

УДК 615.074

О. Ф. АКСЬОНОВА, І. С. ПЛЮГІНА, М. В. АРТАМОНОВА, Н. В. ШМАТЧЕНКО**ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У РОСЛИННИХ ДОБАВКАХ, ОТРИМАНИХ ЗА КРІОГЕННИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

Методами тонкошарової хроматографії та спектрофотометрії досліджено якісний та кількісний склад антиоксидантного комплексу кріопаст з моркви, гарбуза та кріопорошків із обліпихи, суданської троянди, що зумовлений наявністю жиророзчинних вітамінів, поліфенолів та антоціанів. Підібрано оптимальні умови визначення антиоксидантів методом тонкошарової хроматографії. На основі аналізу спектрів поглинання екстрактів рослинних кріодобавок зроблено висновки про якісний та кількісний склад їх антиоксидантного комплексу.

Ключові слова: кріопаста, кріопорошок, морква, гарбуз, обліпиха, суданська троянда, тонкошарова хроматографія, спектрофотометрія, екстракція.

Методами тонкослойной хроматографии и спектрофотометрии исследован качественный и количественный состав антиоксидантного комплекса криопаст из моркови, тыквы и криопорошков из облепихи, суданской розы, обусловленный наличием жирорастворимых витаминов, полифенолов и антоцианов. Подобраны оптимальные условия определения антиоксидантов методом тонкослойной хроматографии. На основе анализа спектров поглощения экстрактов растительных криодобавок сделаны выводы о качественном и количественном составе их антиоксидантного комплекса.

Ключевые слова: криопаста, криопорошок, морковь, тыква, облепиха, суданская роза, тонкослойная хроматография, спектрофотометрия, экстракция.

By thin layer chromatography and spectrophotometry studied qualitative and quantitative composition of the antioxidant complex of frozen products from carrots, pumpkin and sea buckthorn, Sudanese rose, due to the presence of fat-soluble vitamins, polyphenols and anthocyanins. Optimal conditions for determining antioxidants TLC. Based on the analysis of the absorption spectra of extracts of plant frozen products made conclusions about the qualitative and quantitative composition of the antioxidant complex.

Keywords: frozen foods, carrots, pumpkin, sea buckthorn, Sudanese rose, thin layer chromatography, spectrophotometry, extraction.

Вступ. Останнім часом на ринку харчових добавок з'явилися нові натуральні рослинні добавки – кріопаста та кріопорошки, які можуть бути використані у технологіях мармеладно-пастильних виробів для підвищення вмісту біологічно-активних речовин, надання смаку та кольору [1]. Розроблено технологію мармеладу желейного з використанням водно-спиртових екстрактів кріас-порошків із чорноплідної горобини та суцвіття нагідок, спиртового екстракту кріас-порошку з листя кропиви [2]. Відомою є технологія желейного мармеладу на агарі з кріопорошком із гарбуза [3]. Проводиться робота щодо розробки технологій мармеладу желейно-фруктового та маршмелу з використанням рослинних кріопаст та кріопорошків [4–7].

Рослинна сировина, з якої виробляють кріопаста та кріопорошки є джерелом антиоксидантів, таких як каротиноїди, токофероли, феноли, флавоноїди, дубильні речовини та проантоціанідини. Цей факт зумовлює їх корисні властивості у боротьбі з вільними радикалами, які є причиною виникнення цілого ряду захворювань, включаючи рак, нейродегенеративні розлади та запалення [8]. Саме тому значна кількість наукових досліджень присвячена вивченню природних антиоксидантів, як засобів для профілактики і лікування захворювань.

Аналіз останніх досліджень та літератури. Одним із основних компонентів, що обумовлює антиоксидантну активність рослинних добавок із обліпихи, суданської троянди, шипшини є вітамін С, який відноситься до водорозчинних вітамінів та характеризується своєю нестабільністю, здатністю досить швидко окиснюватися киснем повітря [9–12], руйнуватися під час температурної обробки.

Треба зазначити, що не дивлячись на значний

вклад вітаміну С в антиоксидантну активність рослинних добавок, є й інші компоненти, що зумовлюють антиоксидантну дію кріодобавок з рослинної сировини. До таких відносяться каротиноїди, токофероли, поліфенольні сполуки та антоціани, які проявляють до того ж синергетичний ефект щодо антиоксидантної дії [13].

Каротиноїди – це один з найважливіших класів природних сполук, що містяться у рослинній сировині. У харчовій промисловості вони широко застосовуються як природні барвники, які до того ж відіграють важливу провітамінну та антиоксидантну роль [14, 15]. Відомо, що β -каротин має 100% провітамінну активність (провітамін А), у той час як α - та γ -каротини проявляють лише 50 % провітамінної активності.

Каротиноїди – це полієнові вуглеводні ряду тетраерпенів (C_{40} – сполуки) із структурою, що складається з ізопренових одиниць. Завдяки великій кількості сполучених подвійних зв'язків ці сполуки поглинають світло у видимій області спектру та мають забарвлення від жовтого до червоного. В залежності від ступеня окиснення каротиноїди поділяють на каротини – ненасичені вуглеводні та фітоксантини або ксантофіли – оксигенвмісні каротиноїди. Фітоксантини містять в своєму складі гідроксі-, метокси-, карбокси-, кето- та епоксигрупи. В рослинному світі широко розповсюджені вуглеводневі каротиноїди типу $C_{40}H_{56}$ (α -, β - та γ -каротини, лікопін) та фітоксантини з однією гідроксильною групою $C_{40}H_{56}O$ (крітоксантин), з двома гідроксильними групами $C_{40}H_{56}O_2$ (зеаксантин, лютеїн), з альдегідною групою $C_{30}H_{40}O_2$ (β -цитраїн).

