

Кушнір Надежда Анатольевна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології ресторанного та оздоровителного питания, Одесская национальная академия пищевых технологий. Адрес: ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039; Тел.: 0966867740; e-mail: adya282@rambler.ru.

Kushnir Nadya, Candidate of Science Associate Professor, Department of Technology Restaurant and Health Food; Odessa National Academy of Food Technologies. Address: Kanatna, str., 112, Odessa, Ukraine, 65039. Tel.: 0966867740; e-mail: adya282@rambler.ru.

*Рекомендовано до публікації канд. техн. наук, доц. М.О. Янчовою.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК 543.422:541.491:546.815:546.48:546.49

ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ «КАРКАДЕ» З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ТВЕРДОФАЗНОЇ СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ

Є.Є. Костенко, О.В. Максименко, О.М. Бутенко

Розроблено схему визначення мікроелементного складу харчової добавки «Каркаде». Вміст Pb(II), Cd(II), Zn(II), Hg(II) визначено методом твердофазної спектрофотометрії з використанням іммобілізованих на аніонообміннику АВ-17×8 пірокатехинового фіолетового, метилтимолового синього та хромазурола S відповідно. Вміст Cu(II), Fe(III) та P(V) визначено фотометрично, K, Na, Ca – методом полуменювої спектрофотометрії. Установлено, що вміст Pb(II), Cd(II), Zn(II), Hg(II), Cu(II), Fe(III) не перевищує ГДК.

Ключові слова: *твердофазна спектрофотометрія, фотометричний аналіз, метали, барвники, харчові добавки.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ «КАРКАДЕ» С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ТВЕРДОФАЗНОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

Е.Е. Костенко, О.В. Максименко, О.Н. Бутенко

Разработана схема определения микроэлементного состава пищевой добавки «Каркаде». Содержание Pb(II), Cd(II), Zn(II), Hg(II) определяли методом твердофазной спектрофотометрии с применением иммобилизованных на анионообменнике АВ-17×8 пирокатехинового фиолетового, метилтимолового синего и хромазурола S соответственно.

© Костенко Є. Є., Максименко О. В., Бутенко О. М., 2015

Содержание $Cu(II)$, $Fe(III)$ и $P(V)$ определяли фотометрически, K , Na Ca – методом пламенной спектрофотометрии. Установлено, что содержание $Pb(II)$, $Cd(II)$, $Zn(II)$, $Hg(II)$, $Cu(II)$, $Fe(III)$ не превышает ПДК.

Ключевые слова: твердофазная спектрофотометрия, фотометрический анализ, металлы, красители, пищевые добавки.

DETERMINATION OF MICROELEMENT FOOD ADDITIVE "HIBISCUS" USING METHODS OF SOLID SPECTROPHOTOMETRY

E. Kostenko, E. Maksimenko, E. Butenko

The scheme determination of trace-element composition of the food additive "Hibiscus" is proposed. Preparation of tests this incineration of the dried up standards of "Hibiscus" at 460 °C and dissolution in dilute HNO_3 . Content of $Pb(II)$, $Cd(II)$, $Zn(II)$, $Hg(II)$ as determined by interphase spectrophotometry using immobilized on anion exchanger AB-17×8 pyrocatechol violet, methylthymol blue, and Chromazurol S, respectively. The content of $Cu(II)$, $Fe(III)$ and $P(V)$ was determined photometrically, K , Na Ca – by flame spectrophotometry. The content of $Pb(II)$, $Cd(II)$, $Zn(II)$, $Hg(II)$, $Cu(II)$, $Fe(III)$ does not exceed the limit possible concentration. The table of contents of Fe^{3+} in two times exceeds the data driven to literature. As "Hibiscus" in Ukraine is used as addition, but not as basic food stuff, enhanceable maintenance of Fe^{3+} can not inflict harm to the organism of man.

