

ОЦЕНКА МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ПРОТИВОДИАБЕТИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ

Е.В. Вишняков

аспирант,
Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет (Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: evgeniy.vishnyakov@pharminnotech.com

И.И. Тернинко

д.фарм.н., доцент, начальник Испытательной лаборатории,
Центр контроля качества лекарственных средств;
профессор кафедры фармацевтической химии,
Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет (Санкт-Петербург, Россия)

Ю.Э. Генералова

химик-аналитик, Испытательная лаборатория, Центр контроля качества лекарственных средств,
Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет (Санкт-Петербург, Россия)

В.И. Топоркова

студентка,
Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет (Санкт-Петербург, Россия)

Актуальность. В патогенезе многих заболеваний, в том числе сахарного диабета, немаловажную роль играет дефицит микро- и макроэлементов. Лекарственное растительное сырьё (ЛРС) черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.) и фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) может накапливать микро- и макроэлементы, которые необходимы для коррекции патологии сахарного диабета.

Цель работы. Оценка элементного состава побегов черники обыкновенной и створок фасоли обыкновенной.

Материал и методы. В качестве объекта исследования использовались побеги черники обыкновенной и створки фасоли обыкновенной. Сырьё, зарегистрированное как БАД, приобретали в аптечной сети г. Санкт-Петербурга. Анализ проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Optima 8000 (Perkin Elmer, США).

Результаты. Установлено, что в исследуемом ЛРС преобладают ионы кальция, магния, марганца, алюминия и цинка. Створки фасоли содержат меньше микроэлементов, чем побеги черники, однако для этого вида сырья характерно большее накопление макроэлементов (в 2 раза больше кальция, в 4,9 раз - магния). Микроэлементный состав створок фасоли менее выражен по количественному составу в сравнении с побегами черники (в 59 раз меньше марганца, в 3,3 раза - цинка и в 2,5 раза - меди).

Выводы. В результате исследования удалось выяснить, что мажоритарными компонентами исследуемого сырья являются кальций, магний, марганец, алюминий и цинк, которые в составе минеральных растительных комплексов участвуют в механизме антиоксидантного и гипогликемического действия растений.

Ключевые слова: черника обыкновенная, фасоль обыкновенная, макроэлементы, микроэлементы, минеральные комплексы, атомно-эмиссионная спектроскопия.

Для цитирования: Вишняков Е.В., Тернинко И.И., Генералова Ю.Э., Топоркова В.И. Оценка микро- и макроэлементного профиля растительного сырья с потенциальным противодиабетическим действием. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021;24(11):42-46. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-11-07>

Макро- и микроэлементы принимают участие в регуляции многих метаболических процессов и синтезе биологически активных веществ (БАВ), входят в состав ферментов. В растительных объектах элементы находятся в составе минеральных комплексов с БАВ – вторичными метаболитами

растений, что является оптимальной формой существования ряда соединений (флавоноидов, органических кислот и др.) и способствует их растворимости в клеточных структурах [1]. При выделении БАВ из лекарственного растительного сырья (ЛРС) совместно извлекаются и элементы, оказывая впо-

следствии собственное фармакологическое действие в составе лекарственных средств или влияя на направление или степень выраженности эффекта полученного растительного препарата.

С наличием/отсутствием отдельных элементов связывают развитие и характер течения ряда патологий, в том числе и сахарного диабета. Так, ионы цинка обладают инсулиноподобными свойствами. Цинк индуцирует действие протеинфосфатазы 1В, что в дальнейшем приводит к увеличению сродства молекул глюкозного транспортера GLUT4 в инсулиночувствительных тканях, и, как следствие, к усилению всасывания глюкозы из крови [2]. Магний подобно цинку влияет на активность рецепторов инсулина путем усиления фосфорилирования тирозинкиназы [3]. Хром помогает регулировать метаболизм глюкозы посредством активации инсулиновых рецепторов через олигопептид хромомодулин и увеличивает чувствительность тканей к инсулину [4]. Кальций используется для секреции инсулина β -клетками поджелудочной железы, при его недостатке продукция гормона нарушается [5]. Ионы марганца участвуют в синтезе и активации ферментов, ответственных за метаболизм глюкозы и липидов, а также увеличивают секрецию инсулина [6]. Селен способен оказывать действие, подобное инсулину, этот элемент обладает антиоксидантными свойствами [7]. Ионы меди являются кофактором ферментов, принимающих участие во многих метаболических процессах, нарушение которых ведет к развитию сахарного диабета [8]. Следовательно, оценка элементного профиля растительного сырья имеет актуальность для прогнозирования потенциального противодиабетического действия и оценки вклада элементов в формирование фармакологического ответа.

Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.) и фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) в своем составе содержат фенольные соединения (антоцианы, флавоноиды, фенолкарбоновые и гидроксикоричные кислоты и др.), которые проявляют доказанную противодиабетическую активность [9]. В основе механизма данного эффекта лежит их антиоксидантная активность. Кроме того, известно [4], что сочетание некоторых фенольных соединений (рутин, гиперозид, хлорогеновая кислота и др.), которые входят в состав черники и фасоли, аддитивно воздействует на α -глюкозидазу – фермент, катализирующий расщепление сложных углеводов до глюкозы [4, 10]. Также в побегах черники содержатся дельфинидин и его гликозид

(миртиллин) – фенольные соединения, относящиеся к группе антоцианов, которые помимо антиоксидантного действия способны изменять экспрессию генов адипоцитов, косвенно участвующих в развитии сахарного диабета, увеличивать секрецию инсулина и повышать к нему чувствительность тканей [9].

Согласно литературным данным [4, 9, 10], побеги черники обыкновенной и створки фасоли обыкновенной имеют разнообразный элементный состав (хром, кальций, магний, цинк, марганец, медь, селен и др.), что позитивно сказывается на проявлении противодиабетического действия комплексных растительных препаратов на их основе. Поэтому установление маркерных элементов данного ЛРС в свете изучения структуры минеральных фенольных комплексов, как основной формы существования растительных фенолов, имеет подтвержденную актуальность.

Ц е л ь р а б о т ы – выявление элементных профилей побегов черники обыкновенной и створок фасоли обыкновенной для установления маркерных элементов и последующей оценки вклада данной группы БАВ в фармакологический ответ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – побеги черники обыкновенной и створки фасоли обыкновенной. Сырье, зарегистрированное в качестве БАД, приобретали в аптечной сети г. Санкт-Петербурга. По информации на упаковке регион заготовки – Алтайский край, г. Барнаул, период заготовки – июль 2020 г. Сырье сопровождалось сертификатом качества, который подтверждает соответствие требованиям, предъявляемым к данному виду продукции, в том числе соответствие ботанического вида растений.

Анализ проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Optima 8000 (Perkin Elmer, США) в соответствии с рекомендациями Государственной фармакопеи Российской Федерации XIV изд. (ГФ РФ XIV), ОФС 1.2.1.1.0004.15 и ОФС 1.5.3.0009.15 [11]. Статистическую обработку результатов проводили при помощи программы Microsoft Excel по ОФС 1.1.0013.15 [11]. Результаты работы получены с использованием оборудования ЦКП «Аналитический центр ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России» в рамках соглашения № 075-15-2021-685 от 26 июля 2021 г. при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Пробоподготовка. Навеску образца массой 0,4 г (точная навеска) для минерализации помещали в реактор, добавляли 5 мл 65%-ного раствора азотной кислоты (Nitric acid Puriss. p.a., 65%, Honeywell Fluka, German) и 3 мл 30%-ной перекиси водорода (ОСЧ 8-4, ООО «НПФ Химмедсервис», г. Тверь, Россия), осторожно перемешивали и оставляли на 10 мин для удаления паров. Реактор помещали в микроволновую систему «BERGHOF SpeedWave Entry Two» и устанавливали температурный режим, необходимый для минерализации объектов растительного происхождения (190 °С). После охлаждения минерализат переносили в полимерные мерные колбы вместимостью 50 мл и доводили до метки деионизированной водой. В полученном растворе проводили количественное определение макро- и микроэлементов. В качестве стандартного образца применяли многоэлементный калибровочный стандарт 3 (Multi-Element Calibration Standard 3, Perkin Elmer, США) с установленным содержанием элементов (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, Zn, U, V), равным 10 мкг/мл. Последовательно проводили анализ растворителя, стандартного раствора (по которому строили градуировочные графики) и испытуемого раствора (в шести повторностях по два параллельных определения для каждого объекта).

Условия проведения анализа устанавливали по рекомендациям программного обеспечения (ПО) спектрометра и предварительно верифицировали по отдельным валидационным критериям.

Настройка прибора: скорость потока плазмообразующего газа – 10 л/мин, скорость дополнительного потока – 0,2 л/мин, скорость потока газа для распыления пробы – 0,7 л/мин, мощность плазмы – 1300 Вт, положение обзора эмиссии – аксиальное, скорость подачи образца (перистальтического насоса) – 1,5 мл/мин, для промывки ускоренная подача растворителя – 2,5 мл/мин, время задержки – 25 с, время интегрирования – 1–2 с, число повторов интегрирования (реплик) – 3.

