

THE STUDY DEFENSIVE CHARACTERISTICS OF SEA BUCKTHORN BERRIES FOR THE IONS Pb (II), Cd (II), Hg (II)

E. Kostenko, L. Melnik, E. Butenko, S. Matko

National University of Food Technologies

Key words:

*toxic metals
defensive characteristic
food-stuffs*

Article history:

Received 16.05.2019
Received in revised form
31.05.2019
Accepted 10.06.2019

Corresponding author:

E. Kostenko
E-mail:
kostenkoelizaveta
@ukr.net

ABSTRACT

The protective properties of berries of sea buckthorn for the ions of toxic metals such as Pb (II), Hg (II), Cd (II) were investigated for the first time. The following results were obtained for determining the values of tread properties for toxic metal ions (%/1 g of specimen): ITP-Pb = 98.93±0.2, ITP-Cd = 80.55±0.1, ITP-Hg = 95.43±0.3 for crushed dried berries; ITP-Pb = 38.41±0.3, ITP-Cd = 1.78±0.2, ITP-Hg = 55.11±0.2 for shredded fresh berries; ITP-Pb = 38.40±0.2, ITP-Cd = 1.75±0.1, ITP-Hg = 57.61±0.2 for puree, obtained by steam blanching. The quantitative characteristics of the binding ability of the investigated samples are obtained. According to the ability to adsorb by dried ground berries of sea buckthorn, toxic metals can be arranged in the following sequence: Pb > Hg > Cd. A similar relationship coincides with the literature data on the stability of complex compounds of the investigated metals with O-, N-, S-containing organic complexing organic reagents. This indicates the reliability of the results. According to the ability to adsorb by the freshly ground berries of sea buckthorn and mashed potatoes, obtained by blending steam, the metals can be arranged in the following sequence: Hg > Pb > Cd. It was found that fresh berries of sea buckthorn showed the best tread properties towards mercury. That is, the introduction of the test sample into new sauces should give them certain tread properties, especially towards mercury and plumbum and less towards cadmium. A similar dependency is observed for mash obtained by blending steam.

Significantly greater binding ability of crushed dried samples of sea buckthorns compared to mash and fresh berries can be explained by different consistency of samples. Since, the bell pegs include substances that are able to bind ions Pb (II), Cd (II), Hg (II) as due to complexation with functional-active groups (FAU) of their main components (proteins, pectin substances, vitamins etc.), and due to the physical adsorption of these ions by the surface of sea buckthorn, the possible chemistry of complex formation in such systems is considered.

Data are used to create new sauces with enhanced tread properties towards Pb (II), Hg (II), Cd (II) ions.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-28

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЯГІД ОБЛІПИХИ ЩОДО ІОНІВ РВ (II), СД (II) ТА НГ (II)

Є. Є. Костенко, Л. М. Мельник, О. М. Бутенко, С. В. Матко
Національний університет харчових технологій

У статті вперше досліджені протекторні властивості ягід обліпихи щодо іонів таких токсичних металів, як Рв (II), Нг (II), Сд (II). Отримано результати визначення показників протекторних властивостей щодо іонів токсичних металів (%/1 г зразка): ППВ-Рв = $98,93 \pm 0,2$, ППВ-Сд = $80,5 \pm 0,1$, ППВ-Нг = $95,43 \pm 0,3$ для подрібнених висушених ягід; ППВ-Рв = $38,41 \pm 0,3$, ППВ-Сд = $1,78 \pm 0,2$, ППВ-Нг = $55,11 \pm 0,2$ для подрібнених свіжих ягід; ППВ-Рв = $38,40 \pm 0,2$, ППВ-Сд = $1,75 \pm 0,1$, ППВ-Нг = $57,61 \pm 0,2$ для пюре, отриманого бланшуванням парою.

За здатністю адсорбуватися висушеними подрібненими ягодами обліпихи токсичні метали можна розташувати у такий ряд: Рв > Нг > Сд. Подібна залежність збігається з даними літератури щодо стійкості комплексних сполук досліджуваних металів з О-, N-, S-вмісними органічними комплексуючими органічними реагентами. Це свідчить про достовірність отриманих результатів. За здатністю адсорбуватися свіжими подрібненими ягодами обліпихи та пюре, отриманого бланшуванням парою, метали можна розташувати у такий ряд: Нг > Рв > Сд. Видно, що свіжі ягоди обліпихи виявили найкращі протекторні властивості щодо ртуті. Тобто внесення досліджуваного зразка до складу нових соусів повинно надати їм певних протекторних властивостей перш за все щодо ртуті та плюмбуму і менших — щодо кадмію. Аналогічна залежність спостерігається і для пюре, отриманого бланшуванням парою. Значно більшу зв'язувальну здатність подрібнених висушених зразків обліпихи порівняно з пюре та свіжими ягодами можна пояснити різною консистенцією зразків.