The proposed methods of determination of ions of metals are characterized by a satisfactory rightness and producibility of results; by a high sensitiveness and selectivity; on express they are better the known analogical and standard methods. The scheme of analysis is characterized by simplicity of experiment, ecological safety, does not require a difficult expensive equipment, for maintenance of that a highly skilled personnel and stationary laboratory are needed.

Keywords: solid phase spectrophotometry, photometric analysis, metals, dyes, food additives.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Каркаде, або суданська троянда (*Hibiscus sabdariffa*), широко використовується як цінна добавка до харчових продуктів, лікарських препаратів і косметичних засобів. Для харчових цілей, найчастіше використовуються квітколожа, від якої попередньо відокремлюють пелюстки квітки, і насіннєві капсули.

Весь комплекс діючих речовин каркаде має антиоксидантну, протизапальну, спазмолітичну і гіпотензивну дії. Полісахариди, що входять до складу суданської троянди, є природними імуномодуляторами. Вони активізують захисні реакції організму і

запобігають інфекційним захворюванням, забезпечують діуретичні й жовчогінні ефекти, зменшують в'язкість крові та кров'яний тиск, стимулюють перистальтику кишечника [1].



Рис. Квіти каркаде

Препарати суданської троянди з успіхом використовуються для профілактики і лікування захворювань верхніх дихальних (ларингіти, трахеїти, бронхіти, фарингіти) і сечовивідних шляхів (цистити). Тому контроль якості та безпечності різноманітних харчових добавок, зокрема і каркаде, є одним з актуальних завдань аналітичної хімії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі є відомості про хімічний склад каркаде [1–4]. Проте дані щодо мікроелементного складу обмежуються такою інформацією (мг/кг): К – 2500, Са – 800, Mg – 600, Fe(III) – 10, Mn(II) – 9,5, Cu(II) – 1,9, Se – сліди [1].

Мета статті. Інформація щодо визначення вмісту інших іонів, зокрема з використанням методу твердофазної спектрофотометрії [5], відсутня в літературі, тому це стало метою нашої роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Експериментальна частина. *Реагенти.* Вихідні 0,1 моль/дм³ розчини солей Cu(II), Pb(II), Zn(II), Fe(III), Hg(II), Cd(II) готували розчиненням наважок: CuSO₄·5H₂O (х.ч.), цинк і кадмій металічні (ос.ч.) у 0,1 і 1,0 моль/дм³ H₂SO₄; Pb(NO₃)₂, Fe(NO₃)₃·6H₂O, Hg(NO₃)₂·0,5H₂O (х.ч.) у 0,1 моль/дм³ HNO₃ [6]. Стандартизацію проводили: йодометрично (Cu) [7], комплексонометрично (Pb) [8], (Zn) [9], гравіметрично (Fe) [6], перманганатометрично (Fe) [6], меркуриметрично (Hg) [10].

Стандартний водяний розчин фосфору з титром 10 мкг/см³ готували за точною наважкою KH₂PO₄ х.ч. 0,24 моль/дм³ водяний розчин Na₂MoO₄·2H₂O готували за точною наважкою.

У роботі використовували ксиленоловий оранжевий (КО), метилтимоловий синій (МТС), пірокатехіновий фіолетовий (ПКФ), хромазуrol S (ХАЗ), 2-(4-сульфофенілазо)-1,8-діоксинафталін-3,6-дісульфоїкислоту (СПАДНС) ч.д.а. («Chemarob», «Reanal»), малахітовий зелений (МЛЗ) ч.д.а. («Merk»). Використовували HCl , HNO_3 , NaOH , NaCl , ацетон, ос.ч; 35%-й розчин пероксиду водню, х.ч. Вихідний $1,0 \text{ моль/дм}^3$ розчин натрію фториду готували розчиненням точних наважок відповідних препаратів кваліфікації х.ч. у воді. Вихідні $1,0 \text{ моль/дм}^3$ розчини амоніаку, нітратної та хлоридної кислот, $0,2 \text{ моль/дм}^3$ розчин сульфатної кислоти готували розведенням концентрованих розчинів. Воду очищали, як описано в праці [11]. Робочі розчини готували розведенням вихідних перед проведенням експерименту.

