

УДК 615.074, 615.32

<https://www.doi.org/10.34907/JPQAI.2021.11.80.005>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ И ВИДОВ СЫРЬЯ *APIUM GRAVEOLENS L.* КАК СРЕДСТВА ДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

И.И. Тернинко, доктор фарм. наук, доцент, начальник Испытательной лаборатории (Центр контроля качества лекарственных средств), профессор кафедры фармацевтической химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России (ФГБОУ ВО СПХФУ), г. Санкт-Петербург, inna.terninko@pharminnotech.com

Ю.Э. Генералова, химик-аналитик Испытательной лаборатории (Центр контроля качества лекарственных средств), ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России (ФГБОУ ВО СПХФУ), г. Санкт-Петербург, generalova.yuliya@pharminnotech.com

Е.С. Сурбеева, студент 5-го курса 360-й группы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России (ФГБОУ ВО СПХФУ), г. Санкт-Петербург, bazanova.elizaveta@pharminnotech.com

Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой был проведен сравнительный анализ элементного состава различных ботанических форм и сортов сельдерея пахучего (*Apium graveolens L.*) – пищевой культуры, которая применяется в диетическом и функциональном питании при коррекции избыточной массы тела. Показано, что различные морфологические части растения накапливают разные элементы в максимальном количестве. Для листьев отмечается превалирующее относительно других ботанических форм сельдерея содержание кальция и рубидия, накопление натрия и стронция максимально в черешках. В корнеплоде сельдерея наблюдается высокое содержание калия и цинка. Наибольшим количеством макро- и микроэлементов отличаются листья сельдерея (конкретно сорт «Нежный»), что делает их объектом выбора в диетическом питании и в качестве источника получения биологически активных добавок для коррекции лишнего веса.

Мажоритарными макро- и микроэлементами являются магний, железо, кальций и цинк, метаболизм и действие которых, согласно литературным данным, играют важную роль при коррекции ожирения.

Ключевые слова: сельдерей пахучий, минеральный состав, атомно-эмиссионная спектроскопия, ожирение, функциональное питание

В настоящее время ожирение и избыточная масса тела являются прогрессирующей патологией, а также фактором риска развития ряда хронических заболеваний. Например, инсулинорезистентность, возникающая при ожирении, приводит к возникновению сахарного диабета второго типа, а повышенный уровень липидов и глюкозы в плазме крови – к сердечно-сосудистым заболеваниям и увеличению риска сердечно-сосудистых событий. Согласно литературным данным [1,2], при ожирении достаточно часто наблюдается

дефицит некоторых макро- и микроэлементов, например магния и железа. В первую очередь это объясняется наличием хронического воспалительного процесса жировой ткани. Установлено, что данный патологический процесс сопровождается нарушением абсорбции железа [3], что может привести к уменьшению уровня гемоглобина в плазме крови. Недостаток магния является фактором риска таких осложнений, как атеросклероз, сахарный диабет 2-го типа и остеопороз [4]. Таким образом, дополнительный прием железа и магния может быть рекомендован при комплексном лечении ожирения.

Данные литературы показали, что определенные микронутриенты, например кальций и цинк, способствуют снижению избыточной массы тела и лечению ожирения [5,6]. Согласно исследованиям, кальций, действуя через кальциевые сигнальные пути, способствует увеличению расхода энергии путем усиления метаболизма и дифференцировки адипоцитов, а также уменьшению аппетита, тем самым способствуя снижению избыточной массы тела [5]. Установлено, что цинк увеличивает биогенез и расход энергии бурого жира, а также снижает инсулинорезистентность [6]. Кроме того, доказано, что дефицит цинка является фактором риска развития ожирения и сахарного диабета 2 типа [7]. Способность уменьшать инсулинорезистентность также установлена для хрома [8] и обусловлена повышением чувствительности инсулиновых рецепторов. Помимо этого, положительная роль в профилактике и терапии избыточной массы тела отмечена для калия [9] и селена [10].

Изучение элементного профиля лекарственных растений является обязательным этапом фитохимического скрининга, т. к. минералы в составе комплексов с биологически активными веществами (БАВ) могут влиять на проявление и степень выраженности фармакологического эффекта растительных пре-

паратов. Учитывая участие макро- и микроэлементов в профилактике ожирения, актуальным является изучение минерального состава растений, которые позиционируются в качестве источников средств для лечебного и диетического питания.