Оскільки, до складу обліпихи входять речовини, що здатні зв'язувати іони Рв (II), Сд (II), Нг (II) як за рахунок комплексоутворення з функціонально-активними угрупованнями (ФАУ) їх основних компонентів (білки, пектинові речовини, вітаміни тощо), так і за рахунок фізичної адсорбції цих іонів поверхнею обліпихи, розглянуто можливий хімізм комплексоутворення в таких системах.

Отримана інформація була використана при розробці нових соусів з протекторними властивостями до іонів токсичних металів.

Ключові слова: токсичні метали, протекторні властивості, харчові продукти.

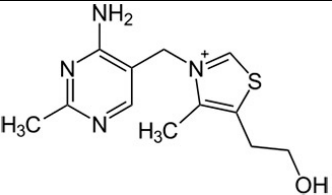
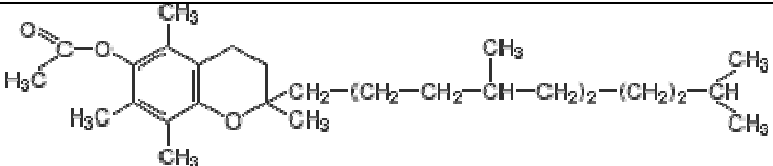
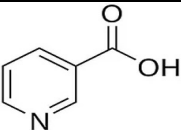
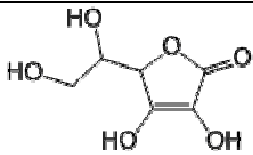
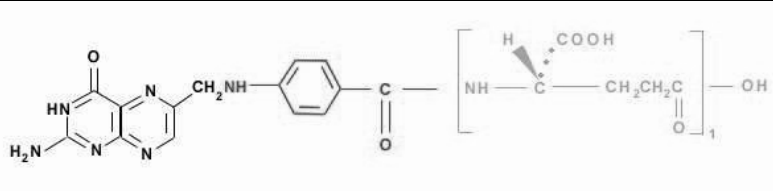
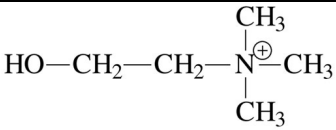
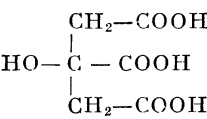
Постановка проблеми. З давніх часів відомо, що ягоди обліпихи є джерелом багатьох цінних речовин, які зумовлюють її поживні та лікувальні властивості. Рослина користувалося популярністю в народній медицині Китаю, Риму, Греції. Обліпиху застосовували для терапії захворювань шлунково-кишкового тракту, легенів, печінки. Крім цього, плоди рослини використовували для лікування авітамінозів і ревматизму. Нині обліпиха продовжує

користуватися великим попитом. Крім застосування рослини в нетрадиційній медицині, її використовують в кулінарії та косметології. З плодів обліпихи роблять повидло, варення, компоти. Крім цього, вона здатна надати будь-якій страві ненав'язливу кислинку і неповторний аромат. Рослину називають ще золотим деревом, сибірським ананасом [1—4].

