

З. Е. Егорова, доцент; А. Н. Никитенко, аспирант; В. В. Михайлова, аспирант

### ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

The purpose of researches was to study mineral structure of some of the most known in territory of the Republic of Belarus of medicinal grasses and such widespread fruit raw material, as apples. In more detail we have examined such macrocells, as sodium, potassium, calcium, magnesium. Objects of research became following medicinal grasses: a calendula (inflorescences), a cornflower dark blue (inflorescences), wild strawberry wood (leaves), origanum vulgare (an elevated part), a wormwood bitter (an elevated part), Inula helenium (roots) and following sorts of apples, as Anthonovca, Antear, Banana apple, Belarusian soft.

Carried out researches have shown, that analyzed vegetative raw material richly mineral substances. In medicinal grasses and apples most of all potassium, there is less than calcium, it is even less than magnesium and sodium.

**Введение.** Минеральные вещества наравне с витаминами играют важную роль в различных обменных процессах организма человека: выполняют пластическую функцию, участвуют в построении костной ткани и регуляции водно-солевого и кислотно-щелочного равновесия, входят в состав многих ферментных систем [1].

Основным источником поступления этих важных питательных веществ в организм человека являются пищевые продукты, в том числе растительные. Изучению минерального состава продуктов растительного происхождения посвящено достаточно много работ, в которых особое внимание уделяется методам его определения [2–12].

Анализ литературы в данной области показал, что большинство авторов для определения количественного и качественного состава минеральных веществ применяли физико-химические методы, в частности оптические и электрохимические [2–9]. Так, для изучения содержания натрия, калия, кальция и магния во фруктовых и овощных соках использовали спектрофотометрический метод атомной абсорбции [2]. Концентрацию железа в пищевых продуктах и в растительном сырье определяли колориметрическим [3], фотометрическим [4] методами, а также методом атомно-абсорбционной спектроскопии [5]. В работах [6–9] для определения цинка в растительном сырье применяли полярографический и спектрометрический методы. Имеются сведения [10] об использовании высокоэффективной жидкостной хроматографии для изучения минерального состава растительного сырья.

В последнее время в литературе появились данные о перспективности применения метода капиллярного электрофореза для количественного определения макро- и микроэлементов в пище [11, 12]. К достоинствам данного метода относят:

- быстроту получения результатов и высокую эффективность разделения;
- отсутствие дорогостоящего оборудования и незначительные (нанолитровые) объемы пробы.

Целью данной работы было определение возможности применения метода капиллярного электрофореза для изучения минерального состава растительной продукции.

**Основная часть.** Объектами исследования были:

– высушенные лекарственные травы (соцветия календулы и василька синего, листья земляники лесной, надземная часть душицы обыкновенной и полыни горькой, корни девясила высокого);

– свежие яблоки следующих товарных сортов: Антоновка обыкновенная, Банановое, Белорусское малиновое и Антей.

О минеральном составе объектов исследования судили по содержанию таких макроэлементов, как калий (K), кальций (Ca), натрий (Na) и магний (Mg).

Для количественного определения вышеперечисленных макроэлементов использовали электрофоретический прибор «Капель103Р» с программным обеспечением «МультиХром для Windows». Погрешность измерения прибора  $\pm \delta$  для калия (K) составляет 8%, а для кальция (Ca), магния (Mg) и натрия (Na) – 10%.

За основу проведения исследований была взята стандартизированная методика выполнения измерений массовых концентраций катионов в воде [13], включающая следующие стадии:

- отбор проб;
- подготовку проб;
- градуировку прибора;
- проведение измерений;
- обработку результатов.

*Отбор проб* осуществляли по СТБ 1036 [14].

Для *пробоподготовки* отобранных образцов анализируемого растительного сырья использовали метод сухого озоления в соответствии с ГОСТ 26929 [15]. С этой целью отобранные пробы лекарственных трав измельчали, отбирали навески требуемой массы, помещали в тигли и на электроплитке осторожно проводили обугливание, не допуская сильного дымления. После прекращения вы-

деления дыма тигли с обугленными навесками помещали в холодную электропечь.

Аналогичные манипуляции осуществляли и с яблоками, которые предварительно высушивали в сушильном шкафу до массовой доли влаги 5–6%.

Минерализацию подготовленных объектов исследования проводили в течение 10–15 ч до получения серой золы путем постепенного повышения температуры электропечи на 50°C через каждые 30 мин, доводя ее до 450°C.