У ході дослідження використовували аніонообмінник АВ-7×8 (А) (виробник ТОВ «Хіміпекс») в С1-формі зерненням $0,25\text{--}0,50 \text{ мм}$, який готували до використання за методикою, описаною в [12]. Підготовлену матрицю модифікували водяним розчином відповідного металохромного індикатора [13]. Для цього $\sim 0,1 \text{ г}$ індикатора в 150 см^3 води обробляли 10 г повітряно-сухого А-С1. Тверду фазу відфільтровували, промивали водою, висушували. Отримані твердофазні реагенти є прозорими забарвленими гранулами, які добре пропускають світло.

Підготовка твердої проби до фотометрування полягала в отриманні світлопоглинального шару концентрату, рівномірно розташованого в кюветі з $l=0,1 \text{ см}$. Для вимірювань використовували кварцові кювети з паралельними стінками. Концентрат переносили за допомогою піпетки в кювету, яку спочатку заповнювали водою, іншу кювету аналогічно заповнювали АВ-17×8-С1 або АВ-17×8-індикатор такого самого зернення. Світлопоглинання аналізованих проб вимірювали після досягнення максимально можливої щільності укладки гранул у кюветях. Перемішували розчини на магнітній мішалці.

Пробопідготовка зразків для твердофазних спектрофотометричних визначень. Пробу зразка каркаде вносили в порцелянову чашку, висушували в сушильній шафі при $t = 100^0\text{C}$ до сталої маси, ставили в муфельну піч на $2,5$ години, збільшуючи температуру кожні 15 хвилин на 50^0C до 450^0C , вносили $10 \text{ см}^3 \text{ HNO}_3$ концентрованої, 5 см^3 35% розчину H_2O_2 і витримували 40 хвилин у муфельній печі при 460^0C . Одержану золу розчиняли в 10 см^3 $1 \text{ моль/дм}^3 \text{ HNO}_3$, переносили в мірну колбу місткістю 100 см^3 і доводили до риски 1 моль/дм^3 нітратною кислотою.

Методики експерименту. Вміст К, Na, Ca визначали полуменевометрично за методом градувального графіка.

Методика визначення фосфору [14]. У конічну пробірку місткістю 10 см^3 вносили $0,1\text{ см}^3$ розчину золи продукту, додавали 2 см^3 2 моль/дм^3 нітратної кислоти, $0,4\text{ см}^3$ $0,24\text{ моль/дм}^3$ розчину молібдату натрію, 1 см^3 $0,1\%$ водяного розчину малахітового зеленого (МЛЗ) водою додали до риски, перемішували паличкою до утворення темно-зелених пластівців іонного асоціату молібдофосфатної гетерополікислоти з малахітовим зеленим. Суміш центрифугували впродовж 2 хв (3000 об/хв). Центрифугат зливали. До осаду додавали 10 см^3 води, перемішували паличкою для промивання осаду іонного асоціату від залишку МЛЗ, знову центрифугували впродовж 2 хв. Центрифугат зливали, додавали 10 см^3 ацетону для розчинення осаду, розчин переливали в мірну колбу місткістю 100 см^3 . У пробірку додавали ще 10 см^3 ацетону для повного розчинення залишків осаду і переливали в мірну колбу з попередньою порцією ацетонного розчину іонного асоціату. Розчин у колбі доводили до риски водою і перемішували. При цьому осад повністю розчинявся. Оптичну густину розчину вимірювали в кюветі з $l=1\text{ см}$ при $\lambda=620\text{ нм}$ відносно води.