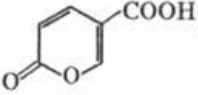
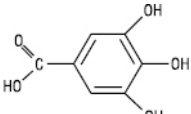
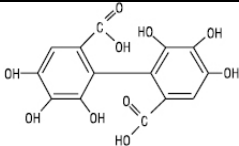
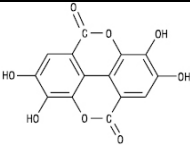
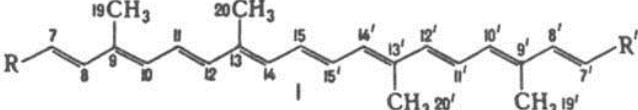
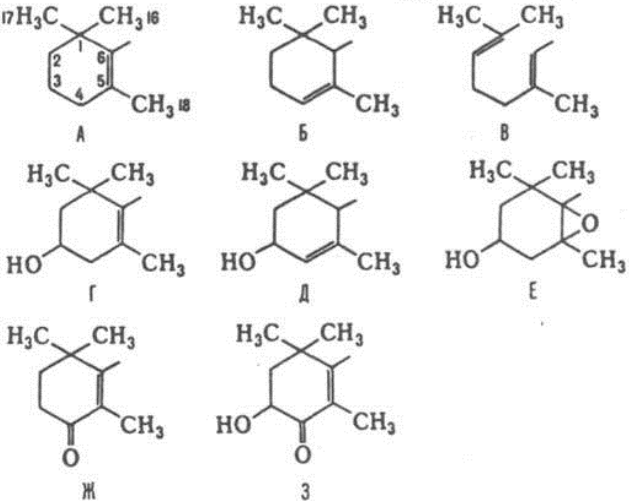
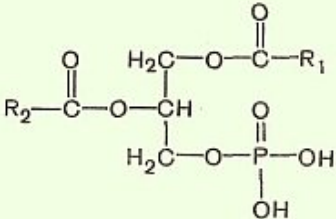
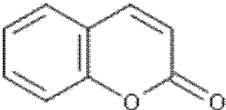
У Франції, Фінляндії та країнах Скандинавії плоди обліпихи використовують як пряну приправу для рибних і м'ясних страв, застосовують при створенні особливого сорту хліба.

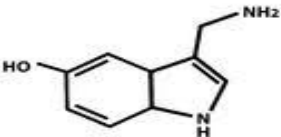
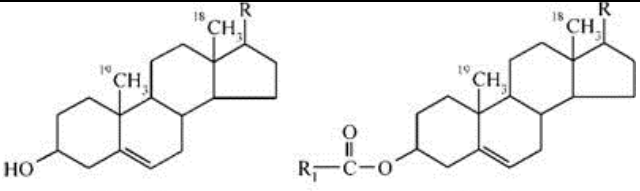
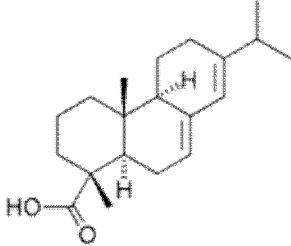
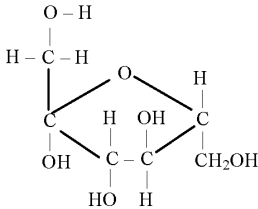
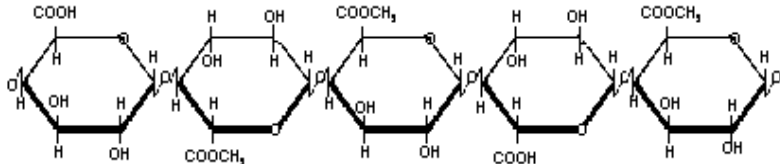
До складу обліпихи входять такі органічні речовини (табл. 1)

Таблиця 1. Структурні формули біологічно активних речовин, які зумовлюють поживні та лікувальні властивості ягід обліпихи

Вітамін В 1 (тіамін)	
Вітамін Е (токоферол)	
Вітамін РР (нікотинова кислота)	
Вітамін С (аскорбінова кислота)	
Вітамін В 9 (фолієвая кислота)	
Холін (Вітамін В4)	
Лимонна кислота	

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Яблучна кислота	 I		
Дубильні речовини	 галова кислота	 гексагідроксидифенова кислота	 елагова кислота
Каротиноїди	  1а R=R'=A; 1б R=A, R'=Б; 1в R=A, R'=В; 1г R=R'=Б; 1д R=R'=В; 1е R=Г, R'=Д; 1ж R=R'=Е; 1з R=Г, R'=А.		
Фосфоліпіди	 Фосфатидная кислота		
Кумарини			

Серотонін	<p>Serotonin</p> 
Стеарин	 <p style="display: flex; justify-content: space-around;">Стерин Стерид</p>
Терпенові кислоти	
Цукри	 <p style="text-align: center;">фруктоза</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">©Sterka.com</p>
Пектин	

Усі ці речовини наділяють рослину масою цілющих властивостей. Обліпіха має антиоксидантну, адаптогенну, знеболювальну, протизапальну, тонізуючу, протирадіаційну, судинорозширювальну, цукрознижуючу і ранозагоювальну дію.