Затем тигли с золой охлаждали до комнатной температуры, смачивали содержимое минимальным количеством раствора азотной кислоты, которую выпаривали досуха на водяной бане с последующей выдержкой в сушильном шкафу при температуре до 140°C. После охлаждения тигли с навесками снова помещали в охлажденную электропечь, постепенно нагревали ее до температуры 300°C и выдерживали в течение 0,5 ч. Указанный цикл повторяли несколько раз, пока зола в тиглях не становилась белого или слегка окрашенного цвета, без наличия обугленных частиц.

Белую золу растворяли при нагревании в азотной кислоте (1 : 1), растворы упаривали до влажных солей, осадки вновь растворяли в 25 см<sup>3</sup> 1%-ной азотной кислоты, а затем разбавляли дистиллированной водой до получения pH растворов  $\geq 4$  и фильтровали через сухой фильтр «синяя лента». Полученные таким образом растворы исследуемых растительных продуктов использовали для количественного определения в них искомым макроэлементов.

Градуировку системы капиллярного электрофореза «Капель 103Р» осуществляли, используя не менее семи стандартных растворов разной концентрации каждого из катионов.

Выход катионов осуществлялся в следующем порядке: калий, натрий, магний и кальций. На рис. 1 показана электрофореграмма градуировочного раствора.

*Результаты исследований и их обсуждение.* На рис. 2 представлена электрофореграмма соцветий календулы. Высота и площадь пиков на ней являются характеристиками анализируемых макроэлементов. Появление пика по времени определяет принадлежность к соответствующему элементу, а площадь пика указывает на его концентрацию в пробе. Аналогичные электрофореграммы были получены для всех исследованных нами лекарственных растений.

Обобщенные результаты измерений массовых концентраций калия, натрия, магния и кальция в исследуемых лекарственных травах представлены на рис. 3.

Как показано на рис. 3, в изученных нами образцах лекарственных трав больше всего содержалось калия: от 767,71 мг/100 г СВ в душице обыкновенной до 2053,47 мг/100 г СВ в полыни горькой. Вторым по количественному значению был кальций: от 609,98 мг/100 г СВ в полыни горькой до 1061,23 мг/100 г СВ в душице обыкновенной. На долю магния в исследованных лекарственных растениях приходилось 168,98–284,02 мг/100 г СВ, содержание натрия колебалось в пределах 24,10–79,99 мг/100 г СВ.

Сравнение изученных нами лекарственных трав по массовым концентрациям измеряемых макроэлементов показало наибольшую ценность в этом отношении корней девясила (мг/100 г СВ): К – 1550,69; Na – 60,58; Mg – 284,02; Ca – 728,37.