Методика визначення Fe(III). У мірну колбу місткістю 25 см^3 вносили 1 см^3 розчину золи продукту, додавали 2 см^3 2 моль/дм^3 розчину нітратної кислоти, 5 см^3 20% розчину тіоціанату амонію, додали водою до риски, перемішували. Оптичну густину вимірювали в кюветі з $l=1\text{ см}$ при $\lambda=490\text{ нм}$ відносно води.

Методика визначення Cu(II) [15]. У мірний стакан місткістю 50 см^3 вносили: 1 см^3 розчину золи продукту, 1 см^3 10^{-3} М водяного розчину СПАДНС, 1 см^3 10^{-3} моль/дм^3 розчину фториду натрію для зв'язування іонів Fe(III) у безбарвний комплекс, дистильовану воду до 25 см^3 , створюючи рН $\sim 6,8$ за допомогою уротропіна та NaOH. Оптичну густину вимірювали в кюветі з $l=1\text{ см}$ при $\lambda=580\text{ нм}$ відносно води.

Методика визначення Zn(II). У мірний стакан місткістю 50 см^3 вносили: 1 см^3 розчину золи продукту, 20 см^3 дистильованої води, в об'ємі 50 см^3 створювали рН 2–2,5 за допомогою HCl і NaOH, вносили $0,3\text{ г}$ твердофазного КО і перемішували протягом 20 хв на магнітній мішалці. Тверду фазу відокремлювали фільтруванням і відкидали. У рідкій фазі створювали рН 3 за допомогою кристалічного уротропіну. Вносили $0,3\text{ г}$ твердофазного МТС і перемішували протягом 20 хв на магнітній мішалці. Оптичну густину твердої фази вимірювали в кюветі з $l=0,1\text{ см}$ при $\lambda=500\text{ нм}$ відносно АВ-17 \times 8.

Методика визначення Cd(II). Після визначення Zn(II) твердий концентрат комплексу Zn(II) з МТС відокремлювали фільтруванням і відкидали. У рідкій фазі, що залишилася, створювали рН 7, вносили 0,3 г твердофазного МТС, перемішували протягом 20 хв на магнітній мішалці. Оптичну густину вимірювали в кюветі з $l=0,1$ см при $\lambda=640$ нм відносно АВ-17×8.

Методика визначення Pb(II). У мірний стакан місткістю 50 см^3 вносили: 1 см^3 розчину золи продукту, 20 см^3 дистильованої води, $1 \text{ см}^3 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ розчину фториду натрію для зв'язування іонів Fe^{3+} , в об'ємі 50 см^3 створювали рН 2 за допомогою HCl і NaOH, вносили 0,3 г твердофазного ПКФ і перемішували протягом 20 хв на магнітній мішалці. Оптичну густину твердої фази вимірювали в кюветі з $l=0,1$ см при $\lambda=640$ нм відносно АВ-17×8.

Методика визначення Hg(II). У мірний стакан місткістю 50 см^3 вносили: 1 см^3 розчину золи продукту, 20 см^3 дистильованої води, $1 \text{ см}^3 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ розчину фториду натрію для зв'язування іонів Fe^{3+} , в об'ємі 50 см^3 створювали рН 2 за допомогою HCl і NaOH, вносили 0,3 г твердофазного ХАЗ і перемішували протягом 20 хв на магнітній мішалці. Оптичну густину твердої фази вимірювали в кюветі з $l=0,1$ см при $\lambda=580$ нм відносно АВ-17×8.

Апаратура. Спектри світлопоглинання розчинів знімали, користуючись спектрофотометром СФ-46. Світлопоглинання розчинів вимірювали на КФК-3 при оптимальній довжині хвилі ($\lambda_{\text{оп}}$) відносно води або аніонообмінника АВ-17×8. Кислотність розчинів контролювали іономіром И-160, використовуючи як індикаторний скляний електрод ЕСЛ-64, електрод порівняння – хлорид срібний. Інтенсивність випромінювання вимірювали на полуменовому фотометрі ФПЛ-01.