У таблиці 1 наведено структури каротиноїдів [16, 17].

Таблиця 1. Назви та структура каротиноїдів

Назва каротиноїду	Структура каротиноїду
α-каротин	
β-каротин	
Лікопін	
Ізокриптоксан	
Лютеїн	
Антераксантин	
Ауроксантин	
Кантаксантин	

Ще одним антиоксидантом, який належить до жиророзчинних вітамінів є вітамін Е. Ряд сполук, до яких зазвичай застосовують назву «Вітамін Е» включає декілька представників – похідних хроману, які є природними антиоксидантами, що мають протекторну дію щодо окиснення ненасичених ліпідів, запобігають руйнуванню клітинних мембран, в наслідок чого використовуються для профілактики цілого ряду захворювань. Крім того, до групи «Вітаміну Е» відносять виявлені у деяких природних джерелах супутники токоферолів – токотриєноли. α-, β-, γ-, ξ-, δ-, ε-, та η-токотриєноли – аналоги відповідних токоферолів, що відрізняються від них структурою бокового поліізопреноїдного ланцюга [18]. Нижче наведено загальну формулу токоферолів та токотриєнолів (рис. 1).

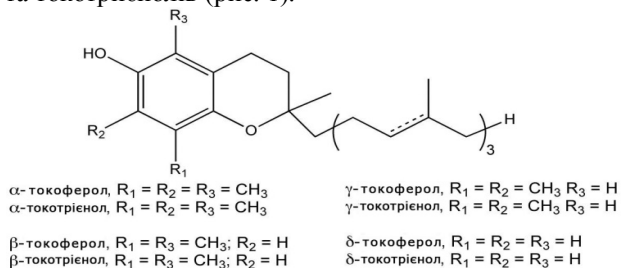


Рис. 1. Загальна формула токоферолів та токотриєнолів

Одним із найбільш поширених і численних класів природних сполук, які проявляють біологічну і антиоксидантну активність, є поліфеноли. Вони містяться в овочах, фруктах, зерні, приправах, а також у вині, зеленому та чорному чаї, каві, какао та інших продуктах, і мають антиканцерогенну, антибактеріальну та протизапальну дію, попереджують розвиток багатьох захворювань [19–22]. Вміст окремих поліфенолів у рослинах визначає їх забарвлення, аромат та смак [23]. Особливу цінність представляють біофлавоноїди, що мають антиканцерогенні, антисклеротичні та антиалергічні властивості. За антиоксидантною активністю вони в десятки разів перевищують вітаміни С, Е і каротиноїди. Особливо активним є симбіоз біофлавоноїдів [24]. Основні джерела цих антиоксидантів – фрукти, овочі, ягоди, мед, чай, червоне вино, рослинні олії.

Фенольні сполуки – це один з найбільш поширених і численних класів біологічно активних речовин, що містять ароматичні кільця з гідроксильною групою, тобто, особливістю цих сполук є наявність вільного або зв'язаного фенольного гідроксилу. У рослинній сировині фенольні сполуки містяться у вільному стані або у вигляді глікозидів. Їх вміст може складати до 30% і вище (дубильні речовини). За хімічною структурою всі фенольні сполуки ділять на 3 основні групи: з одним або двома ароматичними кільцями, полімерні фенольні сполуки. До сполук із одним ароматичним кільцем відносяться: прості феноли, кислоти, оксикоричні кислоти та їх похідні, кумарини хромони. До фенолокислот відносять протокатехову кислоту, галову, саліцилову та ін.

Найбільш відновленими флавоноїдами є катехіни, а найбільш окисненими – флаваноли. Відновлені сполуки (катехіни, лейкоантоціанідіни) безбарвні, а окиснені мають жовто-помаранчеве забарвлення. Флавоноїди зустрічаються як у вільному стані (катехіни), так і у вигляді глікозидів. Катехіни відносять до речовин, що відрізняються Р-вітамінною активністю. Їх використовують при лікуванні захворювань, пов'язаних із порушеннями функцій капілярів і при набряках. Флавоноїди дуже поширені в рослинному світі, при цьому відрізняються винятковим різноманіттям типів. У природі особливо широко поширені флаваноли і флаван-3-оли (катехіни) [24].

Антоціани – глікозиди антоціанідінів і похідні однієї і тієї ж ароматичної структури – флавілієвого катіону. Цей катіон складається з бензопірілієвого ядра і фенольного кільця [25]. Антоціанідіни через свої структури (незначна частка полярних гідроксильних груп до загальної молекулярної масі катіону флавілію) погано розчиняються в основному природному розчиннику – у воді, тому в рослинах антоціанідіни існують у водорозчинній формі у вигляді глікозидованих похідних – антоціанів. Різноманіття антоціанів пояснюється тим, що вуглеводні залишки можуть бути представлені як моносахаридами, так і різними ди-, три- і тетрасахаридами [26, 27]. До того ж у багатьох антоціанів деякі гідроксильні групи етильовані або ацильовані. На рис. 2 представлено

загальну структуру природних аніонів, а в табл. 2 наведено основні антоціани рослинної сировини.

