

УДК 543.064:543.42:543.068.53:546.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СЕМЯН МАКА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ТВЕРДОФАЗНОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

Е. Е. Костенко, Е. Н. Бутенко, М.А. Голубева, Л.Ю. Арсеньева

ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ НАСІННЯ МАКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ТВЕРДОФАЗНОЇ СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ

Є. Є. Костенко, О. М. Бутенко, М.О. Голубєва, Л.Ю. Арсеньєва

DETERMINATION OF TRACE ELEMENT COMPOSITION OF POPPY SEEDS USING THE METHOD OF SOLID-PHASE SPECTROPHOTOMETRY

E. Kostenko, E. Butenko, M.A. Golubeva, L.U. Arseneva

Предложена новая схема твердофазного спектрофотометрического и фотометрического определения микроэлементного состава семян мака, которые используются в качестве пищевой добавки для создания хлебобулочных и кондитерских изделий. Установлено, что в образце содержится, мг/кг: Cu(II) – 5,0; Pb(II) – 0,3, Zn(II) – 50, P(V) – 1600, K – 550, Na – 20, Ca – 1500, Mg(II) – 450; Fe(III) – 10; Cd(II) и Hg(II) – отсутствуют. Используемые методики анализа характеризуются простотой эксперимента, экологической безопасностью, не требуют специального дорогостоящего оборудования, высококвалифицированного персонала и стационарной лаборатории.

Ключевые слова: спектрофотометрическое определение элементов, продукты питания.

Запропоновано нову схему твердофазного спектрофотометричного та фотометричного визначення мікроелементного складу насіння маку, що використовується як харчова добавка для створення хлебобулочних і кондитерських виробів. Встановлено, що у зразку міститься, мг/кг: Cu(II) – 5,0; Pb(II) – 0,3, Zn(II) – 50, P(V) – 1600, K – 550, Na – 20, Ca – 1500, Mg(II) – 450; Fe(III) – 10; Cd(II) та Hg(II) – відсутні. Використані методики аналізу характеризуються простотою експерименту, екологічною безпечністю, не потребують спеціального коштовного обладнання, висококваліфікованого персоналу та стаціонарної лабораторії.

Ключові слова: спектрофотометричне визначення елементів, продукти харчування.

1. Вступление

Семена мака — одна из наиболее важных и старейших масличных культур в мире. Блюда с добавлением мака – традиционный элемент украинской национальной кухни. Поэтому контроль качества и безопасности семян мака и пищевых продуктов, в состав которых он входит как пищевая добавка, очень важен. [1–3].



Эту проблему не возможно решить, не используя для оценки качества продукции, современные аналитические методы контроля. Большинство лабораторий контроля качества широко применяет простые и надежные фотометрические и, при возможности, атомно-абсорбционные методы. Поэтому разработка и внедрение научно обоснованного комбинированного спектрофотометрического обеспечения экологического контроля пищевых продуктов на содержание нормированных веществ на уровне 0,1 ПДК и ниже является актуальной задачей аналитической химии.

Среди прочих метод твердофазной спектрофотометрии, который позволяет сочетать сорбционное концентрирование ионов металлов и их последующее фотометрическое определение в твердой фазе, оказался перспективным в анализе пищевых объектов при условии использования в качестве сорбентов слабо-рассеивающих свет ионообменных смол с иммобилизованными аналитическими реагентами.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Информация о химическом составе семян мака является очень важной, поскольку они обладают как целительными свойствами, так и токсичными. Последнее верно для тех видов мака, в которых содержится опиум. Потенциальная опасность опиумного мака оценивается настолько высоко, что, например в России с 2004 года запрещено самостоятельно выращивать любые опиум-содержащие виды мака рода *Papaver*.

С другой стороны известно, что семена мака улучшают пищеварение у людей, не страдающих запорами, помогают в борьбе с диареей и дизентерией; успокаивают нервную систему и помогают бороться с бессонницей; способствует успокоению судорожного кашля при любых бронхолегочных заболеваниях, частично снимают боль. Идеальное снотворное получается из растолченных спелых семян мака, смешанных с небольшим количеством меда; снимают усталость и поднимают настроение;

обладают антиканцерогенным и бактерицидным действием; являются источником кальция, магния и меди, что дает укрепление костной ткани и увеличение гемоглобина в крови. Однако использование маковых семян не рекомендуется больным желчекаменной болезнью, эмфиземой легких, бронхиальной астмой, заболеваниях печени, хронические запоры [1–3].