Сельдерей пахучий (*Apium graveolens* L.) – пищевое двулетнее травянистое растение семейства *Ariaceae*, которое существует в 3-х ботанических формах – корневой, черешковой и листовой – и отличается разнообразием сельскохозяйственных сортов. Так, по данным государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию [11], в России по состоянию на 26 февраля 2020 года зарегистрировано 65 официальных сортов сельдерея, из которых 31 сорт корневого, 34 – черешкового и листового. Химический состав сельдерея весьма разнообразен и включает моно- и полисахариды, аминокислоты, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, производные кумарина, эфирные масла, органические и жирные кислоты [12]. Согласно литературным данным [13], сельдерей уменьшает уровень глюкозы и липидов (триглицеридов, холестерина, ЛПНП, ЛПВП) в крови, понижает артериальное давление и вероятность возникновения сердечно-сосудистых событий. Таким образом, можно предположить, что сельдерей является потенциальным источником различных БАВ, способствующих профилактике ожирения и снижению избыточной массы тела, и, как следствие, изучение минерального профиля является важным этапом комплексного фитохимического исследования данного растения.

Целью работы было изучить макро- и микроэлементный состав различных ботанических форм сырья (корнеплода, черешков и листьев) сельдерея пахучего, в том числе сравнить разные сорта сельдерея листового и определить элементы максимального накопления. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- Подобрать условия пробоподготовки для выделения макро- и микроэлементов из ЛРС;
- Провести собственно анализ методом атомно-эмиссионной спектрометрии, обработать и интерпретировать полученные результаты;
- Провести систематизацию и сравнительный анализ полученных данных и выбрать элементы максимального накопления в различных ботанических формах сельдерея;
- Провести сравнение минерального состава различных сортов листового сельдерея и выбрать сорт, который отличается максимальным накоплением целевых элементов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовали корнеплоды (ботанический сорт «Олимп»), черешки (ботанический сорт «Малахит») и листья (ботанические сорта «Нежный», «Захар», «Паскаль» и «Бодрый») сельдерея пахучего. Листья заготавливали на приусадебном участке в Ленинградской области (пос. Лемболово) в августе-сентябре 2020 года, корнеплоды и стебли приобретали в продуктовых супермаркетах г. Санкт-Петербурга (согласно информации на упаковке, страна происхождения – Россия, период заготовки – сентябрь 2020 года). Свежее сырье высушивали методом естественной воздушно-теневого сушки с соблюдением правил сушки эфиромасличного сырья (толстый слой сырья, частое переворачивание) до остаточной влажности не более 15%.

Определение минерального состава сырья проводили методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе АЭС-ИСП Optima 8000 (Perkin Elmer, США), управляемого программным обеспечением WinLab 32. Анализ проводили на базе ЦКП «Аналитический центр» ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России.

Пробоподготовка. Около 0,4 г (точная навеска) высушенного измельченного (3–5 мм) сырья помещали в тефлоновые реакторы, добавляли 5 мл азотной кислоты (Nitric acid Puriss. r.a., 65%, Honeywell Fluka, Germany) и 3 мл раствора перекиси водорода 30% (партия 11/D 2, ООО «Нева Реактив»), аккуратно перемешивали, оставляли на 10 минут для удаления паров. Проводили разложение проб с использованием микроволновой системы BERGHOF SpeedWave Entry Two. После охлаждения полученные растворы количественно переносили в полимерные мерные колбы вместимостью 50 мл и доводили до метки водой деионизированной (с электропроводностью менее 0,5 См · см⁻¹). Полученные пробы использовали для качественного и количественного определения элементов.

В качестве стандартного образца (СО) использовали Multi-Element Calibration Standard 3 (Perkin Elmer, США), с концентрацией всех ионов (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, Zn, U, V), равной 10 мкг/мл (Perkin Elmer, США), из которого готовили градуировочные растворы (конц. = 0,1; 0,5; 1,0 мг/л) и по ним строили градуировочные зависимости.

В качестве растворителя (*blank*) использовали 5 мл азотной кислоты и 3 мл раствора перекиси водорода 30%, которые помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили до метки водой деионизированной (с электропроводностью менее 0,5 См · см⁻¹).