Выбор аналитических волн для конкретного элемента из рекомендованных ПО оборудования осуществляли по минимальному значению чувствительности и максимальной интенсивности. Оценку сходимости полученных результатов проводили по RSD (критерий приемлемости – 2%, для микроконцентраций – до 30%). Содержание элементов (X, мг/кг) в образце рассчитывали по формуле:

$$X, \text{ мг/кг} = \frac{C_x \times V_1 \times 1000 \times 1000}{m \times 1000}$$

где C_x – концентрация элемента по градуировочной кривой, мг/л; V_1 – объём раствора, мл; m – масса навески, мг; 1000×1000 – перевод мг в кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования в сырье фасоли обыкновенной и черники обыкновенной было установлено наличие 14 элементов (таблица). Содержание кадмия и свинца в исследуемом ЛРС находится ниже предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных ГФ РФ XIV, ОФС 1.5.3.0009.15. Содержание ртути и мышьяка не анализировали, так как предел количественного определения (ПКО) данных элементов методом АЭС выше, чем ПДК (7,5 мг/кг против 0,1 мг/кг для ртути и 6,3 мг/кг против 0,5 мг/кг для мышьяка соответственно).

Таблица. Результаты изучения макро- и микроэлементного состава побегов черники обыкновенной и створок фасоли обыкновенной

Элемент	Побеги черники обыкновенной, мг/кг ($x_{\text{ср}} \pm \Delta x_i$)	Створки фасоли обыкновенной, мг/кг ($x_{\text{ср}} \pm \Delta x_i$)
<i>Макроэлементы*</i>		
Mg	625 ± 4	2724 ± 10
Ca	3868 ± 2	6551 ± 20
<i>Микроэлементы</i>		
Ba	57 ± 2	6,8 ± 0,7
Al	213 ± 2	71 ± 1
Cd (ПДК = 1,0)	0,24 ± 0,01	0,090 ± 0,001
Co	0,080 ± 0,001	0,110 ± 0,001
Cr	0,18 ± 0,01	0,060 ± 0,001
Cu	11 ± 1	4,3 ± 0,6
Fe	17,7 ± 0,7	39,3 ± 1,5
Mn	1152 ± 7	18,4 ± 1,4
Ni	0,260 ± 0,002	0,070 ± 0,001
Pb (ПДК = 6,0)	0,67 ± 0,01	1,14 ± 0,14
Se	15,4 ± 0,6	12,8 ± 0,7
Sr	19,2 ± 0,7	22 ± 1
Zn	21,2 ± 0,7	5,3 ± 0,1

Примечание: * – натрий и калий не определяли намеренно, так как они являются физиологическими элементами живой клетки и всегда накапливаются в мажоритарных количествах, а их влияние на течение сахарного диабета не отмечено.

Из микроэлементов в побегах черники обыкновенной преобладают алюминий и марганец. В створках фасоли содержание микроэлементов в целом меньше, чем у побегов черники, но для этого сырья характерно большее накопление макроэлементов (в 2 раза больше кальция, в 4,9 раз больше магния). Микроэлементный состав створок фасоли менее выражен по количественному составу в сравнении с побегами черники (в 59 раз меньше марганца, в 3,3 раза меньше цинка и в 2,5 раза меньше меди).

ВЫВОДЫ

Изучен элементный профиль побегов черники обыкновенной и створок фасоли обыкновенной. Установлено наличие и определено количественное содержание 14 элементов в каждом из растений. Установлено, что в исследуемом ЛРС преобладают ионы кальция, магния, марганца, алюминия и цинка. Однако створки фасоли содержат меньше микроэлементов, чем побеги черники, но для этого вида сырья характерно большее накопление макроэлементов: в 2 раза больше кальция, в 4,9 раз больше магния.

Микроэлементный состав створок фасоли менее выражен по количественному составу в сравнении с побегами черники: в 59 раз меньше марганца, в 3,3 раза меньше цинка и в 2,5 раза меньше меди.

На основе полученных результатов в совокупности с данными литературы о значении элементов в терапии сахарного диабета можно предположить, что для побегов черники (несмотря на значительное содержание алюминия, обладающего токсическими свойствами [1]) в большей степени характерно антиоксидантное действие, поскольку для них отмечено значительное накопление марганца и цинка. Кроме того, чернику можно отнести к растениям манганофилам и использо-

вать в качестве растительного идентификатора почв, богатых марганцем.

Наличие антидиабетического действия для створок фасоли наряду с накоплением фенольных соединений можно обосновать также содержанием в сырье большого количества кальция и магния