Поскольку целебные и токсичные свойства семян мака объясняются их химическим составом, в частности, микроэлементным, представлялось интересным разработать схему анализа семян мака с применением метода твердофазной спектрофотометрии. Такие данные в литературе отсутствуют.

Ранее нами были разработаны новые методики твердофазного спектрофотометрического и фотометрического определения ионов различных металлов [4–5]. Некоторые результаты представлены в таблицах 1,2.

Таблица 1

Характеристики новых методик твердофазно-спектрофотометрического определения ионов металлов (Параметры ГГ указаны для объема раствора 50 мл, ПрО (предел определения) рассчитан для максимального коэффициента распределения; аналитический сигнал ΔA ; метод детектирования – ТФС; $\overline{N\ddot{I}A\ddot{A}I\ddot{N}}$, $\overline{E\hat{I}}$, $\overline{I\hat{E}O}$, $\overline{I\hat{O}N}$, $\overline{O\hat{A}C}$ – СПАДНС, ксиленоловый оранжевый, пирокатехиновый фиолетовый, метилтимоловый синий, хромазурол S, иммобилизованные на анионите АВ-17×8)

Аналит	Твердофазный реагент	λ_{\max} , нм	ПрО, мкг/л
Cu(II)	$\overline{СПАДНС}$	640	0,64
Pb(II)	\overline{KO}	560	20
Sn(IV)	\overline{KO}	540	20
Pb(II)	$\overline{PK\Phi}$	640	20
Zn(II)	\overline{MTC}	500	10
Cd(II)	\overline{MTC}	640	30
Hg(II)	\overline{XAZ}	580	20

ПрО – предел определения рассчитан по формуле $X_Q = (k \cdot \sigma_0 : A) : [1 - (k \sigma_A \cdot A)^2]^{1/2}$, где k – табличное значение t-критерия Стьюдента, A – чувствительность, коэффициент при X в уравнении $Y = B + A \cdot x$, σ_A – стандартное отклонение коэффициента A , σ_0 – стандартное отклонение X . C_{\min} рассчитана в соответствии с рекомендациями ИЮПАК [6].

Таблица 2

Химико-аналитические характеристики некоторых твердофазных реагентов (ТР) для анализа объектов пищевой технологии и объектов окружающей среды

(Методики: (А)-новая, (Б)-стандартная, (Ф)-фотометрическая, (П)-полярографическая, (ААС)-атомно-абсорбционная, (ВТ)-визуально-тестовая, (ПП)-пищевые продукты, (ПВ)-питьевая вода

Аналит	ТР / объект анализа	$pH_{\text{опт}}$	C_{min} (А), мкг/л	C_{min} (Б), мкг/л	ПДК, мкг/кг (мкг/л)	Определению не мешают ионы
1	2	3	4	5	6	7
Cu(II)	$\overline{\text{СПАДНС}}$ /ПВ	5,0-6,8	0,64	100 (Ф) 100 (П)	500	Pb(II)-образует неустойчивый комплекс; Hg(II), Fe(III), Sn(IV), Zn(II), Cd(II)-не образуют комплексов; 1:200-Zr(IV); 1:1000-щзм, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , SCN ⁻ , F ⁻ , NO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , Ac ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻
Pb(II)	$\overline{\text{КО}}$ /ПП	3,0	20	50 (П)	50	1:10-Sn(IV); 1:500-Fe(III), Zr(IV); >1000-Zn(II), Hg(II), Cu(II), Cd(II), лзм, Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , Ac ⁻ , Asc ⁻ , SCN ⁻ , тиомочевина
Pb(II)	$\overline{\text{ПКФ}}$ /ПП	3,0	20	50 (П)	50	1:1000-Hg(II), Zn(II), Fe(III), Zr(IV), Cu(II), Sn(IV), Cd(II), Ti(IV), щзм, F ⁻ , Ac ⁻ , CO ₃ ²⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SCN ⁻ , тиомочевина
Zn(II)	$\overline{\text{ПКФ}}$ /ПП	3,0	10	200 (П)	$3,0 \cdot 10^3$	1:1-Hg(II); 1:50-Fe(III), Zr(IV); 1:100-Pb(II), Cu(II); 1:500-Cd(II), Sn(IV), Ti(IV); 1:1000-щзм, F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , Ac ⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻
Hg(II)	$\overline{\text{ХАЗ}}$ /ПП	1,0	20	800 (ВТ) 0,1 (ААС)	20	1:10-Sn(IV); 1:1000-Cd(II), Cu(II), Zn(II), Pb(II), Fe(III), Zr(IV), Ti(IV), щзм, Ac ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , F ⁻ , CO ₃ ²⁻