Результати та їх обговорення. Раніше в праці [13] було показано, що ефективність аніоніту АВ-17×8-С1 із такими іммобілізованими хромофорними реагентами, як КО, МТС, ПКФ, ХАЗ, СПАДНС тощо, характеризується високими значеннями коефіцієнтів розподілу, особливо після дії ультразвуку (УЗ) ($D \geq 10^4$), при оптимальних значеннях кислотності середовища. Тому ці твердофазні барвники були вперше використані для визначення окремих мікроелементів у каркаде. Нижче подано схему, за якою визначили вміст К, Na, Ca, Cu(II), Zn, Cd(II), Hg(II), Pb(II), Fe(III), P(V).

Схема визначення мікроелементного складу каркаде

1. Подрібнення та розтирання сировини. Висушування зразків у сушильній шафі при $t = 100^\circ\text{C}$ та прожарювання при $t = 460^\circ\text{C}$.

2. Приготування азотистокислих розчинів золи зразків для визначення мікроелементів у їх окремих порціях.

3. Приготування розчинів реагентів та синтез твердофазних барвників: ПКФ-А, ХАЗ-А, КО-А, МТС-А

4. Фотометричне визначення Р(V) у вигляді іонного асоціату молібдофосфатної гетерополікислоти з малахітовим зеленим.

5. Фотометричне визначення Fe(III) з тіоціанатом амонію

6. Визначення Cu(II): зв'язування іонів Fe(III) у безбарвний фторидний комплекс, фотометричне визначення за допомогою СПАДНС при рН 6,0.

7. Визначення Zn(II): вилучення заважаючих катіонів у фазу $\overline{КО}$ при рН 2–2,5 і відокремлення твердої фази. Створення рН 3 у рідкій фазі, ТФС визначення Zn(II) з МТС-А

8. Визначення Cd(II): вилучення заважаючих катіонів у фазу $\overline{КО}$ при рН 2–2,5 і відокремлення твердої фази. Створення рН 3 у рідкій фазі, ТФС вилучення Zn (II) з МТС-А. Створення рН 7 у рідкій фазі та ТФС визначення Cd(II) з МТС-А.

9. Визначення Pb(II): зв'язування іонів Fe(III) у безбарвний фторидний комплекс, ТФС визначення за допомогою ПКФ-А при рН 2.

10. Визначення Hg(II): зв'язування іонів Fe(III) у безбарвний фторидний комплекс, ТФС визначення з $\overline{ХАЗ}$ при рН 2.

11. Визначення К, Na, Са методом полуменевої фотометрії.

У табл. наведено результати аналізу каркаде відповідно до схеми. Видно, що аналізований зразок містить велику кількість K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Р(V), що свідчить про поживну цінність каркаде як харчової добавки. Вміст Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} не перевищує ГДК [16; 17] (у випадку відсутності даних щодо ГДК металів у каркаде, оцінюючи результати орієнтувались на значення ГДК металів для чаю [16]). Вміст Fe^{3+} майже вдвічі перевищує результати, наведені в праці [1], та в три рази – значення ГДК для чаю. Оскільки каркаде в Україні використовується як добавка, а не як основний продукт харчування, підвищений вміст Fe^{3+} не може зашкодити організму людини. Навпаки, каркаде може використовуватись у нових харчових композиціях лікувально-профілактичної дії, призначених для хворих на анемію.