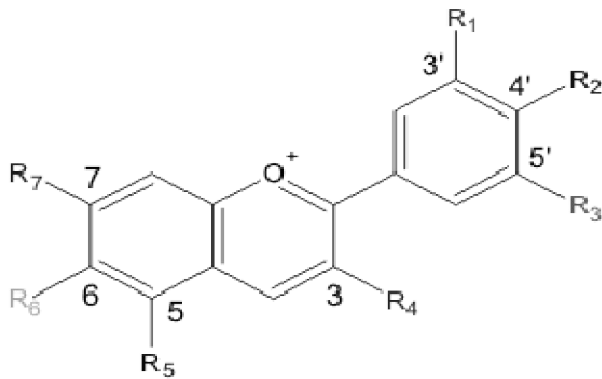


Рис. 2. Загальна структура антоціанів

Таблиця 2. Основні антоціани рослинної сировини

Антоціани	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Цианідин	-OH	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Дельфінідин	-OH	-OH	-OH	-OH	-OH	-H	-OH
Пеларгонідин	-H	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Мальвідин	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH

Для дослідження каротиноїдів, токоферолів, поліфенолів, антоціанових сполук використовують різні методи – хроматографічні (високоєфективна рідинна хроматографія, тонкошарова хроматографія), спектроскопічні (УФ, ІЧ) а також метод ЯМР [28–31].

Дослідженням антиоксидантного комплексу сировини рослинного походження приділено багато уваги у науковій літературі. Відомості про детальне дослідження антиоксидантів кріопаст із моркви, гарбуза та кріопорошків із обліпихи, суданської троянди у літературі відсутні. Тому дослідження антиоксидантного комплексу рослинних добавок, що були отримані шляхом криогенного подрібнення є актуальним завданням.

Мета і постановка задачі дослідження. Метою роботи було дослідити антиоксидантний комплекс, зумовлений наявністю каротиноїдів, токоферолів, поліфенолів та антоціанів у кріопастах та кріопорошках із рослинної сировини. Визначити кількісний вміст антиоксидантів у кріодобавках та порівняти з даними для вихідної рослинної сировини.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- провести якісне визначення жиророзчинних антиоксидантів кріопаст із моркви, гарбуза і кріопорошку з обліпихи методом тонкошарової хроматографії (ТШХ);

- провести якісне визначення антоціанів у кріопорошку із суданської троянди методом ТШХ;

- провести кількісне визначення антиоксидантів кріодобавок спектрофотометричним методом.

Матеріали та методи дослідження.

Досліджувані кріопасті було виготовлено в лабораторних умовах за криогенною технологією згідно [1]. В якості початкової сировини використовували: моркву сорту «Вітамінна 6», гарбуз сорту «Новинка». У дослідженнях використовували кріопорошок із обліпихи (ПАТ «Кріокон», Україна) та з суданської троянди (ПП «НВП Кріас Плюс», Україна) (рис. 3).



Рис. 3. Досліджувані кріодобавки: а – кріопаста з моркви; б – кріопаста з гарбуза; в – кріопорошок із обліпихи; г – кріопорошок із суданської троянди

Дослідження якісного складу жиророзчинних антиоксидантів кріопаст із моркви, гарбуза і кріопорошку з обліпихи проводили методом тонкошарової хроматографії.

Для виділення жиророзчинних вітамінів наважку Для виділення жиророзчинних вітамінів наважку кріопасті масою 10 г (у перерахунку на суху речовину) поміщали у круглодонну колбу, додавали 15 мл гексану та кип'ятили на водяній бані із зворотним холодильником протягом 45 хв. Після чого екстракт відділяли та центрифугували. Кратність екстракції дорівнювала трьом. Екстракти кріопаст із моркви та гарбуза мали жовто-оранжеве забарвлення, екстракт кріопорошку з обліпихи – жовте.

Екстрагування антоціанів із кріопорошку суданської троянди проводили 40% етиловим спиртом. Для чого наважку кріопорошку масою 2 г поміщали у плоскодонну колбу з притертою кришкою, додавали 10 мл етилового спирту та перемішували на магнітній мішалці за температури 23±2 °С протягом 15...20 хвилин. Екстракт мав насичений пурпурний колір.

Хроматографування екстрактів кріодобавок проводили з використанням силікагелевої пластинки марки «Sorbfil» (10×10 см) у системі розчинників гексан – хлороформ (3:1) (для виявлення каротино-

ідів та токоферолів) та у системі н-бутиловий спирт – оцтова кислота – вода (4:1:2) (для виявлення антоціанів). Як розчини «свідки» для визначення каротиноїдів та токоферолів було обрано препарати «Вітамін Е», «Вітамін А» та «АЕвіт» виробництва ПАО «Київський вітамінний завод».

Аналіз антоціанового комплексу кріопорошку з суданської троянди проводили використовуючи літературні дані щодо значень R_f окремих антоціанів та антоціанідинів [34].

Довжина шляху пробігу розчинників становила 8 см. Для проявлення плям використовували 5% спиртовий розчин фосформолібденової кислоти у випадку дослідження каротиноїдів та токоферолів. Антоціани визначали без використання розчину-проявника, оскільки антоціанові барвники мають забарвлення.

Кількісне визначення антиоксидантів здійснено спектрофотометричним методом. Спектри екстрактів кріодобавок знімали на спектрофотометрі СФ-46 у УФ- та видимій областях. Товщина поглинаючого шару становила 1 см.

Результати досліджень.

Як було зазначено вище, морква крім β -каротину містить α - та γ -каротини. Гарбуз також має досить складний каротиноїдний склад [32, 33]. Тому за допомогою ТШХ спочатку було досліджено каротиноїдний склад кріопаст із моркви та гарбуза. На рис. 4 наведено хроматограму «свідків». Де R_f вітаміну А дорівнює 0,77, вітаміну Е – 0,90.



Рис. 4. Хроматограма препаратів: 1 – «Вітамін Е», 2 – «Вітамін А», 3 – «АЕвіт»

Результати дослідження кріопаст із гарбуза та моркви представлено на рис. 5.

Ідентифікацію на хроматограмі β -каротину проводили без використання детектуючого розчину, у видимому світлі за характерним жовто-оранжевим забарвленням плям.