Нами показано [4–5], что лучшими для группового концентрирования изученных ионов металлов в кислой среде являются ионообменники с иммобилизованными ксиленоловым оранжевым и хромазуолом S: $\overline{\text{КО}}$ позволяет концентрировать ионы Cu(II), Pb(II), Hg(II), Fe(III) при pH 0,5–1; $\overline{\text{ХАЗ}}$ позволяет концентрировать ионы Pb(II), Hg(II), Zn(II), Cd(II) при pH 2–2,5. Показано также, что с помощью иммобилизованного на АВ $\overline{\text{ХАЗ}}$ можно отделить при pH 0,5–2 все исследуемые ионы металлов и, оставив в растворе ионы Cu(II) и Fe(III), провести селективное определение ионов Fe(III) при pH 3 или Cu(II) после маскирования ионов Fe(III). Аналогично для извлечения ионов Cu(II) может быть использован также $\overline{\text{СПАДНС}}$. Последний оказался лучшим твердофазным реагентом для извлечения ионов Cu(II) при pH 3–6 из жидких пищевых объектов, поскольку СПАДНС как в растворе, так и в фазе анионообменника позволяет определять Cu(II) с высокой чувствительностью ($C_{\text{min ТФС}} = 0,0064$ мкг/мл) и селективностью (ионы Pb(II), Hg(II), Zn(II), Cd(II), Fe(III), Sn(IV) не мешают определению, поскольку образуют с $\overline{\text{СПАДНС}}$ комплексы, стойкость которых значительно меньше, чем у определяемых ионов). $\overline{\text{ПКФ}}$ может быть рекомендован для селективного извлечения ионов Pb(II) при pH 0,5. $\overline{\text{ХАЗ}}$ может быть рекомендован для поэтапного концентрирования и разделения ионов металлов небольшими группами. Он дает возможность сначала при pH 0,5–1 отделить ионы Hg(II), Sn(IV) затем при pH 2–2,5 отделить ионы Pb(II), Cd(II). При этом в растворе остаются только ионы Cu(II) и Fe(III).

Данные литературы свидетельствуют о целесообразности использования метода твердофазной в микроэлементном анализе семян мака.

3. Цель и задачи исследования

Цель исследования – разработать схему микроэлементного анализа семян мака.

Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- апробовать методики твердофазного спектрофотометрического определения микроэлементов в пищевых продуктах [4–5] для анализа семян мака;
- установить оптимальные условия микроэлементного анализа семян мака с использованием апробованных методик твердофазного спектрофотометрического определения элементов;
- разработать схему микроэлементного анализа образцов семян мака.

4. Результаты разработки схемы микроэлементного анализа семян мака с применением методик твердофазного спектрофотометрического и фотометрического определения

Материалы и методы

Реагенты. Исходные 0,1 моль/л растворы солей Cu(II), Pb(II), Zn(II), Fe(III), Hg(II), Cd(II) готовили растворением навесок: $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), Zn^0

і Cd^0 (ос.ч.) в 0,1 и 1,0 моль/л H_2SO_4 ; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ (х.ч) в 0,1 моль/л HNO_3 [7].

Стандартизацию проводили: иодометрически (Cu) [8], комплексометрически (Pb) [9], (Zn) [10], гравиметрически (Fe) [7], перманганатометрически (Fe) [7], меркуриметрически (Hg) [11].