Таблиця

Результати аналізу каркаде за новими (А) та стандартними (Б) методиками (n=3, P=0,95, m зразка = 10 г)

Аналіт (X)	Реагент	Методи (А)/(Б)	ГДК/ГДК*, мг/кг	Внесено X, мг/кг продукту	Знайдено X, мг/кг продукту (А)	S _r	Знайдено X, мг/кг продукту (Б)	S _r
Cu(II)	СПАДНС	(А) Ф	- /100	-	15,0 ± 0,2	0,02	12,8 ± 0,5	0,03
		(Б) П		10	25,2 ± 0,1	0,04	25,6 ± 0,6	0,03
Pb(II)	ПКФ-А	(А) ТФС	5	-	4,46 ± 0,04	0,02	4,50 ± 0,02	0,03
		(Б) П		5	9,50 ± 0,03	0,04	9,65 ± 0,04	0,03
Zn(II)	МТС-А	(А) ТФС	- /10	-	7,8 ± 0,3	0,02	8,0 ± 0,1	0,03
		(Б) П		10	18,0 ± 0,2	0,04	18,0 ± 0,2	0,02
Cd(II)	МТС-А	(А) ТФС	1	-	0,41 ± 0,04	0,02	0,42 ± 0,01	0,03
		(Б) П		5	5,50 ± 0,01	0,04	5,4 ± 0,02	0,03
Hg(II)	\overline{XAZ}	(А) ТСФ (Б) ААС	1	- 1	- 1,0 ± 0,1	- 0,04	< 0,02 1,1 ± 0,1	- 0,03
Fe(III)	NH ₄ SCN o-Phen	(А) Ф	- /5	-	19,3 ± 0,2	0,02	19,8 ± 0,1	0,03
		(Б) Ф		10	29,5 ± 0,1	0,04	29,6 ± 0,2	0,03
P(V)	Na ₂ MoO ₄ ⁺ МЛЗ Na ₂ MoO ₄	(А) Ф	-	-	246 ± 3	0,02	248 ± 4	0,03
		(Б) Ф		50	298 ± 2	0,04	300 ± 2	0,03
K	-	ПФ	-	-	-	-	4000 ± 15	0,02
				100	-	-	4100 ± 20	0,04
Na	-	ПФ	-	-	-	-	1000 ± 20	0,02
				100	-	-	1100 ± 14	0,04
Ca	-	ПФ	-	-	-	-	6000 ± 25	0,02
				100	-	-	6100 ± 30	0,04

Примітки: ПФ – полуменева фотометрія, ТФС – твердофазна спектрофотометрія, Ф – фотометрія, П – полярографія, ААС – атомна абсорбція. ГДК* визначуваних елементів для чаю, мг/кг. Вміст K⁺, Na⁺, Ca²⁺, P(V) – не нормується.

Висновки. Запропоновано схему твердофазного спектрофотометричного та фотометричного визначення мікроелементного складу каркаде. Дані щодо вмісту іонів Na, Pb(II), Cd, Hg(II), Zn отримано вперше.

Запропоновані методики визначення іонів металів характеризуються задовільною правильністю і відтворюваністю результатів; високою чутливістю і селективністю; за експресністю вони перевищують відомі аналогічні й стандартні методики. Схема аналізу характеризується простотою експерименту, екологічною безпечністю, не потребує складного коштовного обладнання, для обслуговування якого потрібні висококваліфікований персонал і стаціонарна лабораторія.