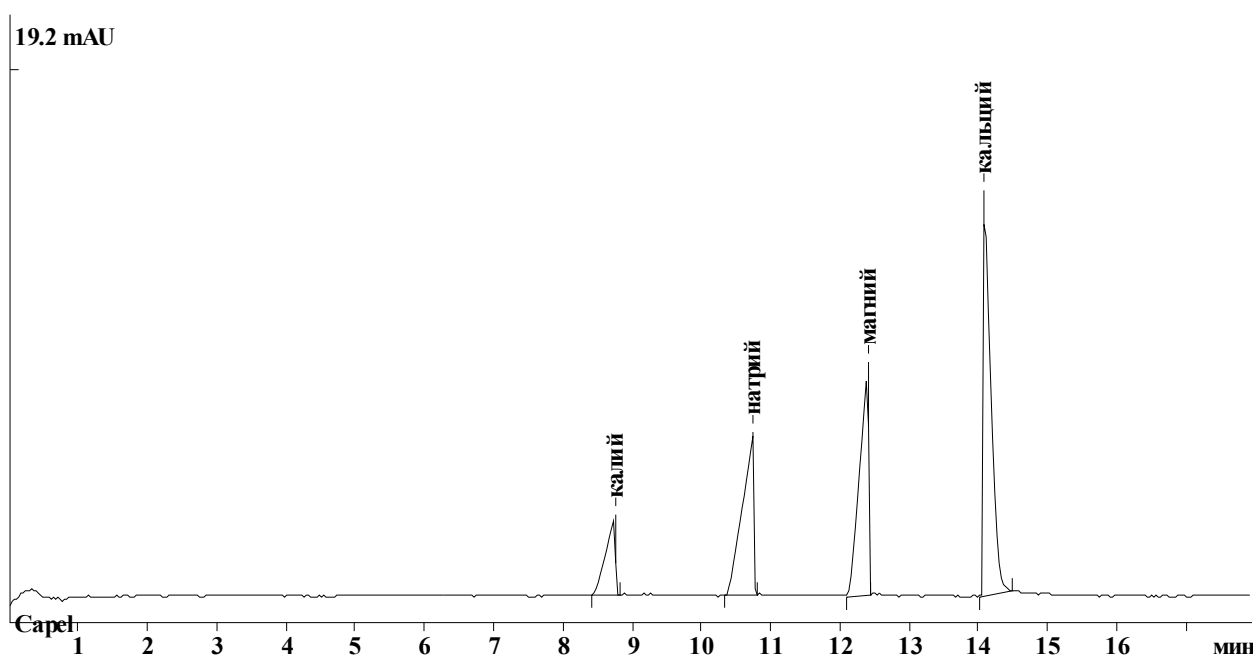


Рис. 1. Электрофореграмма градуировочного раствора

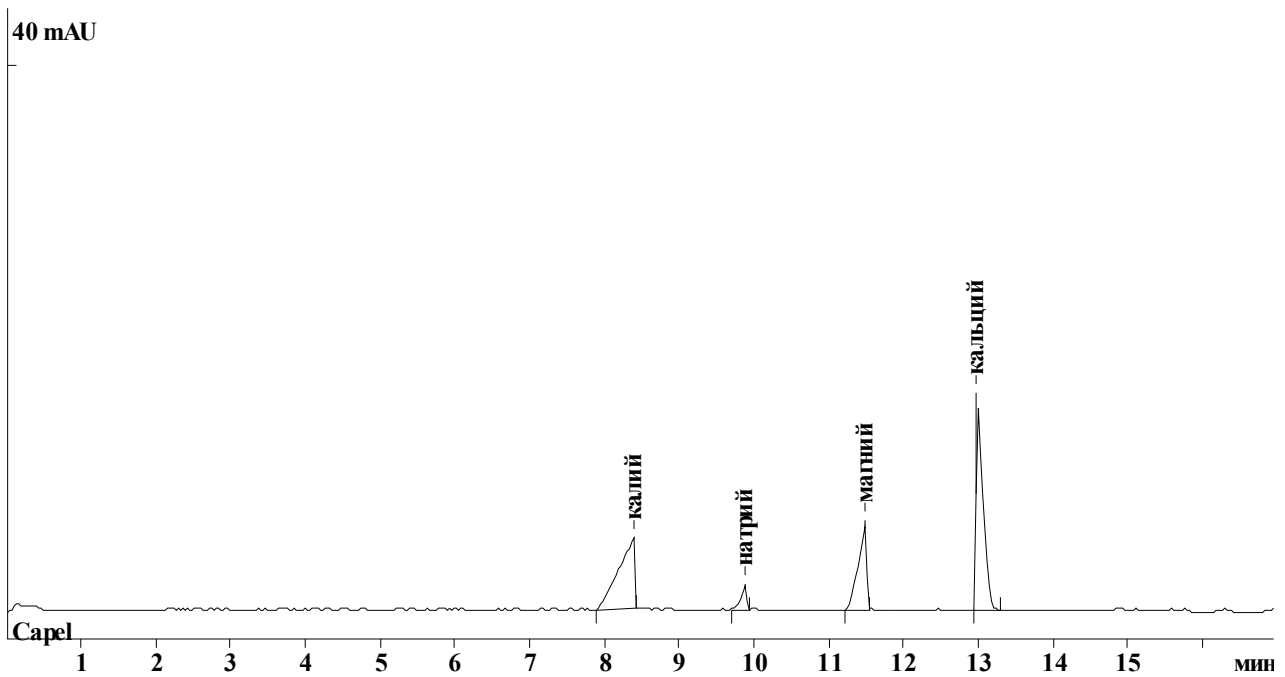


Рис. 2. Электрофореграмма соцветий календулы

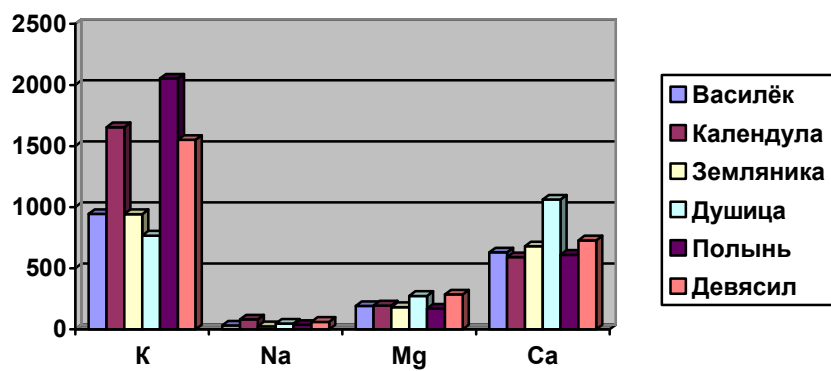


Рис. 3. Содержание макроэлементов в лекарственных травах (мг/100г сухого вещества)

