышленности является контроль за безопасностью сырья. Благодаря своему физическому строению растения не могут избежать неблагоприятных условий окружающей среды и, как следствие, тяжелые металлы могут накапливаться в большом количестве. В исследуемых образцах были обнаружены лишь следы токсичных металлов, что свидетельствует о безопасности продуктов.

Заключение. В вегетативных частях ежевики, малины, смородины, ягоды боярышника, цветков ромашки содержание экстрактивных веществ колебалось от 18,48 до 52,34 %. По количеству полифенольных соединений зеленый чай имеет преимущество в сравнении с другими образцами. Листья ежевики содержали на 5,44 % больше полифенольных соединений, чем черный чай (10,78 %), и меньше, чем зеленый чай (16,24 %). Листья малины (12,32 %) и черный чай (10,78 %) не имеют существенных различий по содержанию фенольных соединений, поэтому настой из листьев малины может использоваться в питании как альтернатива. Листья ежевики и малины имеют некоторое сходство из-за принадлежности к одному семейству растений.

Согласно полученным данным, высокое содержание полифенолов и высокая экстрактивность настоев свидетельствуют о хорошем по-

тенциале изучаемого сырья для пищевой промышленности. Актуальность обогащения продуктов экстрактами растений заключается в отсутствии физиологической калорийности при установленных высоких концентрациях вторичных веществ.

Список источников

1. Макрис Д.П., Боскоу Г. Содержание полифенолов и антиоксидантные характеристики экстрактов из твердых отходов винодельческой промышленности и других агропродовольственных отходов *in vitro* // Журнал состава и анализа пищевых продуктов. 2007. Т. 2, № 20. С. 132.
2. Лин Ю-С., Цай Ю-Дж. Факторы, влияющие на уровни чайных полифенолов и кофеина в чайных листьях // Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2003. Т. 7, № 51. С. 1864–1873. DOI: 10.1021/jf021066b.
3. Авирам М. Потребление гранатового сока со стенозом сонной артерии // Клиническое питание. 2004. № 23. С. 423–433.
4. Ци Дай, Джеймс К., Эрик Б.Л. Фруктовые и овощные соки и болезнь Альцгеймера // The Kame Project. *Am J Med.* 2006. Т. 9, № 119. С. 751–759. DOI: 10.1016/j.amjmed.2006.03.045.

5. Аделех Э., Пол К. Влияние полифенольных соединений чая на выпадение волос у грызунов // Журнал Национальной медицинской ассоциации. 2005. Т. 8, № 97. С. 1165.
6. Астилл К., Берч М.Р., Дакомб К. Факторы, влияющие на содержание кофеина и полифенолов в настоях черного и зеленого чая // Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2001. Т. 11, № 49. С. 5340–5347. DOI: 10.1021/jf010759.
7. Попова О.С. Сравнительная характеристика эффективности различных методов экстракции полифенолов из растений семейства яснотковые // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 34–38.
8. Азмир Дж.З. Методы извлечения биологически активных соединений из растительных материалов // Журнал пищевой инженерии. 2013. Т. 4, № 117. С. 426–436. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.
9. Кяхконен М.П., Хопиа А.И. Антиоксидантная активность растительных экстрактов, содержащих фенольные соединения // Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 1999. Т. 10, № 47. С. 3954–3962. DOI: 10.1021/jf990146l.
10. Черных И.А. Определение водорастворимых экстрактивных веществ и сухой клетчатки в различных видах чая // Естественные и медицинские науки: мат-лы XL студ. междунар. науч.-практ. конф. М.: Междунар. центр науки и образования, 2021. С. 79–86.
11. Кушнарёва О.П. Количественное определение водорастворимых экстрактивных веществ в различных сортах чая // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: мат-лы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург, 2020. С. 2548–2551.
12. Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database / J. Pérez-Jiménez [et al.] // European Journal of Clinical Nutrition, 64. S. 112–120 (2010). DOI: 10.1038/ejcn.2010.221.
13. Противораковая эффективность полифенолов и их комбинаций / А. Нидзвеки [и др.] // Journal of Nutrition. 2016. № 8 (9). С. 552. DOI: 10.3945/jn.113.177121.
14. Высокие концентрации мочевого биомаркера потребления полифенолов связаны со снижением смертности у пожилых людей / Р. Замора-Пос [и др.] // Журнал питания. 2013. № 143 (9). С. 1445. DOI: 10.3945/jn.113.177121.