Настройки прибора приведены в табл. 1.

Последовательно анализировали растворитель и испытуемые растворы (5 растворов). Содержание элементов в образце (X, мг/кг) рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{C_x \cdot V_k \cdot w}{a} \times 1000,$$

где C_x – концентрация аналита по градуировочной прямой, мг/л; V_k – объем мерной

Таблица 1

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА – РАБОЧИЕ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА

Время интегрирования	1–2 сек
Число повторов интегрирования	3
Скорость потока плазмообразующего газа	10 л/мин
Скорость потока дополнительного газа	0,2 л/мин
Скорость потока газа для распыления пробы	0,7 л/мин
Мощность плазмы	1300 Вт
Положение обзора эмиссии	аксиальный
Скорость подачи образца	1,5 мл/мин

колбы, мл; а – масса навески, г; 1000 – перевод г в кг; W – коэффициент разведения для макроэлементов (кальция, магния, натрия, калия) = $V_{мк}/Va$.

Полученные данные обрабатывали методом математической статистики в соответствии с рекомендациями ГФРФОФС.1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов химического эксперимента» [14]. Достоверность результатов оценивали по значению RSD (критерий приемлемости RSD – 2%, для микроконцентраций элементов допустимое значение RSD – 30%).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования в различных видах сырья *Arium graveolens* L. было обнаружено 12 макро- и микроэлементов. Результаты приведены в табл. 2–3.

Полученные данные по изучению минерального профиля в сравнительном аспекте по разным ботаническим формам сельдерея представлены на диаграммах (рис. 1 и 2).

Тяжелые металлы и мышьяк в анализируемых объектах идентифицированы не были (их содержание ниже ПКО используемым методом).

Как видно из данных табл. 2 и рис. 1–2, разные ботанические формы сельдерея накапливают различные элементы. Так, из макроэлементов содержание кальция превалирует в листьях, что можно пояснить накоплением его в виде оксалата кальция, причем максимальная концентрация наблюдается в сорте «Нежный» (около 27 г/кг). Накопление магния максимально в хлорофиллоносных частях – черешках и листьях сельдерея (от 2,5 до 3 г/кг). Наибольшее содержание калия характерно для листьев сорта «Бодрый» и корнеплодов растения.

Мажоритарными микроэлементами сельдерея являются железо, алюминий, цинк и стронций, накопление которых отличается в разных ботанических формах и сортах растения. Содержание железа максимально в сельдерее черешковом (около 180 мг/кг), а также в листьях сортов «Нежный» и «Паскаль» (около 160 мг/кг). Наибольшее накопление цинка наблюдается в листьях сорта «Нежный» (около 65 мг/кг) и корнеплоде (около 50 мг/кг) сельдерея. В принципе, для листьев можно отметить большее накопление всех микроэлементов (кроме меди, которая значительно превалирует в корнеплодах) в сравнении с другими морфологическими частями. Также необходимо отметить накопление рубидия (65 мг/кг) в листьях сельдерея сорта «Бодрый» и позиционировать данный сорт как источник БАД неврологического профиля ввиду сочетанного действия рубидия и магния при повышенной нервной возбудимости.

Таким образом, наибольшим накоплением целевых элементов – кальция, цинка, магния, железа, которые участвуют в механизме профилактического действия БАВ растений при избыточном весе, характеризуется сельдерей листовой сорта «Нежный», что делает его объектом выбора в диетическом питании