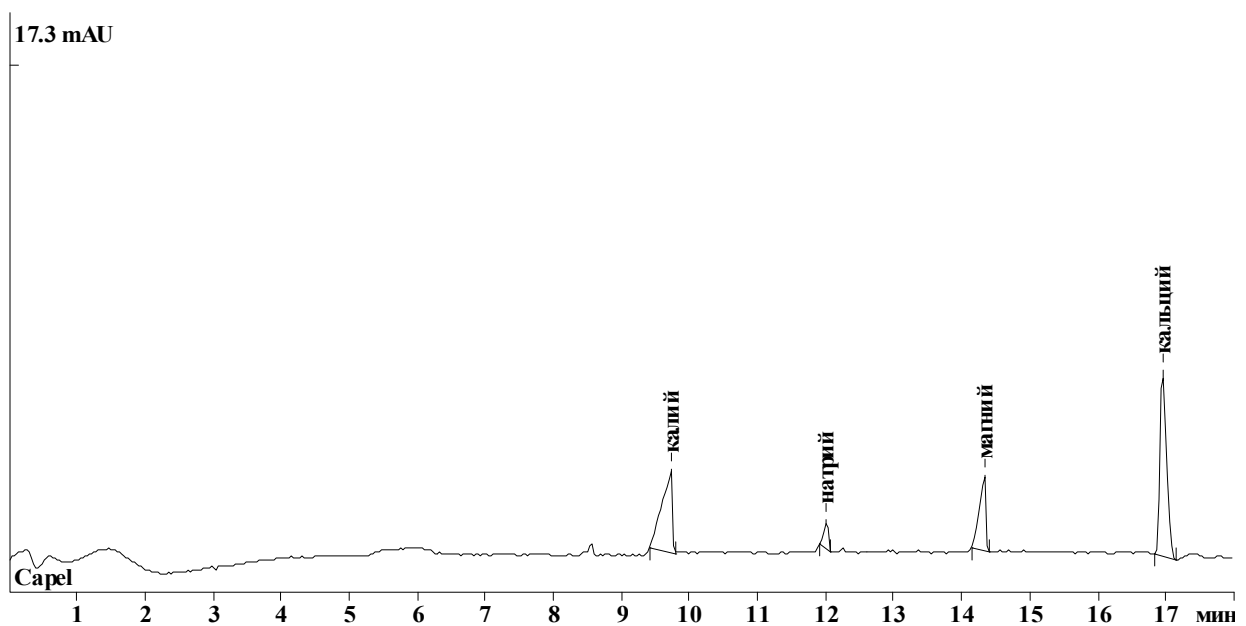


Рис. 4. Электрофореграмма яблок сорта Банановое

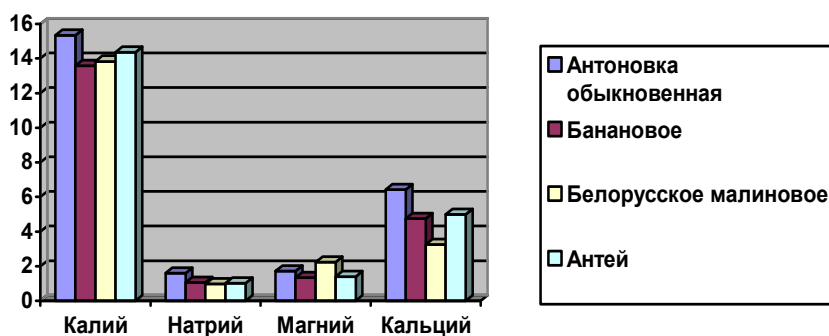


Рис. 5. Содержание макроэлементов в плодах яблок разных сортов (мг/100 г сухого вещества)

Результаты измерений количественного содержания калия, натрия, магния и кальция в яблоках районированных в Беларуси сортов представлены на рис. 4, 5.

Как видно из приведенных данных (рис. 5), содержание макроэлементов в исследованных сортах яблок по сравнению с лекарственными травами невелико. Так, массовая концентрация калия в плодах яблок (мг/100 г СВ) колебалась в пределах 13,59–15,34, кальция – 3,25–6,43, магния – 1,33–2,23, натрия – 0,97–1,59. Также следует отметить, что из всех изученных нами сортов яблок наибольшее содержание макроэлементов было в Антоновке обыкновенной, наименьшее – в Банановом.