Слід звернути увагу на те, що всі наведені біологічно активні речовини містять у своєму складі функціонально-активні угруповання (ФАУ), здатні до комплексоутворення з іонами металів і з токсичними речовинами [5—8]. Тобто ці речовини можуть зв'язувати іони Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} та виводити їх з організму людини. У літературі є відомості про дослідження протекторних влас-

тивостей різних харчових продуктів та їх основних компонентів [9—16], однак така інформація про плоти обліпихи відсутня.

Мета дослідження: вивчити протекторні властивості основних компонентів обліпихи щодо іонів Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} .

Матеріали і методи. *Реагенти.* Вихідні $0,1$ моль/дм³ розчини солей $Pb(II)$, $Hg(II)$, $Cd(II)$ готували розчиненням наважок: Cd^0 (ос.ч.) у $1,0$ моль/дм³ H_2SO_4 ; $Pb(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2 \cdot 0,5 H_2O$ (х.ч) у $0,1$ моль/дм³ HNO_3 [17]. Стандартизацію проводили: комплексометрично (Pb) [18] та меркуриметрично (Hg) [19].

У процесі дослідження використовували 10^{-3} моль/дм³ водні розчини металохромних індикаторів: ксиленолового оранжевого (КО), ч. д. а. (Chetapol) та сульфоназо III (СФАЗ), ч. д. а. (Merk). рН розчинів створювали за допомогою $0,01$ моль/дм³ HNO_3 і уротропіну кристалічного.

10^{-3} моль/дм³ розчини солей металів готували розведенням більш концентрованих розчинів перед проведенням експерименту. Воду очищали, як описано в [20].

Методики експерименту. *Методика визначення зв'язуючої здатності основних компонентів ягід обліпихи щодо іонів токсичних металів.* У склянку місткістю 150 см³ вносили 1 г подрібненого у порцеляновій ступці зразка; додавали 50 см³ теплої (45 — $50^\circ C$) дистильованої води, перемішували скляною паличкою і залишали на 10 хвилин для набухання.

До отриманої суміші додавали 1 см³ $0,1$ моль/дм³ розчину солі досліджуваного токсичного металу, перемішували $0,5$ години на магнітній мішалці, фільтрували крізь складчастий фільтр.

У фільтраті визначали вміст іонів досліджуваних металів за методом градувального графіка. Кількість $Pb(II)$, $Hg(II)$, $Cd(II)$, що сорбувалася подрібненими ягодами обліпихи, визначали як різницю між $m_{Pb, Cd, Hg}$, що була внесена, і $m_{Pb, Cd, Hg}$, що була знайдена у фільтраті.

Методика визначення $Pb(II)$ у фільтраті [21]. У мірну пробірку місткістю 10 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe^{3+} , що заважають, 1 см³ $0,01$ моль/дм³ HNO_3 для створення рН 3 , додавали 2 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину СФАЗ, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів $Pb(NO_3)_2$. У сім мірних пробірок місткістю 10 см³ вносили $0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,6, 0,7, 1,0$ см³ 10^{-3} моль/дм³ стандартного розчину $Pb(NO_3)_2$, 1 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину NaF , 1 см³ $0,01$ моль/дм³ HNO_3 для створення рН 3 в об'ємі 10 см³, додавали 2 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину сульфоназо III, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Паралельно готували контрольну пробу $Pb(NO_3)_2$: в мірну пробірку вносили 1 см³ 10^{-3} моль/дм³ водного розчину NaF , 1 см³ $0,01$ моль/дм³ HNO_3

для створення рН 3 в об'ємі 10 см³, додавали 2 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину сульфоназо III, доводили загальний об'єм до 10 см³ дистильованою водою і перемішували. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 660$ нм в кюветі з $\ell = 0,1$ см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

Методика визначення Cd(II) у фільтраті [22]. У мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Cd(NO₃)₂. У п'ять мірних колб місткістю 25 см³ вносили: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 см³ розчину Cd(NO₃)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину ксиленолового оранжевого, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хвилин після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу*: у мірну колбу місткістю 25 см³ вносили: 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

Методика визначення Hg (II) у фільтраті [22]. У мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ фільтрату, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF для зв'язування іонів Fe³⁺, що заважають, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Методика приготування серії стандартних розчинів Hg(NO₃)₂. У п'ять мірних колб місткістю 25 см³ вносили: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 см³ розчину Hg(NO₃)₂, 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до rischi дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $\ell = 1$ см відносно контрольної проби через 5 хв після змішування розчинів.