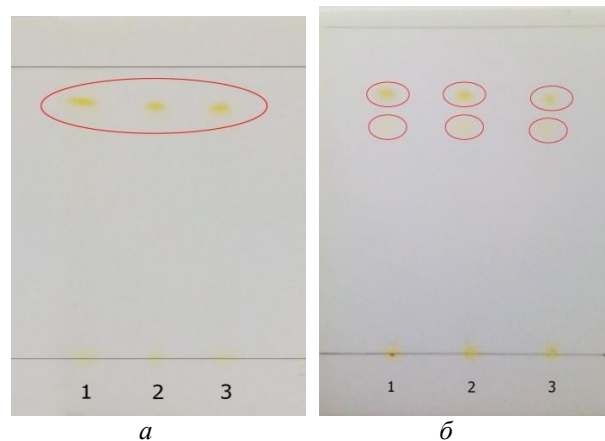


Рис. 5. Вигляд хроматограм екстрактів кріопаст із моркви (а) та гарбуза (б)

У таблиці 3 наведено результати ідентифікації хроматографічних зон на хроматограмах

Таблиця 3. Ідентифікація хроматографічних зон на хроматограмах кріопаст з моркви та гарбуза та кріопорошку з обліпихи

Об'єкт дослідження	$R_f \pm 0,02$	Висновок
Кріопаста з моркви	0,86	Присутній β -каротин
Кріопаста з гарбуза	0,76 0,83	Присутній неідентифікований каротиноїд та β -каротин
Кріопорошок із обліпихи	0,84 0,90	Присутні β -каротин і вітамін Е

Результати дослідження підкисленого етанольного екстракту кріопорошку з суданської троянди представлено на рис. 6. Ідентифікацію антоціанових пігментів проводили без використання детектуючого розчину, у видимому світлі за характерним забарвленням.

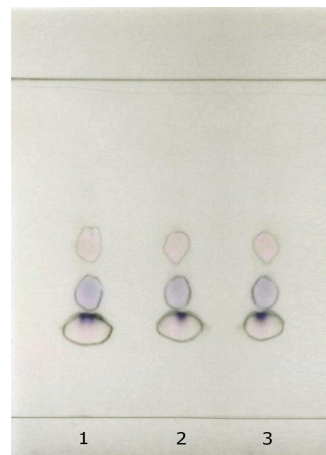


Рис. 6. Вигляд хроматограми підкисленого етанольного екстракту кріопорошку з суданської троянди

Проведений аналіз кріопорошку суданської троянди методом ТШХ показав, що антоціановий склад представлено головним чином трьома пігментами. Висновок зроблено на основі того, що після хроматографування на пластині чітко визначаються три зони, які мають характерне забарвлення (табл. 4).

Таблиця 4. Ідентифікація хроматографічних зон на хроматограмах кріопорошку з суданської троянди

Об'єкт дослідження	$R_f \pm 0,02$	Висновок
Кріопорошок суданської троянди	0,19	Присутні: не ідентифікована сполука, імовірно, похідне ціанідину дельфінідин-3,5-диглюкозид, мальвїдин-3,5-диглюкозид
	0,35	
	0,44	

Спираючись на літературні дані [34] зроблено висновок, що пігмент із $R_f=0,35$, який має сине забарвлення є похідним дельфінідину; пігмент із $R_f=0,44$ забарвлений у рожевий колір є похідним мальвїдину.

Пігмент із $R_f=0,19$ не ідентифікований, але виходячи з [35] можна зробити припущення, про те, що він є похідним ціанідину.

Після визначення якісного складу антиоксидантного комплексу кріодобавок було проведено спектрофотометричне дослідження їх кількісного складу. Нижче приведено спектри гексанових екстрактів кріодобавок. Оскільки за літературними даними обліпиха та морква містять як токоферолі, так і каротиноїди, то для екстрактів цих кріодобавок було знято спектри в УФ (рис. 8) та видимій області (рис. 9). Також на рис. 9 наведено спектр поглинання екстракту кріодобавки з обліпихи.

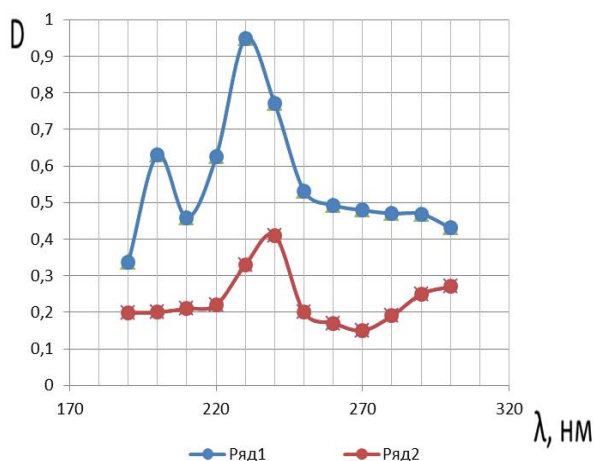


Рис. 8. Спектри поглинання гексанових екстрактів рослинних добавок в УФ області: 1 – кріопорошок із обліпихи; 2 – кріопаста з моркви