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Che J., Yamaji N., Ma J.F.* Efficient and flexible uptake system for mineral elements in plants. *New Phytol.* 2018; 219(2): 513–517.
2. *Jayawardena R., Ranasinghe P., Galappathy P.* Effects of zinc supplementation on diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol. Metab. Syndr.* 2012; 4(1): 13.
3. *Volpe S.L.* Magnesium in disease prevention and overall health. *Adv. Nutr.* 2013; 4(3): 378–83.
4. *Brasanac-Vukanovic S., Mutic J., Stankovic D.M., et al.* Wild Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L., Ericaceae) from Montenegro as a Source of Antioxidants for Use in the Production of Nutraceuticals. *Molecules.* 2018; 23(8): 1864.
5. *Ahn C., Kang J.H., Jeung E.B.* Calcium homeostasis in diabetes mellitus. *J. Vet. Sci.* 2017; 18(3): 261–266.
6. *Li L., Yang X.* The Essential Element Manganese, Oxidative Stress, and Metabolic Diseases: Links and Interactions. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2018; 7: 580–587.
7. *Kohler L.N., Foote J., Kelley C.P., et al.* Selenium and Type 2 Diabetes: Systematic Review. *Nutrients.* 2018; 10(12): 1924.
8. *Lowe J., Taveira-da-Silva R., Hilário-Souza E.* Dissecting copper homeostasis in diabetes mellitus. *IUBMB Life.* 2017; 69(4): 255–262.
9. *Bljajić K., Petlevski R., Vujić L., et al.* Chemical Composition, Antioxidant and α -Glucosidase-Inhibiting Activities of the Aqueous and Hydroethanolic Extracts of *Vaccinium myrtillus* Leaves. *Molecules.* 2017; 22(5): 703.
10. *Ganesan K., Xu B.* Polyphenol-Rich Dry Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits. *Int. J. Mol. Sci.* 2017; 18(11): 2331.
11. Государственная фармакопея Российской Федерации [Электронный ресурс]. МЗ РФ. 14-е изд. М. 2018. Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (дата обращения 06.06.2021) (Gosudarstvennaja farmakopeja Rossijskoj Federacii [Jelektronnyj resurs]. MZ RF. 14-e izd. M. 2018. Rezhim dostupa: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (data obra-shhenija 06.06.2021).

Поступила 11 августа 2021 г.

ASSESSMENT OF MICRO- AND MACROELEMENTS PROFILE OF VEGETABLE RAW MATERIALS WITH POTENTIAL ANTIDIABETIC EFFECT

© Authors, 2021

E.V. Vishnyakov

Post-graduate Student,

Saint Petersburg State Chemical Pharmaceutical University (Petersburg, Russia)

I.I. Terninko

Dr.Sc.(Pharm.), Associate Professor, Head of Laboratory, Professor of the Department of Pharmaceutical Chemistry,

Saint Petersburg State Chemical Pharmaceutical University (Petersburg, Russia)

Yu.E. Generalova

Analytical Chemist,
Saint Petersburg State Chemical Pharmaceutical University (Petersburg, Russia)

V.I. Toporkova

Student,
Saint Petersburg State Chemical Pharmaceutical University (Petersburg, Russia)

Relevance. In the pathogenesis of many diseases, including diabetes mellitus, a deficiency of micro- and macroelements plays an important role. Medicinal plant raw materials (MP) of common blueberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) can accumulate micro and macro elements that are necessary for the correction of the pathology of diabetes mellitus.

The aim. Evaluation of the elemental composition of blueberry shoots and common bean valves.

Material and methods. In this work, as objects of research, we used shoots of blueberry and common bean valve. Raw materials registered as dietary supplements were purchased from the pharmacy chain in St. Petersburg. The analysis was performed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (AES) on an Optima 8000 spectrometer (Perkin Elmer, USA).

Results. It was found that the studied medicinal plant was dominated by ions of calcium, magnesium, manganese, aluminum and zinc. However, it is worth noting that bean shells contain fewer trace elements than blueberry shoots, but this type of raw material is characterized by a greater accumulation of macronutrients (2 times more calcium, 4.9 times more magnesium). The trace element composition of the bean valves is less pronounced in quantitative composition in comparison with blueberry shoots (59 times less manganese, 3.3 times less zinc and 2.5 times less copper).

Conclusions. It was possible to find out that the major components are calcium, magnesium, manganese, aluminum and zinc, which, as part of mineral plant complexes, participate in the mechanism of antioxidant and hypoglycemic action of plants.

Key words: common blueberries, common beans, macroelements, trace elements, mineral complexes, atomic emission spectrometry.

For citation: Vishnyakov E.V., Terninko I.I., Yu.E. Generalova, Toporkova V.I. Assessment of micro- and macroelements profile of vegetable raw materials with potential antidiabetic effect. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2021;24(11):42–46. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-11-07>



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
лекарственных и ароматических растений»

приглашает к сотрудничеству
фармпроизводителей и сельхозпредприятия
для совместного продвижения наших научных разработок.
Мы предлагаем лекарственные фитопрепараты к производству
и агротехнологии лекарственных и ароматических культур
для выращивания в различных регионах России

Тел. контакта: 8(495)388-55-09; 8(495)388-61-09; 8(495)712-10-45

Fax: 8(495)712-09-18

e-mail: vilarnii.ru

www.vilarnii.ru