Таблица 2

**МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ
СЕЛЬДЕРЕЯ ПАХУЧЕГО**

Группа элементов	Элемент	Содержание элементов, мг/кг (n=5)		
		С. листовой (сорт «Нежный») $x_{cp} \pm \Delta x_i$	С. черешковый $x_{cp} \pm \Delta x_i$	С. корневой $x_{cp} \pm \Delta x_i$
Макро-элементы	Ca	$(27 \pm 4) \times 10^3$	$(11,2 \pm 1,1) \times 10^3$	$(8,3 \pm 0,2) \times 10^3$
	K	$(13,7 \pm 0,5) \times 10^3$	$(18,6 \pm 0,6) \times 10^3$	$(30,5 \pm 1,1) \times 10^3$
	Mg	$(2,8 \pm 0,3) \times 10^3$	$(2,9 \pm 0,3) \times 10^3$	1381 ± 18
	Na	$(6,9 \pm 0,3) \times 10^3$	$(51 \pm 5) \times 10^3$	$(3,1 \pm 0,1) \times 10^3$
Микро-элементы	Fe	160 ± 20	178 ± 16	101 ± 24
	<i>Cd</i>	–	–	–
	Co	$0,045 \pm 0,015$	$0,11 \pm 0,03$	$0,199 \pm 0,015$
	Cr	–	–	–
	Cu	$7,2 \pm 1,3$	$6,9 \pm 1,3$	$16,4 \pm 1,7$
	Al	225 ± 16	241 ± 21	62 ± 21
	As	–	–	–
	Ba	62 ± 4	$3,7 \pm 0,6$	$4,9 \pm 1,5$
	Mn	46 ± 6	$28,2 \pm 1,0$	$22,4 \pm 1,2$
	Bi	–	–	–
	Ni	–	–	–
	<i>Pb</i>	–	–	–
	<i>Hg</i>	–	–	–
	Rb	$18,1 \pm 0,3$	26 ± 4	$11,5 \pm 0,4$
	Se	–	–	–
	Sr	75 ± 4	$43,2 \pm 1,7$	$23,9 \pm 0,4$
Zn	65 ± 4	$26,4 \pm 0,6$	55 ± 2	

Примечание: «–» – содержание элемента ниже его ПКД данным методом; курсивом выделены контролируемые элементы с соответствии с ГФ РФ ОФС.1.5.3.0009.15

Таблица 3

МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ СЕЛЬДЕРЕЯ ПАХУЧЕГО ЛИСТОВОГО

Группа элементов	Элемент	Содержание элементов, мг/кг, (n=5)		
		Сорт «Захар» $x_{cp} \pm \Delta x_i$	Сорт «Паскаль» $x_{cp} \pm \Delta x_i$	Сорт «Бодрый» $x_{cp} \pm \Delta x_i$
Макроэлементы	Ca	$(15,5 \pm 0,5) \times 103$	$(15,8 \pm 0,1) \times 103$	$(15,5 \pm 1,1) \times 103$
	K	$(29 \pm 3) \times 103$	$(29,2 \pm 0,3) \times 103$	$(37 \pm 8) \times 103$
	Mg	$(27,1 \pm 0,5) \times 103$	$(2,6 \pm 0,2) \times 103$	$(2,5 \pm 0,3) \times 103$
	Na	$(5,2 \pm 0,4) \times 103$	$(6,1 \pm 0,6) \times 103$	$(5,4 \pm 0,5) \times 103$
Микроэлементы	Fe	127 ± 10	158 ± 12	112 ± 11
	<i>Cd</i>	–	–	–
	Co	$0,055 \pm 0,012$	$0,06 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,04$
	Cr	–	–	–
	Cu	$2,61 \pm 0,01$	$2,35 \pm 0,30$	$2,7 \pm 0,3$
	Al	205 ± 6	263 ± 14	154 ± 5
	As	–	–	–
	Ba	$18,0 \pm 0,7$	$14,1 \pm 1,3$	$12,35 \pm 0,15$
	Mn	$32,8 \pm 0,5$	28 ± 4	$26,6 \pm 1,4$
	Bi	–	–	–
	Ni	–	–	–
	<i>Pb</i>	–	–	–
	<i>Hg</i>	–	–	–
	Rb	$42,3 \pm 1,6$	54 ± 3	65 ± 12
	Se	–	–	–
	Sr	13 ± 2	13 ± 3	$31,5 \pm 0,2$
Zn	$24,26 \pm 0,10$	$23,0 \pm 1,6$	$24,7 \pm 1,1$	

Примечание: «–» – содержание элемента ниже его ПКО данным методом; курсивом выделены контролируемые элементы в соответствии с ГФ РФ ОФС.1.5.3.0009.15