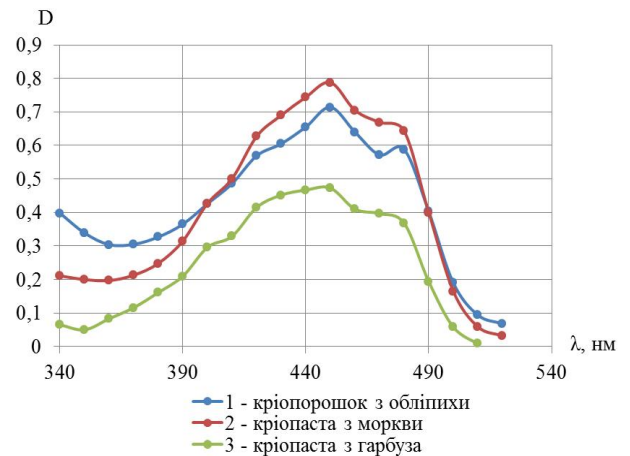


Рис. 9. Спектри поглинання гексанових екстрактів рослинних добавок у видимій області: 1 – кріопорошок із обліпихи; 2 – кріопаста з моркви; 3 – кріопаста з гарбуза

Згідно літературних даних максимум поглинання токоферолів спостерігається за довжини хвилі 279 нм [36]. Аналіз УФ-спектрів гексанових екстрактів кріодобавок із обліпихи та моркви вказує на відсутність токоферолів, оскільки відсутній максимум поглинання за довжини хвилі 279 нм. На відсутність токоферолів також вказує відсутність характерних синіх плям на хроматограмах гексанових екстрактів кріодобавок з гарбуза та моркви після їх обробки детектуючим розчином – фосформолібденовою кислотою.

На рис. 10, 11 наведено спектри поглинання водно-спиртового екстракту кріопорошку з суданської троянди у видимій та УФ-області.

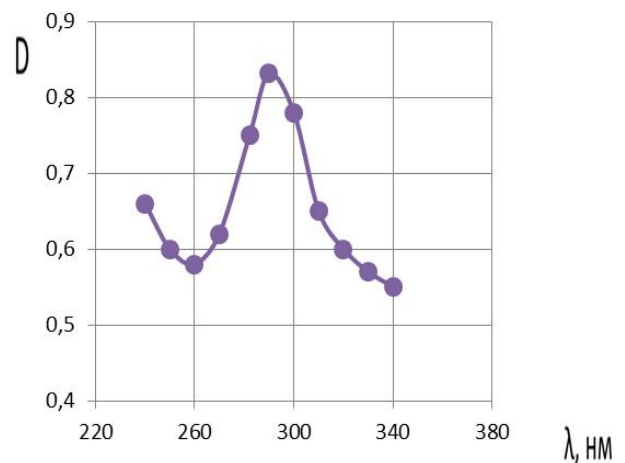


Рис 10. Спектр поглинання водно-спиртового екстракту кріопорошку із суданської троянди в УФ-області

Наявність максимуму поглинання в УФ частині спектра за довжини хвилі 283 нм свідчить про присутність в екстракті групи сполук, в тому числі антоціанів та лейкоантоціанів.

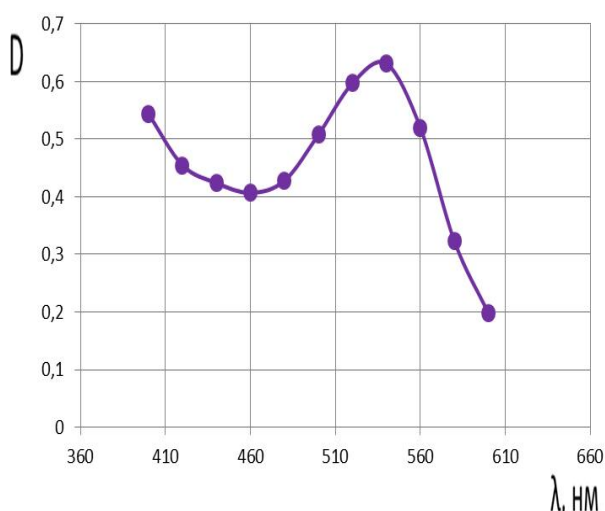


Рис 11. Спектр поглинання водно-спиртового екстракту кріопорошку із суданської троянди у видимій області

У видимій області (рис. 11) максимум поглинання для водно-спиртового екстракту кріопорошку з суданської троянди достатньо виражений і знаходиться в межах 480...560 нм, що свідчить про наявність в екстракті барвних речовин антоціанової природи.

Характеристика екстрактів рослинних кріодобавок наведена у таблиці 5.

Таблиця 5. Характеристика екстрактів рослинних кріодобавок

Кріодобавка	Середовище	Область поглинання, нм	λ_{\max} , нм
Кріопаста з моркви	Гексан	340-500	450, 479
Кріопаста з гарбуза	Гексан	340-500	450
Кріопорошок з обліпихи	Гексан	250-300	279
Кріопорошок із суданської троянди	40%	260-340	283
	C ₂ H ₅ OH	480-600	535

За літературними даними [33] спектри поглинання каротиноїдів у більшості випадків характеризуються наявністю трьох максимумів поглинання або двох максимумів поглинання і плеча.

Аналіз одержаних результатів показує, що до складу кріопаст із моркви та гарбуза, кріопорошку з обліпихи входить один і той самий каротиноїд, оскільки в спектрах усіх екстрактів спостерігається максимум поглинання за довжини хвилі 450 нм. Спектри поглинання екстрактів кріопасті з моркви та кріопорошку з обліпихи мають другий максимум поглинання – за довжини хвилі 480 нм.

З літературних джерел відомо, що максимуми світлопоглинання β -каротину в гексані відповідають наступним значенням – 425, 450, 477 нм.