Список джерел інформації / References

1. Буданцев А. Л. Дикорастущие полезные растения России / А. Л. Буданцев, Е. Е. Лесиовская. – Харьков : Изд-во СПХФА, 2001. — 663 с.
Budancev, A.L., Lesiovskaja, E.E. (2001), *Dikorastushhie poleznye rastenija Rossii*, Izd-vo SPHFA, Har'kov, 663 p.
2. Аббас А. М. Растительные пищевые добавки / А. М. Аббас // Растительные ресурсы. – 1993. – Вып. 2. – С. 31–40.
Abbas, A.M. (1993), "Rastitel'nye pishhevye dobavki", *Rastitel'nye resursy*, Vol. 2, pp. 31–40.
3. Муравьева Д. А. Фармакогнозия / Д. А. Муравьева. – М. : Медицина, 1991. – 560 с.
Murav'eva, D.A. (1991), *Farmakognozija*, Medicina, Moscow, 560 p.
4. Яковлев Г. П. Растения для нас / Г. П. Яковлев, К. Ф. Блинов. – Харьков : Изд-во СПХФА, 2001. – 263 с.
Jakovlev, G.P., Blinov, K.F. (2001), *Rastenija dlja nas*, Izd-vo SPHFA, Har'kov, 263 p.
5. Костенко, Є. Є. Полімерні іоніти з іммобілізованими барвниками у гібридних спектрофотометричних методах аналізу: автореф. дис. ... д-ра хім. наук : 02.00.02 / Є. Є. Костенко ; Харківський нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна. – Харків, 2012. – 32 с.
Kostenko, E.E. (2012), *Polimerni ioniti z immobilizovanimi barvnikami u gibridnih spektrofotometriчних metodah analizu: avtoref. dis. ... dokt. him nauk: 02.00.02*, Harkivs'kij nac. un-t im. V.N. Karazina, Harkiv, 32 p.
6. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ / П. П. Коростелев. – М. : Химия, 1967. – 285 с.
Korostelev, P.P. (1967), *Prigotovlenie rastvorov dlja himiko-analiticheskikh rabot*, Himija, Moscow, 285 p.
7. Подчайнова В. Н. Аналитическая химия элементов. Медь / В. Н. Подчайнова, Л. Н. Симонова. – М. : Наука, 1990. – 274 с.
Podchajnova, V.N., Simonova, L.N. (1990), *Analiticheskaja himija jelementov. Med'*, Nauka, Moscow, 274 p.
8. Полянский Н. Г. Аналитическая химия элементов. Свинец / Н. Г. Полянский. – М. : Наука, 1986. – 352 с.

Poljanskij, N.G. (1986), *Analiticheskaja himija jelementov. Svinec*, Nauka, Moscow, 352 p.

9. Живописцев В. П. Аналитическая химия цинка / В. П. Живописцев, Е. А. Селезнева. – М. : Наука, 1975. – 193 с.

Zhivopiscev, V.P., Selezneva, E.A. (1975), *Analiticheskaja himija cinka*, Nauka, Moscow, 193 p.

10. Гладышев В. П. Аналитическая химия ртути / В. П. Гладышев, С. А. Левицкая, Л. М. Филиппова. – М. : Наука, 1974. – 224 с.

Gladyshev, V.P., Levickaja, S.A., Filippova, L.M. (1974), *Analiticheskaja himija rtuti*, Nauka, Moscow, 224 p.

11. Методы анализа чистых химических реактивов / А. И. Сухановская, М. С. Чупахин, В. З. Красильщик, Е. В. Добижка. – М. : Химия, 1984. – 280 с.

Suhanovskaja, A.I., Chupahin, M.S., Krasil'shnik, V.Z., Dobizha, E.V., (1984), *Metody analiza chistykh himicheskikh reaktivov*, Himija, Moscow, 280 p.

12. Айвазов Б. В. Практическое руководство по хроматографии / Б. В. Айвазов. – М. : Высшая школа, 1968 – 270 с.

Ajvazov, B.V. (1968), *Prakticheskoe rukovodstvo po hromatografii*, Vysshaja shkola, Moscow, 270 p.

13. Костенко С. Е. Хіміко-аналітичні властивості сульфогфталейнових барвників, іммобілізованих на аніоніті АВ-17×8 та їх використання в аналізі харчових об'єктів / С. Е. Костеню // Методи та об'єкти хім. аналізу. – 2011. – Т. 6, № 1-2. – С. 56–70.

Kostenko, E.E. (2011), "Himiko-analitichni vlastivosti sul'fotaleinovih barvnykiv, immobilizovanih na anioniti AV-17×8 ta ih vikoristannja v analizi harchovih ob'ektiv", *Metodi ta ob'ekti him. analizu*, Vol. 6, No. 1-2, pp. 56-70.

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 / З. А. Карапетян; Киевский нац. ун-т им. Т.Г Шевченко. – Киев, 1984. – 23 с.