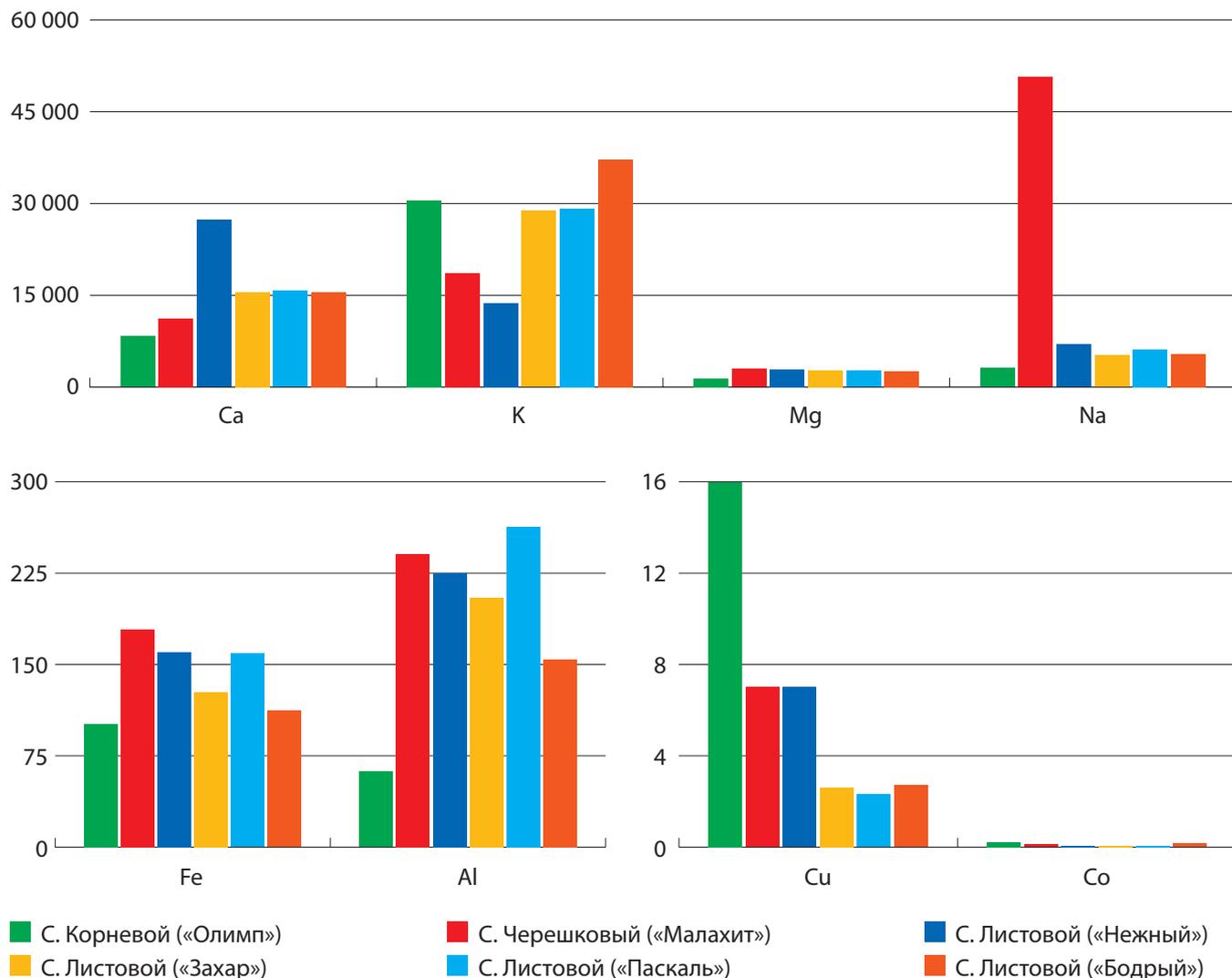


РИС. 1. Макроэлементный профиль сельдерея пахучего (мг/кг)