Таким чином можна зробити висновок, що головний внесок у профіль спектру поглинання гексанових екстрактів кріопасті з моркви та кріопорошку з обліпихи робить дійсно β -каротин. Це ж саме дово-

дить аналіз хроматограм. До того ж на відміну від спектру екстракту кріопорошку з обліпихи, спектр моркви містить не чітко виражений пік, а має плече в області 480 нм, це можна пояснити наявністю ще одного каротиноїда. Скоріше за все α -каротину, який у має максимуми поглинання 422, 445, 473 нм у гексані. На хроматограмах, отриманих за методом ТСХ для кріопасті з гарбуза є дві плями ($R_{f1}=0,76\pm 0,02$; $R_{f2}=0,83\pm 0,02$), що свідчить про наявність у гексановому екстракті двох різних речовин. Профіль спектру поглинання кріопасті з гарбуза має лише один чітко виражений пік за довжини хвилі 450 нм. Це вказує на наявність β -каротину та дає змогу зробити припущення про присутність в екстракті ще одного каротиноїду. Найбільш вірогідною є присутність або α -каротину (422, 445, 473 нм) або зеаксантину (424, 449, 476 нм). Результати кількісного визначення жиророзчинних антиоксидантів у досліджуваних кріодобавках наведено у таблиці 6.

Таблиця 6. Вміст жиророзчинних вітамінів у рослинних кріодобавках

Показник	Морква		Гарбуз		Обліпиха	
	вихідна сировина [31]	кріопаста	вихідна сировина [31]	у кріопасті	вихідна сировина [31]	кріопорошок
Вміст β -каротину, мг/100г	9	17,23 $\pm 0,02$	1,5	5,94 $\pm 0,02$	1,5	1,10 $\pm 0,02$
Вміст вітаміну Е, мг/100 г	0,63	–	–	–	10,30	–

Установлено, що вміст антоціанів у кріопорошку з суданської троянди становить не менше 4,2%, що корелює з літературними даними для вихідної сировини.

Висновки та перспективи досліджень. Методом тонкошарової хроматографії проведено ідентифікацію жиророзчинних антиоксидантів у кріопастах із моркви та гарбуза, кріопорошку з обліпихи та антоціанів у кріопорошку з суданської троянди.

Отримано та проаналізовано спектри поглинання екстрактів кріопаст з моркви, гарбуза і кріопорошків із обліпихи, суданської троянди.

Установлено, що вміст антоціанів у кріопорошку із суданської троянди корелює із вмістом у вихідній сировині.

Визначено кількісний вміст жиророзчинних антиоксидантів у досліджуваних рослинних кріодобавках. Установлено, що вміст β -каротину у кріопорошку з обліпихи корелює із вмістом за літературними даними для вихідної сировини. Для кріопасті з моркви та гарбуза β -каротину перевищує значення для вихідної сировини приблизно в 2 та 4 рази відповідно. Доведено, що досліджувані кріопаста з моркви та кріопорошок з обліпихи не містили вітаміну Е.