Стандартный водный раствор фосфора с титром 10 мкг/мл готовили по точной навеске KH_2PO_4 х.ч. 0,24 М водный раствор $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ готовили по точной навеске.

В работе использовали металлохромные индикаторы: ксиленоловый оранжевый (КО), пирокатехиновый фиолетовый (ПКФ), хромазуrol S (ХАЗ), СПАДНС ч.д.а. (Chemapol), малахитовый зеленый (МЛЗ) ч.д.а. (Merk).

Использовали HCl , HNO_3 , NaOH , NaCl , ацетон, этанол ос.ч; 35 % раствор перекиси водорода фирмы Solvay. Исходные 1,0 моль/л растворы калия тиоцианата и натрия фторида готовили растворением точных навесок соответствующих препаратов квалификации х.ч. в воде. Исходные 1,0 моль/л растворы азотной и соляной кислот, 0,2 моль/л раствор серной кислоты готовили разбавлением концентрированных растворов.

Воду очищали, как описано в работе [12].

Рабочие растворы готовили разбавлением исходных перед проведением эксперимента.

В работе применяли анионообменник АВ-17×8 (А) в Cl-форме зернением 0,25–0,50 мм, который готовили к использованию по методике, которая описана в [13]: 10 г А замачивали в насыщенном растворе NaCl и оставляли на сутки. Затем отделяли сорбент, промывали его 0,5 М раствором HCl до отрицательной реакции на Fe^{3+} и промывали его водой до нейтральной реакции. Подготовленную матрицу модифицировали водным раствором соответствующего металлохромного индикатора как это описано в [4,5]. Для этого ~ 0,1 г индикатора в 150 мл воды обрабатывали 10 г воздушно-сухого А-Cl. Твердую фазу отфильтровывали, промывали водой, высушивали. Полученные твердофазные реагенты представляют собой прозрачные окрашенные гранулы, которые хорошо пропускают свет.

Подготовка твердой пробы к фотометрированию состояла в получении светопоглощающего слоя концентрата, равномерно распределенного в кювете. Для измерений использовали кварцевые кюветы с параллельными стенками. Концентрат переносили с помощью пипетки в кювету, которую сначала заполняли водой, другую кювету аналогично заполняли АВ-17×8-Cl или АВ-17×8-индикатор такого же зернения. Светопоглощение анализированных проб измеряли после достижения максимально возможной плотности упаковки гранул в кюветах. Перемешивание растворов проводили на магнитной мешалке.

Методы. Содержание K, Na, Ca определяли пламенно-фотометрически методом градуировочного графика.

Методика определения фосфора [14]. В коническую пробирку объемом 10 мл вносили 0,1 мл раствора золы продукта, добавляли 2 мл 2 М азотной

кислоты, 0,4 мл 0,24 М раствора молибдата натрия, 1 мл 0,1% водного раствора МЛЗ, водой доводили до метки, перемешивали палочкой до образования темно зеленых хлопьев ионного ассоциата молибдофосфорной гетерополикислоты с малахитовым зеленым. Смесь центрифугировали 2 мин. (3000 об/мин.). Центрифугат сливали. К осадку добавляли 10 мл воды, перемешивали палочкой для промывания осадка ионного ассоциата от избытка МЛЗ, снова центрифугировали 2 мин. Центрифугат сливали, добавляли 10 мл ацетона для растворения осадка, раствор переносили в мерную колбу объемом 100 мл. В пробирку добавляли еще 10 мл ацетона для полного растворения остатков осадка и переносили в мерную колбу с предыдущей порцией ацетонового раствора ионного ассоциата. Раствор в колбе доводили до метки водой и перемешивали. При этом осадок полностью растворялся. Оптическую плотность раствора измеряли в кювете с $l = 1$ см при $\lambda = 620$ нм относительно воды.

Методика определения Fe (III). В мерную колбу объемом 25 мл вносили 1 мл раствора золы продукта, добавляли 2 мл 2 М раствора азотной кислоты, 5 мл 20% раствора тиоцианата аммония, доводили водой до метки, перемешивали. Оптическую плотность измеряли в кювете с $l = 1$ см при $\lambda = 490$ нм относительно воды [15].