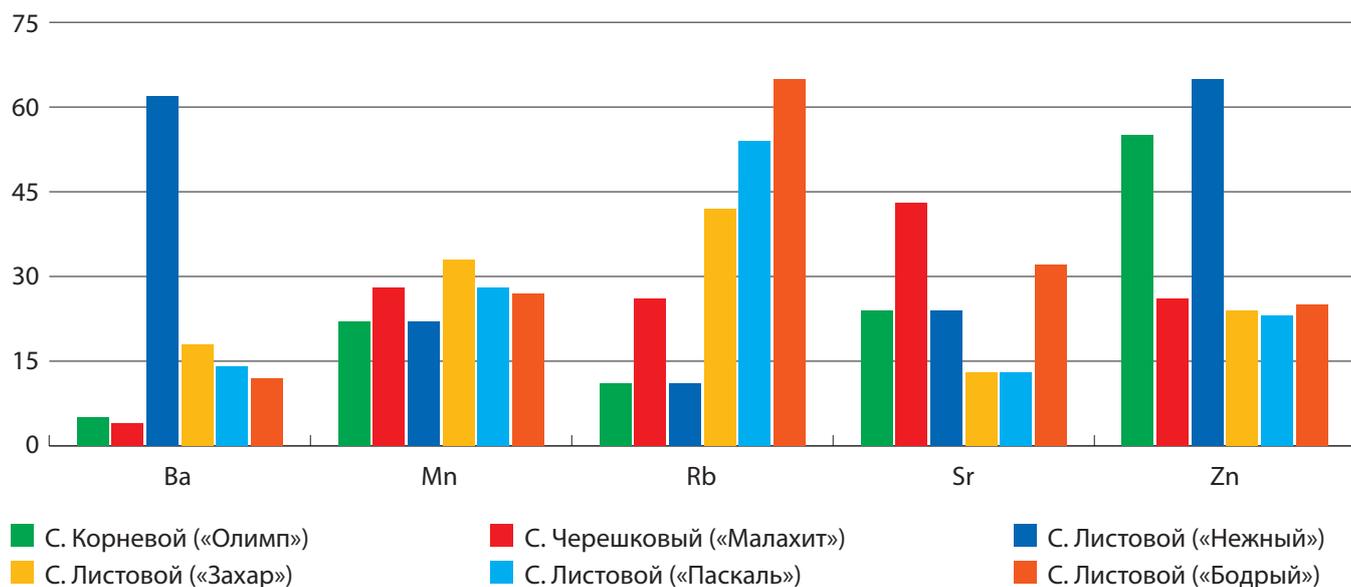


РИС. 2. Микроэлементный профиль сельдерея пахучего (мг/кг)

и в качестве источника получения биологически активных добавок для коррекции лишнего веса. Помимо этого, значительное содержание кальция в данном сорте растения (около 25 г/кг) позволяет отнести его к биологическим индикаторам кальциево-стронциевых почв.

ВЫВОДЫ

1. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой изучен минеральный состав различных видов сырья (корнеплодов, листьев и стеблей) сельдерея пахучего, а также в сравнительном аспекте рассмотрены разные сорта сельдерея листового. Показано, что различные морфологические части растения накапливают разные элементы в максимальном количестве. Наибольшим количеством микроэлементов отличаются листья сельдерея.

2. Установлено, что наибольшее количество целевых (магний, железо, кальций, цинк) элементов, показанных в диетическом питании при избыточной массе тела, накапливают листья сельдерея сорта «Нежный».