- Список літератури:** 1. Павлюк Р.Ю. Криво- і механохімія в технологіях пищевих производств [Текст]: монографія / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, О.О. Юрьева и др. – Харьков : Домино, 2015. 255 с. 2. Ломачинский В.В. Технология получения плодово-овощных криопорошков [Текст] : монографія / В.В. Ломачинский, Г.И. Касьянов. / Краснодар : Экоинвест, 2009. – 102 с. 3. Касьянов, Г.И. Производство и использование криопорошков из овощей и фруктов [Текст] : Г.И. Касьянов, Ломачинский В.В. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2010. – № 3. – С. 113–114. 4. Артамонова М.В. Технология мармеладу желеиноного з використанням криас-порошків рослинного походження [Текст]: монографія/ М.В. Артамонова, Г. М. Лисюк, Н.Ф. Туз. – Харків: ХДУХТ, 2015. – 134 с. 5. Артамонова М.В. Використання рослинних криопаст у технології желеїних виробів [Текст] / М. В. Артамонова, Н. В. Шматченко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2014. – Вип. 46. – Т. 2. – С. 177–180. 6. Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоефективної переробки, зберігання та маркетингу [Текст] / Колективна монографія під ред. проф. В. В. Євлаш, проф. В. О. Потапова, проф. Н. Л. Савицької. – Х. : ХДУХТ, 2015. – С. 144–171. 7. Артамонова М.В. Шляхи удосконалення технології желеїних виробів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: Зб. наук. праць / Редкол.: О. І. Черевко (відпов. ред.) та ін.; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2005. – 435 с. 8. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L., Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 P. 9. Davies M.B. Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.-London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 P. 10. Vitamins in Food: Analysis, Bio-availability, and Stability / ed. Ball G.F.M. – Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. 11. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R. R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. 12. Handbook of Vitamins / Ed. Zempleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. 13. Palozza P., Krinsky M.I. (1992). Communication. β -Carotene and α -tocopherol are synergistic antioxidants. Arch. Biochem. Biophys. 297: p. 184–187. 14. Speek AJ, Speek – Saichua S, Schreurs WHP (1988). Total carotenoids and β -carotene contents of Thai vegetables and effects of processing. Food Chem. 27: p. 245–251. 15. Tee ES, Lim CL (1991).The carotenoid composition and content of Malaysian vegetables and fruits by the AOAC and HPLC methods. Food Chem. 3: 309–339. 16. Terao J. Antioxidant activity of β -carotene related carotenoids in solution. Lipids. 1989, 24(7): 659-661 p. 17. Хроматографическое определение натуральных и искусственных каротиноидов в пищевых продуктах. О. Б. Рудаков, Л. И. Перикова, В. М. Болотов, Г. А. Сташина. Вестник ВГУ. Серия Химия, Биология, Фармация. 2004. №1. – С. 78 – 84. 18. Chandan K. Sen, Sativa Khanna, Sashwati Roy, Tocotrienols: Vitamin E Beyond Tocopherols, NIH Public Acces., March, 78 (18), 2088 – 2098 (2006). 19. Yang T.T.C. Inhibitory effect of Chinese green tea on endothelial cell-induced LDL oxidation [Tekst] / T. T. C. Yang, M. W. L. Koo // Atherosclerosis. – 2000. – Vol. 148, № 1. – P. 67–73. 20. Yu H.N. Effects of Epi-Gallocatechin Gallate on PC-3 Cells Cytoplasm Membrane in the Presence of Cu+/H. N. Yu, J.-J. Yin, S.-R. Shen // Food Chem. – 2006. – Vol. 95. – P. 108 – 115. 21. Complex effects of different green tea catechins on human platelets / G. Lill, S. Voit, K.Schror, A.-A.Weber // FEBS Letters. – 2003. – Vol. 546, № 2. – P. 265 – 270. 22. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.И., Денисова А.Є., Демідов І.М., Капустенко П.О., Арсеньєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник. – К.: «Центр учбової літератури». 2016. – С. 279–390. 23. Validated solid–liquid extraction method for the HPLC determination of polyphenols in apple tissues: comparison with pressurized liquid extraction [Tekst] / R.M. Alonso-Salces, A. Barranco, E.Corta, A.Berrueta, B.Gallo // Talanta. – 2005. – Vol. 65. – P. 654 – 662. 24. Гудковський В.А. Природные антиоксиданты фруктов и овощей - источник здоровья человека [Текст] // Сб. науч. тр. ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск, 1998. – С. 30–35. 25. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые добавки. М.: МГУПП. 1997. 63 с. 26. Танчев С.С. Антоцианы в плодах и овощах. М.: Пищевая пром-сть. 1980. 304 с. 27. Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. М.: Пищевая пром-сть, 1973. 232 с. 28. Ahmad S. Review on methods used to determine antioxidant activity [Tekst] / S. Ahmad, M. A. Arshad, S. Ijaz[et al.] // 2014. — Vol. 1, № 1. – P. 35–40. 29. Antolovich M. Analyst methods for testing antioxidant activity [Tekst] / M. Antolovich, P. D. Prenzler, E. Patsalides[et al.] // Analyst. 2002. – Vol. 127. – P. 183–198. 30. Badarinath A.V. A review on in-vitro antioxidant methods : comparisons , correlations and considerations [Tekst] / A.V. Badarinath, K.M. Rao, C.M.S. Chetty[et al.] // International Journal of PharmTech Research. 2010. – Vol. 2, № 2. – P. 1276–1285. 31. Pellegrini N. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays [Tekst] / N. Pellegrini, M. Serafini, B. Colombi[et al.] // J. Nutr. 2003. – Vol. 133, № 9. – P. 2812–2819. 32. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 227 с. 33. Печинский С.В., Курегян А.Г. Структура и биологические функции каротиноидов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. – № 9. – С. 4–15. 34. Курхнер Ю. Тонкослойная хроматография в двух томах. Перевод с английского к.х.н. Д.Н. Соколова и к.т.н. М.И. Яновского, под редакцией докт. хим. наук проф. В.Г. Березкина изд-во Мир, М. 1981. 35. Макаревич С.Л., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Третьяков М.Ю., Дейнека Л.А., Шатровская В.И. Плоды Rosa spinosissima – ценный материал для получения напитков с высоким антиоксидантным потенциалом / Научные ведомости. Серия медицина.

Фармація. 2011. №22 (117). Випуск 16/2, С. 188-192. **36.** Писарев Д.И., Новиков О.О., Романова Т.А. Разработка экспресс-метода определения каротиноидов в сырье растительного происхождения // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармація. – 2010. – № 22 (93). – Вып. 12/2. – С. 119–122.

Bibliography (transliterated): **1.** Pavljuk R.Ju., Pogarskaja V.V., Jur'eva, O.O. (2015). Krio- i mehanohimija v tehnologijah pishhevyh proizvodstv. Har'kov : Domino, p. 255. **2.** Lomachinskij V.V., Kas'jano, G.I. (2009). Tehnologija poluchenija plodoovoshnyh krioporoshkov. Krasnodar : Jeko.invest, p. 102. **3.** Kas'janov G I., Lomachinskij V.V. (2010). Proizvodstvo i ispol'zovanie krioporoshkov iz ovoshnej i fruktov. Izvestija VUZov. Pishhevaja tehnologija, 3, p. 113–114. **4.** Artamonova M.V., Lysyuk H.M., Tuz N. F. (2015). Tekhnolohiya marmeladu zheleynoho z vykorystannjam krias-poroshkiv roslynnoho pokhodzhennya. Kharkiv: KhDUKhT, p. 134. **5.** Artamonova M.V., Shmatchenko N.V. (2014). Vykorystannya roslynnykh kriopast u tekhnolohiyi zheleynykh vyrobiv. Naukovi pratsi Odes'koyi natsional'noyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy, 46, 2. – P. 177–180. **6.** Yevlash V.V., Potapov V.O., Savvyts'ka N.L. (2015). Povnotsinne kharchuvannya: innovatsiyni aspekty tekhnolohiyi, enerhoefektyvnoyi pererobky, zberihannya ta marketynhu. KhDUKhT, 144–171. **7.** Artamonova M.V. (2005). Shlyakhy udoskonalennya tekhnolohiyi zheleynykh vyrobiv. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnystv restorannoho hospodarstva i torhivli: Zb. nauk. prats'. Khark. derzh. un-t kharchuvannya ta torhivli, 435 p. **8.** Packer L., Cadenas E. (2001). Handbook of Antioxidants. New York: CRC Press, 732 p. **9.** Davies, M. B., Austin, J., Partridge D.A. (1991). Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry. Royal Society of Chemistry, 154 p. **10.** Ball, G.F.M. (2004). Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 787 p. **11.** Eitenmiller R.R. (2007). Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition. New York: CRC Press, 664 p. **12.** Zempleni J. Handbook of Vitamins. New York: CRC Press LLC. 2007, 489 p. **13.** Palozza P, Krinsky NI. (1992). Communication. β -Carotene and α -tocopherol are synergistic antioxidants. Arch. Biochem. Biophys., 297, p. 184–187. **14.** Speek, AJ, Speek – Saichua, S, Schreurs, WHP. (1988). Total carotenoids and β - carotene contents of Thai vegetables and effects of processing. Food Chem., 27, p. 245–251. **15.** Tee, ES, Lim, CL. The carotenoid composition and content of Malaysian vegetables and fruits by the AOAC and HPLC methods. Food Chem. 1991, 3, p. 309–339. **16.** Terao J. Antioxidant activity of β - carotene related carotenoids in solution. Lipids. 1989, 24 (7), p. 659–661. **17.** Rudakov, O.B., Perikova, L.I., Bolotov, V.M., Stashina, G.A. Hromatograficheskoe opredelenie natural'nyh i iskusstvennyh karatinoidov v pishhevyh produktah. Vestnik VGU. Serija Himija, Biologija, Farmacija. 2004. 1, p. 78–84. **18.** Chandan K. Sen, Sativa, Khanna, Sashwati, Roy. Tocotrienols: Vitamin E Beyond Tocopherols. NIH