References

1. Makris D.P., Boskou G. Soderzhanie polifenolov i antioksidantnye harakteristiki `ekstraktov iz tverdyh othodov vinodel'cheskoj promyshlennosti i drugih agroprodovol'stvennyh othodov in vitro // Zhurnal sostava i analiza pischevyh produktov. 2007. Т. 2, № 20. S. 132.
2. Lin Yu-S., Caj Yu-Dzh. Faktory, vliyayuschie na urovni chajnyh polifenolov i kofeina v chajnyh list'yah // Zhurnal sel'skohozyajstvennoj i pischevoj himii. 2003. Т. 7, № 51. S. 1864–1873. DOI: 10.1021/jf021066b.
3. Aviram M. Potreblenie granatovogo soka so stenozom sonnoj arterii // Klinicheskoe pitanie. 2004. № 23. S. 423–433.
4. Ci Daj, Dzhejms K., `Erik B.L. Fruktovye i ovoschnye soki i bolezni' Al'cgejmera // The Kame Project. Am J Med.2006. Т. 9, № 119. S. 751–759. DOI: 10.1016/j.amjmed.2006.03.045.
5. Adeleh `E., Pol K. Vliyanie polifenol'nyh soedinenij chaya na vypadenie volos u gryzunov // Zhurnal Nacional'noj medicinskoj asociacii. 2005. Т. 8, № 97. S. 1165.
6. Astill K., Berch M.R., Dakomb K. Faktory, vliyayuschie na sodержание kofeina i polifenolov v nastoyah chernogo i zelenogo chaya // Zhurnal sel'skohozyajstvennoj i pischevoj himii. 2001. Т. 11, № 49. S. 5340–5347. DOI: 10.1021/jf010759.
7. Popova O.S. Sravnitel'naya harakteristika `effektivnosti razlichnyh metodov `ekstrakcii polifenolov iz rastenij semejstva yasnotkovye // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 6. S. 34–38.
8. Azmir Dzh.Z. Metody izvlecheniya biologicheskii aktivnyh soedinenij iz rastitel'nyh materialov // Zhurnal pischevoj inzhenerii. 2013. Т. 4, № 117. S. 426–436. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.

9. *Kyahkonen M.P., Hopia A.I.* Antioksidantnaya aktivnost' rastitel'nyh `ekstraktov, sodержa-shchih fenol'nye soedineniya // Zhurnal sel'sko-hozyajstvennoj i pischevoj himii. 1999. T. 10, № 47. S. 3954–3962. DOI: 10.1021/jf990146l.
10. *Chernyh I.A.* Opredelenie vodorastvorimyh `ekstraktivnyh veschestv i suhoj kletkatki v razlichnyh vidah chaya // Estestvennye i medicinskie nauki: mat-ly XL stud. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Mezhdunar. centr nauki i obrazovaniya, 2021. S. 79–86.
11. *Kushnareva O.P.* Kolichestvennoe opredelenie vodorastvorimyh `ekstraktivnyh veschestv v razlichnyh sortah chaya // Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury: mat-ly Vseros. nauch.-metod. konf. Orenburg, 2020. S. 2548–2551.
12. Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database / *J. Pérez-Jiménez [et al.]* // European Journal of Clinical Nutrition, 64. S. 112–120 (2010). DOI: 10.1038/ejcn.2010.221.
13. Protivorakovaya `effektivnost' polifenolov i ih kombinacij / *A. Nidzveki [i dr.]* // Journal of Nutrition. 2016. № 8 (9). S. 552. DOI: 10.3945/jn.113.177121.
14. Vysokie koncentracii mochevogo biomarkera potrebleniya polifenolov svyazany so snizheniem smertnosti u pozhilyh lyudej / *R. Zamora-Ros [i dr.]* // Zhurnal pitaniya. 2013. № 143 (9). S. 1445. DOI: 10.3945/jn. 113.177121.

Статья принята к публикации 19.09.2022 / The article accepted for publication 19.09.2022.

Информация об авторах:

Константин Валерьевич Мартыненко¹, аспирант, старший лаборант факультета биотехнологий
Петр Евгеньевич Баланов², ординарный доцент факультета биотехнологий, кандидат технических наук

Ирина Владимировна Смотрева³, ординарный доцент, старший научный сотрудник факультета биотехнологий, кандидат технических наук

Information about the authors:

Konstantin Valerievich Martynenko¹, Postgraduate Student, Senior Laboratory Assistant, Faculty of Biotechnology

Petr Evgenievich Balanov², Ordinary Associate Professor of the Faculty of Biotechnology, Candidate of Technical Sciences

Irina Vladimirovna Smotraeva³, Ordinary Associate Professor, Senior Researcher at the Faculty of Biotechnology, Candidate of Technical Sciences