Паралельно готували *контрольну пробу*: у мірну колбу місткістю 25 см³ вносили 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ водного розчину NaF, додавали 1 см³ 10⁻³ моль/дм³ розчину KO, доводили до риски дистильованою водою, перемішували і переносили у склянку, опускали електроди і при сталому перемішуванні створювали в об'ємі 25 см³ рН~5,8 за допомогою уротропіну кристалічного. Оптичну густину вимірювали при $\lambda = 580$ нм в кюветі з $l = 1$ см відносно води через 5 хв після змішування розчинів.

Апаратура. Спектри світлопоглинання розчинів знімали, користуючись спектрофотометром СФ-46. Світлопоглинання розчинів вимірювали на КФК-3 при оптимальній довжині хвилі ($\lambda_{\text{опт}}$) відносно контрольної проби або води. Кислотність розчинів контролювали іономіром И-160 зі скляним електродом.

Результати і обговорення. Встановлено, що іони Pb (II), Cd (II), Hg (II) утворюють з більшістю речовин, які наведені в табл. 1, практично безбарвні комплексні сполуки [6; 8], що поглинають світло в далекій ультрафіолетовій частині спектра.

Враховуючи вищевикладене, можливий склад комплексів і дані літератури [5—16], можна очікувати, що координація іонів досліджуваних металів буде здійснюватися таким чином:

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах тіазольного фрагменту вітаміну В₁;

- за рахунок заміщення гідрогену в гідроксогрупах вітаміну В₄ (холін), стеарину, серотоніну, цукрах та каротиноїдах;

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах дубильних речовин (пірокатехін, пірогалол тощо) з утворенням 5-членних циклів;

- за атомами кисню внаслідок заміщення гідрогену в гідроксогрупах та розриву подвійного зв'язку в >C=O-групах окремих каротиноїдів з утворенням 5-членних циклів;

- за атомами кисню внаслідок розриву подвійного зв'язку в 6-ацетокси-фрагменті токоферолу — (6-ацетокси-2-метил-2-(4,8,12-триметилтридецил)хроману);

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних групах аскорбінової (вітамін С), яблучної, лимонної, фолієвої (вітамін В₉) фосфатидної, терпенових кислот;

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних групах або за атомами кисню внаслідок розриву подвійного зв'язку в >C=O-групах окремих каротиноїдів (ліналол, лимонен, гераниол, цитронел тощо);

- за рахунок заміщення гідрогену в карбоксильних та гідроксогрупах пектинових речовин.

У табл. 2 наведені результати визначення зв'язуючої здатності досліджуваних зразків щодо іонів Pb(II), Hg(II), Cd(II).

За здатністю адсорбуватися висушеними подрібненими ягодами обліпихи токсичні метали можна розташувати у такий ряд: Pb > Hg > Cd. Подібна залежність збігається з даними літератури щодо стійкості комплексних сполук досліджуваних металів з O-, N-, S-вмісними органічними комплексоутво-

рюючими органічними реагентами. Це свідчить про достовірність отриманих результатів.

Таблиця 2. Результати визначення зв'язуючої здатності ягід обліпихи щодо іонів Pb (II), Hg (II), Cd (II)

Досліджуваний зразок	Сорбувалось іонів металу, %		
	Pb (II)	Cd (II)	Hg (II)
1. Подрібнені висушені ягоди	98,93	80,55	95,43
2. Подрібнені свіжі ягоди	38,41	1,78	55,11
3. Пюре, отримане бланшуванням парою	38,40	1,75	57,61

За здатністю адсорбуватися свіжими подрібненими ягодами обліпихи та пюре, отримане бланшуванням парою метали можна розташувати у такий ряд: Hg > Pb > Cd.

Видно, що свіжі ягоди обліпихи виявили найкращі протекторні властивості щодо ртуті. Тобто внесення досліджуваного зразка до складу нових соусів повинно надати їм певних протекторних властивостей перш за все щодо ртуті та свинцю і менших — щодо кадмію. Аналогічна залежність спостерігається і для пюре, отриманого бланшуванням парою.