3. Таким образом, исходя из оценки элементного профиля сельдерея пахучего, можно предположить положительное влияние применения данного растения в рамках комплексной терапии ожирения. Разработка и стандартизация лекарственных препаратов и БАДов на основе сельдерея пахучего являются перспективным и актуальным направлением в рамках профилактики и лечения избыточной массой тела.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Forrest H.N. *Magnesium, inflammation, and obesity in chronic disease // Nutrition Reviews*. 2010. – Vol. 68. – №6. – P. 333–340. doi: 10.1111/j.1753-4887.2010.00293.x.
2. Dao M.C., Meydani S.N. *Iron biology, immunology, aging, and obesity: four fields connected by the small peptide hormone hepcidin // Adv. Nutr.* 2013. – Vol. 4. – №6. – P. 602–617. doi: 10.3945/an.113.004424.
3. Aigner E., Feldman A., Datz C. *Obesity as an emerging risk factor for iron deficiency // Nutrients*. 2014. – Vol. 6. – №9. – P. 3587–3600. doi: 10.3390/nu6093587.
4. Chen Y., Michalak M., Agellon L.B. *Importance of Nutrients and Nutrient Metabolism on Human Health // Yale J. Biol. Med.* 2018. – Vol. 91 – №2. – P. 95–103. doi: 10.1016/S1002-0160(13)60077-6.
5. Song Z., Wang Y., Zhang F., Yao F., Sun C. *Calcium Signaling Pathways: Key Pathways in the Regulation of Obesity // Int.J. Mol. Sci.* 2019. – Vol. 20. – №11. – P. 2768. doi:10.3390/ijms20112768.
6. Fukunaka A., Fukada T., Bhin J., Suzuki L., Tsuzuki T., Takamine Y., Bin B.H., Yoshihara T., Ichinoseki-Sekine N., Naito H., Miyatsuka T., Takamiya S., Sasaki T., Inagaki T., Kitamura T., Kajimura S., Watada H., Fujitani Y. *Zinc transporter ZIP13 suppresses beige adipocyte biogenesis and energy expenditure by regulating C/EBP- β expression // PLoS Genet.* 2017. – Vol. 13. – №8. doi: 10.1371/journal.pgen.1006950.
7. Fukunaka A., Fujitani Y. *Role of Zinc Homeostasis in the Pathogenesis of Diabetes and Obesity // Int.J. Mol. Sci.* 2018. – Vol. 19. – №2. – P. 476. doi:10.3390/ijms19020476.
8. Hua Y., Clark S., Ren J., Sreejayan N. *Molecular mechanisms of chromium in alleviating insulin resistance // J. Nutr. Biochem.* 2012. – Vol. – №4. – P. 313–319. doi: 10.1016/j.jnutbio.2011.11.001.
9. Cai X., Li X., Fan W., Yu W., Wang S., Li Z., Scott E.M., Li X. *Potassium and Obesity/Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Epidemiological Evidence // Nutrients*. 2016. – Vol. 8. – №4. – P. 183. doi: 10.3390/nu8040183.
10. Heffernan S.M., Horner K., De Vito G., Conway G.E. *The Role of Mineral and Trace*

- Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review // Nutrients. 2019. – Vol. 11. – №3. – P. 696.*
11. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf, свободный. Дата обращения: 27.04.2021.
 12. Al-Asmari A.K., Athar M.T., Kadasah S.G. An Updated Phytopharmacological Review on Medicinal Plant of Arab Region: *Apium graveolens* Linn. // *Pharmacogn Rev.* – 2017. – Vol. 11. – №21. – P. 13–18. doi:10.4103/phrev.phrev_35_16.
 13. Cho B.O., Choi J., Kang H.J., Che D.N., Shin J.Y., Kim J.S., Kim S.J., Jang S.I. Anti-obesity effects of a mixed extract containing *Platycodon grandiflorum*, *Apium graveolens* and green tea in high-fat-diet-induced obese mice // *Exp. Ther. Med.* 2020. – Vol. 19. – №4. – P. 2783–2791. doi: 10.3892/etm.2020.8493.
 14. ОФС.1.1.0013.15. Статистическая обработка результатов эксперимента. <https://pharmacopoeia.ru/ofc-1-1-0013-15-statisticheskaya-obrabotka-rezultatov-eksperimenta/>, свободный. Дата обращения: 29.04.2021.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MINERAL COMPOSITION OF DIFFERENT VARIETIES AND TYPES OF RAW MATERIALS *APIUM GRAVEOLENS* L. AS A DIETARY FOOD

I.I. Terninko, Yu.E. Generalova, E.S. Surbeeva

St. Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, St. Petersburg, Russia

*The method of optical emission spectrometry with inductive-chemical plasma was used for a comparative analysis of the compositional elements in different botanical forms and varieties of celery (*Apium graveolens* L.) - a food culture, which uses as dietary and functional food for correcting excess body weight. It was shown that different morphological parts of a plant accumulate different concentration of elements. In the leaves, the content of calcium and rubidium is more, than in other forms of celery. The accumulation of sodium and strontium is maximum in the stems. Celery root has a high potassium and zinc content. Celery leaves are distinguished by the greatest amount of macro- and microelements (specifically, the "Nezhnyj" variety), which makes them an object of choice in dietary nutrition and as a source of biologically active additives for correcting excess weight. The major macro- and microelements are magnesium, iron, calcium and zinc, the metabolism and action of which, according to the literature, play an important role in the correction of obesity.*

Keywords: *Apium graveolens*, mineral compound, optical emission spectrometry, obesity, functional nutrition