Karapetjan, Z.A. (1984), Ionnye associaty geteropolikislot fosfora, mysh'jaka i kremnija s trifenilmetanovymi osnovnimi krasiteljami i ih primenenie v fotometricheskom analize: avtoref. diss...kand. him nauk: 02.00.02, Kievskij nac. un-t im T.G Shevchenko, Kiev, 23 p.

15. Kostenko, E.E. (2003), "Solid phase spectrophotometric determination of copper (II) using SPADNS", *Functional Materials*, Vol. 10, No. 4, pp. 671-675.

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

SanPiN. 43-123-4089-56 (1986), *Predeľno dopustimye koncentracii tjazhelyh metallov i mysh'jaka v prodovol'stvennom syr'e i pishhevyh produktah*, Minzdrav SSSR, Moscow.

17. СанПиН. 2.3.2-1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М. : Минздрав СССР, 1986.

SanPiN. 2.3.2-1078-01 (1986), *Gigienicheskie trebovanija bezopasnosti i pishhevoj cennosti pishhevyh produktov*, Minzdrav SSSR, Moscow.

Костенко Єлизавета Євгенівна, д-р хім. наук, доц., кафедра аналітичної хімії, факультет технології оздоровчих продуктів та харчової експертизи, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Дорогожицька, 15, кв. 30, м. Київ, Україна, 04112. Тел.: 0663539524; e-mail: kostenkoelizaveta@ukr.net.

Костенко Єлизавета Євгенівна, д-р хім. наук, доц., кафедра аналітичної хімії, факультет технології оздоровчих продуктів та харчової експертизи, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Дорогожицька, 15, кв. 30, м. Київ, Україна, 04112. Тел.: 0663539524; e-mail: kostenkoelizaveta@ukr.net.

Kostenko Elizaveta, d-r of chem. sciences, associate professor, department of analytical chemistry, faculty of technology of health foods and food examination of the National university of food technologies. Address: Dorogozitskaya st., 15, apt. 30, Kyiv, Ukraine, 04112. Tel.: 0663539524; e-mail: kostenkoelizaveta@ukr.net.

Бутенко Олена Миколаївна, канд. техн. наук, доц., кафедра аналітичної хімії, факультет технології оздоровчих продуктів та харчової експертизи, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, Україна, 01601. Тел.: (044)572-02-09; e-mail: butenko0656@mail.ru.

Бутенко Елена Николаевна, канд. техн. наук, доц., кафедра аналітичної хімії, факультет технології оздоровчих продуктів та харчової експертизи, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Владимирская, 68, м. Киев-33, Україна, 01601. Тел.: (044)-572-02-09; e-mail: butenko0656@mail.ru.

Butenko Elena, PhD. Sc. Associate professor, department of analytical chemistry, faculty of technology of health foods and food examination of the National university of food technologies. Address: Vladimirskaaya, st. 68, Kyiv-33, Ukraine, 01601. Tel.: (044)5720209; e-mail: butenko0656@mail.ru.

Максименко Олена Василівна, магістрант, кафедра аналітичної хімії, факультет технології оздоровчих продуктів та харчової експертизи, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, Україна, 01601. Тел.: 0936760595; e-mail: kinderpingvi@ukr.net.

Максименко Елена Васильевна, магістрант, кафедра аналітичної хімії, факультет технології оздоровчих продуктів та харчової експертизи, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Владимирская, 68, г. Киев-33, Україна, 01601. Тел.: 0936760595; e-mail: kinderpingvi@ukr.net.

Maksimenko Elena, magistr, department of analytical chemistry, faculty of technology of health foods and food examination of the National university of food technologies. Address: Vladimirskaaya, st. 68, Kyiv-33, Ukraine, 01601. Tel.: 0936760595; e-mail: kinderpingvi@ukr.net.

Рекомендовано до публікації проф. Г.В. Сокольським, д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.

Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.