Значно більша зв'язувальна здатність подрібнених висушених зразків обліпихи порівняно з пюре та свіжими ягодами можна пояснити різною консистенцією зразків. Зразок № 1 має значно меншу в'язкість ніж зразки № 2 і 3. Він значно швидше фільтрується, тож можна припустити, що доступність функціонально-аналітичних угруповань основних компонентів зразка № 1, як центрів зв'язування токсичних металів за рахунок комплексоутворення, значно краща, ніж у зразків № 2 і 3.

Отримана інформація була використана при розробці нових соусів з протекторними властивостями до іонів токсичних металів.

Висновки

Вперше досліджені протекторні властивості ягід обліпихи щодо іонів таких токсичних металів, як Pb (II), Hg (II), Cd (II). Отримані кількісні характеристики зв'язувальної здатності досліджених зразків. Дані використані для створення нових соусів з підвищеними протекторними властивостями щодо іонів Pb (II), Hg (II), Cd (II).

Література

1. Обліпиха: лікувальні властивості, застосування, рецепти. URL: <https://healthday.in.ua/travi/oblipikha>.
2. Вульф Е. В., Малеева О. Ф. Мировые ресурсы полезных растений: пищевые, кормовые, лекарственные и др. / отв. ред. Ф.Х. Бахтеев; БИН АН СССР: монографія. Ленинград: Наука, 1969. 566 с.
3. Турова А. Д., Сапожникова Э. Н. Лекарственные растения СССР и их применение: монографія. Москва: Медицина, 1984. 304 с.
4. Андреева И.И., Родман Л.С. Ботаника: монографія. Москва: Колос, 2005. 528 с.
5. Пилипенко А. Т. Органічні реактиви в неорганічному аналізі: монографія. Киев: Вища школа, 1972. 255 с.

6. Яцимирский К.Б. Биологический аспекты координационной химии: монография. Киев: Наукова думка, 1979. 263 с.
7. Эйхгорн Г. Неорганическая биохимия: монография. Москва: Мир, 1978. 736 с.
8. Мак Олифф К. Методы и достижения бионеорганической химии: монография. Москва: Мир, 1978. 390 с.
9. Костенко Є.Є., Бутенко О.М. Вивчення комплексоутворення Pb (II), Cd (II), Hg (II) з амінокислотами для прогнозування протекторних властивостей харчових продуктів. Наукові праці НУХТ. Київ, 2012. № 44. С. 85—91.
10. Костенко Є. Є., Стахмич Т. В., Бутенко О. М. Протекторні властивості харчових продуктів, які не містять пектину, щодо Плюмбуму (II): матеріали Сесії наук. ради НАН України з пробл. «Аналітична хімія», м. Гурзуф, 16-19 трав. 2011 р. Київ: РВЦ КНУ, 2011. С. 54.
11. Костенко Є. Є., Тасенко М. А., Ромоданова В. О. Вивчення здатності деяких основних компонентів молока та сумішей на його основі зв'язувати іони плюмбуму. Наук. праці УДУХТ. Київ, 2001. № 10. С. 46—47.
12. Спосіб визначення комплексоутворювальної здатності основних компонентів молока та сумішей на його основі: пат. № 41841 А. Україна. МПК 7 G01N33/04. заявл. № 2001053132; заявлено 07.05.01; опубл. 17.09.2001, Бюл. № 8. 4 с.
13. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Біла Г. М., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з валіном. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Київ, 2010. № 33. С. 30—32.
14. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Біла Г. М., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з метіоніном. *Харчова і переробна промисловість*. Київ, 2010. № 2(366). С. 26—28.
15. Костенко Є. Є., Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Боднар А. В. Дослідження комплексоутворення плюмбуму (II) з лейцином. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Київ, 2009. № 29. С. 6—8.
16. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ: монография. Москва: Химия, 1967. 304 с.
17. Полянский Н. Г. Аналитическая химия элементов. Свинец: монография. Москва: Наука, 1986. 352 с.
18. Гладышев В. П., Левицкая С. А., Филиппова Л. М. Аналитическая химия ртути: монография. Москва: Наука, 1974. 224 с.
19. Методы анализа чистых химических реактивов / ред. П. П. Коростелев. Москва: Химия, 1984. 280 с.
20. Костенко Е. Е., Христиансен М. Г., Бутенко Е. Н. Фотометрическое определение микроколичеств свинца в питьевой воде с помощью сульфоназо III. Химия и технология воды. Киев, 2002. № 6. С. 324—328.
21. Марченко З. Фотометрическое определение элементов: монография. Москва: Мир, 1971. 501 с.