Методика определения Си (II) [16]. В мерный стакан объемом 50 мл вносили: 1 мл раствора золы продукта, 1 мл 10^{-3} М водного раствора СПАДНС, 1 мл 10^{-3} М раствора фторида натрия для связывания ионов Fe (III) в бесцветный комплекс, дистиллированную воду до 25 мл, создавая рН ~ 6,8 с помощью уротропина и NaOH. Оптическую плотность измеряли в кювете с $l = 1$ см при $\lambda = 580$ нм относительно воды.

Методика определения Zn (II). В мерный стакан объемом 50 мл вносили: 1 мл раствора золы продукта, 20 мл дистиллированной воды, в объеме 50 мл создавали рН 2 – 2,5 с помощью HCl и NaOH, вносили 0,3 г твердофазного КО и перемешивали 20 мин. на магнитной мешалке. Твердую фазу отделяли фильтрованием и отбрасывали. В жидкой фазе создавали рН 3 с помощью уротропина_{крист.}. Вносили 0,3 г твердофазного МТС и перемешивали 20 мин. на магнитной мешалке. Оптическую плотность в твердой фазе измеряли в кювете с $l = 0,1$ см при $\lambda = 500$ нм относительно АВ-17×8.

Методика определения Cd(II). После определения Zn(II) твердый концентрат комплекса Zn(II) с МТС отделяли фильтрованием и отбрасывали. В оставшейся жидкой фазе создавали рН 7, вносили 0,3 г твердофазного МТС, перемешивали 20 мин. на магнитной мешалке. Оптическую плотность измеряли в кювете с $l = 0,1$ см при $\lambda = 640$ нм относительно АВ-17×8.

Методика определения Pb(II). В мерный стакан объемом 50 мл вносили: 1 мл раствора золы продукта, 20 мл дистиллированной воды, 1 мл 10^{-3} М раствора фторида натрия для связывания ионов Fe^{3+} , в объеме 50 мл создавали рН 2 с помощью HCl и NaOH, вносили 0,3 г твердофазного ПКФ и перемешивали 20 мин. на магнитной мешалке. Оптическую плотность

твердой фазы измеряли в кювете с $l = 0,1$ см при $\lambda = 640$ нм относительно АВ-17×8.

Методика определения Hg(II). В мерный стакан объемом 50 мл вносили: 1 мл раствора золы продукта, 20 мл дистиллированной воды, 1 мл 10^{-3} М раствора фторида натрия для связывания ионов Fe^{3+} , в объеме 50 мл создавали рН 2 с помощью HCl и NaOH, вносили 0,3 г твердофазного ХАЗ и перемешивали 20 мин. на магнитной мешалке. Оптическую плотность твердой фазы измеряли в кювете с $l = 0,1$ см при $\lambda = 580$ нм относительно АВ-17×8.

Пробоподготовка образцов для ТФС определений. Пробу образца семян мака вносили в фарфоровую чашку, высушивали в сушильном шкафу при $t = 100^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы, ставили в муфельную печь на 2,5 часа, увеличивая температуру каждые 15 минут на 50°C до 450°C , вносили 10 мл HNO_3 концентрированной, 5 мл 35 % раствора H_2O_2 и прокаливали 40 минут при 460°C . Полученную золу растворяли в 10 мл 1 М HNO_3 , переносили в мерную колбу объемом 100 мл и доводили до метки 1 М раствором азотной кислоты.

Аппаратура. Спектры поглощения растворов снимали, пользуясь спектрофотометром СФ-46. Светопоглощение растворов измеряли на КФК-3 при оптимальной длине волны ($\lambda_{\text{опт}}$) относительно воды или анионообменника АВ-17×8. Кислотность растворов контролировали иономером И-160 со стеклянным электродом. Интенсивность излучения измеряли на пламенном фотометре ФПЛ-01. Полярографическое определение металлов проводили с помощью вольтамперометрического анализатора АВА-2. Атомно-абсорбционное беспламенное определение ртути проводили с помощью анализатора «Юлия-2».

Результаты и их обсуждение

На основе полученных данных была разработана новая схема определения микроэлементного состава семян мака которая состояла в следующем.