Известно, что для нормального усвоения некоторых макроэлементов организмом человека из пищи они должны присутствовать в ней в определенных соотношениях [1].

В таблице представлены массовые соотношения кальция и магния в исследованных нами лекарственных растениях и свежих яблоках.

Результаты, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что в исследованных нами растительных продуктах оптимальное соотношение кальция и магния было обнаружено только в яблоках сорта Белорусское малиновое. В остальных образцах яблок и лекарственных трав данное соотношение элементов значительно ниже допустимого.

**Заключение.** Таким образом, проведенные нами исследования показали, что метод капиллярного электрофореза может быть использован для измерения количественного содержания макроэлементов в растительном сырье.

Среди изученных образцов лекарственных трав наиболее предпочтительным, исходя из содержания четырех измеряемых макроэлементов, были корни девясила высокого.

Плоды яблок сорта Антоновка обыкновенная оказались наиболее богаты калием (15,34 мг /100 г СВ), кальцием (6,43 мг/100 г СВ) и натрием (1,59 мг/100 г СВ) по сравне-

нию с другими сортами яблок, районированными в Беларуси и изученными нами.

Таблица  
Массовые соотношения кальция и магния в объектах исследования

Объекты исследований	Соотношение Ca : Mg		
	фактическое	оптимальное	допустимое
<b>Лекарственные травы</b>			
Василек	1 : 0,30	1 : 0,6	1 : (0,5–1)
Календула	1 : 0,33		
Земляника	1 : 0,27		
Душица	1 : 0,26		
Полынь	1 : 0,27		
Девясил	1 : 0,39		
<b>Свежие яблоки сортов</b>			
Антоновка обыкновенная	1 : 0,27	1 : 0,6	1 : (0,5–1)
Белорусское малиновое	1 : 0,68		
Банановое	1 : 0,28		
Антей	1 : 0,29		

Самое близкое к оптимальному для усвоения организмом человека соотношение кальция и магния было обнаружено только у яблок сорта Белорусское малиновое. Во всех остальных объектах исследования содержание магния было ниже допустимого уровня, что подтверждает сложившееся мнение о низкой усвояемости данных макроэлементов из растительной пищи.

### Литература

- Егорова, З. Е. Сертификация продовольственных товаров: уч. пособие для студ. спец. «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» / З. Е. Егорова, Н. Д. Коломиец. – Минск: БГТУ, 2005. – 45 с.
- Соки овощные и фруктовые. Определенные содержания натрия, калия, кальция и маг-

ния. Спектрофотометрический метод атомной абсорбции: EN 1134:1994. – Введ. 04.10.1994. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 8 с.

3. Продукты пищевые. Методы определения железа: ГОСТ 26928–86. – Взамен ГОСТ 13195–73; введ. 01.07.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.

4. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания железа. Фотометрический метод с применением 1,10-фенантролина: ISO 5517:1978. – Введ. 01.01.1978. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 8 с.

5. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания железа спектрометрическим методом атомной абсорбции в пламени: ISO 9526:1990. – Введ. 01.01.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

6. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка: ГОСТ 26934–86. – Взамен ГОСТ 5370–58; введ. 01.12.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

7. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания цинка. Часть 1. Полярографический метод: ISO 6636-1:1986. – Введ. 15.04.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

8. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания цинка. Часть 2. Спектрометрический метод атомной абсорбции: ISO 6636-2:1981. – Введ. 15.10.1981. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

9. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Определение содержания цинка.

Часть 3. Спектрометрический метод с применением дитизона: ISO 6636-3:1983. – Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

10. Шатц, В. Д. Высокоэффективная жидкостная хроматография / В. Д. Шатц, О. В. Сахартова. – М.: Наука, 1988. – 390 с.

11. Емельянов, С. А. Механизмы разделения в капиллярном электрофорезе / С. А. Емельянов, А. Р. Цыганов. – Минск: Белорус. с.-х. акад., 1996. – 46 с.

12. Система капиллярного электрофореза / Сост. Н. В. Комарова. – СПб.: Петрополис, 2001. – 38 с.

13. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов цезия, калия, натрия, лития, магния, кальция, стронция, бария в пробах питьевых, природных и сточных вод и аммония в пробах сточных вод с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель»: РНД РФ 14.1:2:4.167. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 33 с.

14. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036–97. – Введ. 01.07.2000. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 32 с.

15. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: ГОСТ 26929–94. – Взамен ГОСТ–26929-86; введ. 01.07.1996. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 20 с.