1. Высушивание образцов в сушильном шкафу при $t=100^{\circ}\text{C}$ и озоление их в муфельной печи при $t=460^{\circ}\text{C}$.
2. Приготовление азотнокислых растворов золы семян мака для определения микроэлементов в их отдельных порциях.
3. Приготовление растворов реагентов и синтез твердофазных красителей: $\overline{\text{ПКФ}}$, $\overline{\text{ХАЗ}}$, $\overline{\text{КО}}$, $\overline{\text{МТС}}$.
4. Фотометрическое определение P(V) в виде ионного ассоциата молибдофосфорной гетерополикислоты с малахитовым зеленым.
5. Фотометрическое определение Fe(III) с тиоцианатом аммония.
6. Определение Cu(II): связывание ионов Fe(III) в бесцветный фторидный комплекс, фотометрическое определение с помощью СПАДНС при рН 6,0.
7. Определение Pb(II): связывание ионов Fe(III) в бесцветный фторидный комплекс, ТФС определение с применением $\overline{\text{IEO}}$ при рН 2.

8. Определение Zn(II): извлечение мешающих катионов в фазу \overline{KO} при pH 2–2,5 и отделение твердой фазы. Создание pH 3 в жидкой фазе, ТФС определение Zn(II) с \overline{MTC} .
9. Определение Cd(II): извлечение мешающих катионов в фазу \overline{KO} при pH 2–2,5 и отделение твердой фазы. Создание pH 3 в жидкой фазе, отделение Zn(II) с \overline{MTC} . Создание pH 7 в жидкой фазе и ТФС определение Cd(II) с \overline{MTC} .
10. Определение Hg(II): связывание ионов Fe(III) в бесцветный фторидный комплекс, ТФС определение с применением \overline{XAZ} при pH 2.
11. Определение K(I), Na(I), Ca(II) методом пламенной фотометрии.

Результаты анализа семян мака приведены в таблице 3.

Из результатов анализа семян мака видно, что содержание ионов K, Na, Ca не нормируется, Cu(II), Zn(II), Pb(II), Hg(II) не превышает предельно-допустимые концентрации. Высокое содержание калия, кальция и фосфора указывает на ценность мака как пищевой добавки, перспективной для создания новых хлебобулочных и кондитерских изделий.

Сходимость результатов анализа, полученных с применением новых методик твердофазного спектрофотометрического и фотометрического определения с результатами, полученными с применением стандартных методов свидетельствует о достоверности представленных данных.

5. Выводы

Предложена новая схема анализа семян мака с применением методик твердофазного спектрофотометрического и фотометрического определения.

Использованные методики определения ионов металлов характеризуются удовлетворительной правильностью и воспроизводимостью результатов; высокой чувствительностью и селективностью; по экспрессности они превышают известные аналогичные и стандартные методики. Схема анализа характеризуется простотой эксперимента, экологической безопасностью, не требует сложного дорогостоящего оборудования, для обслуживания которого необходимы высококвалифицированный персонал и стационарная лаборатория.

Таблица 3

Результаты анализа семян мака новыми (А) и стандартными (Б)[18] методиками

(n=3, P=0,95, объект анализа; m семян мака, 5 г (А), 50 г (Б); методы: Ф – фотометрический, ТФС – твердофазно-спектрофотометрический; П – полярографический; ПФ – пламенно-фотометрический; ААС – атомно-абсорбционная спектроскопия)

Аналит	Реагент	Методы (А)/(Б)	ПДК, мг/кг [17]	Внесено X, мг/кг продукта	Найдено X, мг/кг продукту (А)	S_r	Найдено X, мг/кг продукту (Б)	S_r
Cu (II)	СПАДНС	(А) Ф	10,0	–	5,0±0,7	0,02	5,2±0,5	0,05
		(Б) Ф		5	10,0 ± 0,04	0,04	10,0 ± 0,1	0,03
Pb (II)	$\overline{\text{ПКФ}}$	(А) ТФС	0,5	–	0,30±0,02	0,02	0,30±0,05	0,02
		(Б) П		0,5	0,80 ± 0,02	0,04	0,80 ± 0,01	0,04
Zn (II)	$\overline{\text{МТС}}$	(А) ТФС	50,0	–	50 ± 4	0,02	50 ± 5	0,03
		(Б) П		10	100 ± 5	0,04	100 ± 6	0,05
Cd (II)	$\overline{\text{МТС}}$	(А) ТФС	0,1	–	< 0,1	–	< 0,1	–
		(Б) П		0,5	0,50 ± 0,01	0,04	0,50 ± 0,02	0,02
Hg (II)	$\overline{\text{ХАЗ}}$	(А) ТСФ	0,03	–	–	–	0,004 ± 0,001	–
		(Б) ААС		1	1,0 ± 0,1	0,04		0,03
P (V)	МЛЗ	Ф	Не нормируется	–	–	–	1600 ± 50	0,02
K (I)	–	ПФ	Не нормируется	–	–	–	550 ± 10	0,03
Na (I)	–	ПФ	Не нормируется	–	–	–	20 ± 2	0,04
Ca (II)	–	ПФ	Не нормируется	–	–	–	1500 ± 70	0,03

Литература

1. Вульф Е.В., Малеева О.Ф. Мировые ресурсы полезных растений: пищевые, кормовые, лекарственные и др. / отв. ред. Ф.Х. Бахтеев; БИН АН СССР. – Л.: Наука, 1969. – С. 164 – 165. – 566 с.
2. Турова А.Д., Сапожникова Э.Н. Лекарственные растения СССР и их применение. – 4-е изд.. – М.: Медицина, 1984. – С. 54. – 304 с.
3. Андреева И.И., Родман Л.С. Ботаника. – 3-е, перераб. и доп.. – М.: Колос, 2005. – С. 399. – 528 с.
4. Костенко Є.Є. Хіміко-аналітичні властивості азобарвників, іммобілізованих на аніоніті АВ-17×8, та використання їх в аналізі харчових об'єктів / Є. Є. Костенко // Укр. хім. журн. – 2011. – Т. 77, № 8. – С. 107 – 115.
5. Костенко Є. Є. Хіміко-аналітичні властивості сульфогфталейнових барвників, іммобілізованих на аніоніті АВ-17×8 та їх використання в аналізі харчових об'єктів / Є. Є. Костенко // Методи та об'єкти хім. аналізу. – 2011. – Т. 6, № 1–2. – С. 56 – 70.
6. Представление результатов химического анализа (рекомендации IUPAC 1994 г.) // Журн. аналит. хим. – 1998 – Т. 53, № 9. – С. 999 – 1008.
7. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. – М.: Химия, 1967.
8. Подчайнова В.Н., Симонова Л.Н. Аналитическая химия элементов. Медь. – М.: Наука, 1990. – 274 с.
9. Полянский Н.Г. Аналитическая химия элементов. Свинец. – М.: Наука, 1986. – 352 с.
10. Живописцев В.П., Селезнева Е.А. Аналитическая химия цинка. – М.: Наука, 1975. – 193 с.
11. Гладышев В.П., Левицкая С.А., Филиппова Л.М. Аналитическая химия ртути. – М.: Наука, 1974. – 224 с.
12. Методы анализа чистых химических реактивов. – М.: Химия, 1984.–280 с.
13. Айвазов Б.В. Практическое руководство по хроматографии. – М.: Высшая школа, 1968 – 270 с.
14. Карапетян З.А. Ионные ассоциаты гетерополикислот фосфора, мышьяка и кремния с трифенилметановыми основными красителями и их применение в фотометрическом анализе: Автореф. дисс...канд. хим наук: 02.00.02/ Киевский нац. ун-т ім. Т.Г Шевченко. – Киев, 1984 – 23 с.
15. Аналітична хімія. Оптичні та електрохімічні методи аналізу: навч. посіб. / Костенко Є.Є., Дроков В.Г., Христіансен М.Г., Бутенко О.М., Штокало М.Й., Ганчук В.Д.. – К.: НУХТ, 2009. – 283 с.
16. Kostenko E. E. Solid phase spectrophotometric determination of copper (II) using SPADNS // Functional Materials. – 2003. – Vol. 10, № 4, P. 671 – 675.

17. *СанПиН. 43-123-4089-56.* Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. –М.: Минздрав СССР, 1986.

18. Сырье и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов. М.: Госстандарт СССР, 1986.