Public Acces., March. 2006, 78 (18), p. 2088–2098. **19.** Yang T.T.C., Koo M.W.L. Inhibitory effect of Chinese green tea on endothelial cell-induced LDL oxidation. Atherosclerosis. 2000, 148, 1, p. 67–73. **20.** Yu H.N., Yin, J.J., Shen, S.-R. Effects of Epi-Gallocatechin Gallate on PC-3 Cells Cytoplasm Membrane in the Presence of Cu⁺ Yu. Food Chem. 2006, 95, p. 108–115. **21.** Lill G., Voit, S., Schror, K., Weber, A.-A. Complex effects of different green tea catechins on human platelets. FEBS Letters. 2003, 546, 2, p. 265–270. **22.** Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). Pidruchnik. – K.: «Centr uchbovoi literaturi». 2016. – P. 279–390. **23.** Alonso-Salces R.M., Barranco A., Corta E. Validated solid-liquid extraction method for the HPLC determination of polyphenols in apple tissues: comparison with pressurized liquid extraction. Talanta. 2005, 65, p. 654–662. **24.** Gudkovskij V.A. Prirodnye antioksidanty fruktov i ovoshnej - istochnik zdorov'ja cheloveka. Sb. nauch. tr. VNIIS im. I.V. Michurina. Michurinsk. 1998, p. 30–35. **25.** Nechaev A.P., Kochetkova A.A., Zajcev A.N. Pishhevye dobavki. MGUPP. 1997, 2, 63 p. **26.** Tanchev S.S. Antociany v plodah i ovoshhah. Pishhevaja prom-st', 1980, 3, 304 p. **27.** Skorikova Ju.G. Polifenoly plodov i jagod i formirovanie cveta produktov. Pishhevaja prom-st', 1973, 232 p. **28.** Ahmad, S., Arshad M.A., Ijaz S. Review on methods used to determine antioxidant activity. 2014, 1, 1, p. 35–40. **29.** Antolovich M., Prenzler P.D., Patsalides E. Analyst methods for testing antioxidant activity. Analyst. 2002, 127, p. 183–198. **30.** Badarinath A.V., Rao K.M., Chetty C.M.S. A review on in-vitro antioxidant methods : comparisions , correlations and considerations. International Journal of PharmTech Research. 2010, 2, 2, p. 1276–1285. **31.** Pellegrini N., Serafini M., Colombi B. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in italy assessed by three different in vitro assays. J. Nutr. 2003, 133, 9, 2812–2819. **32.** Himicheskij sostav pishhevyh produktov. Spravochnye tablicy soderzhanija osnovnyh pishhevyh veshhestv i jenergeticheskoj cennosti pishhevyh produktov. Pishhevaja promyshlennost'. 1976, 227 p. **33.** Pechinskij S.V., Kuregian A.G. Struktura i biologicheskie funkcii karotinoidov. Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii. 2013, 9, p. 4–15. **34.** Irhner Ju. Tonkoslojnaja hromatografija v dvuh tomah. 1981. Izdatel'stvo "Mir". Moskva. **35.** Makarevich S.L., Chulkov A.N., Dejneka V.I. Plody Rosa spinosissima – cennyj material dlja poluchenija napitkov s vysokim antioksilantnym potencialom. Nauchnye vedomosti. Serija medicina. Farmacija. 2011, 22 (117), 16/2, p. 188–192. **36.** Pisarev D.I., Novikov O.O., Romanova T.A. Razrabotka jekspress-metoda opredelenija karotinoidov v syr'e rastitel'nogo proishozhdenija. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Medicina. Farmacija 2010, № 22 (93), 12/2, p. 119–122.

Поступила (received) 23.05.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження антиоксидантів у рослинних добавках, отриманих за кріогенними технологіями / О. Ф. Аксьонова, І. С. Пілюгіна, М. В. Артамонова, Н. В. Шматченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 19(1191). – С. 25–33. –Бібліогр.: 36 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследования антиоксидантов в растительных добавках, полученных по криогенными технологиям / Е. Ф. Аксенова, И. С. Пилигина, М. В. Артамонова, Н. В. Шматченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 19(1191). – С. 25–33.– Бібліогр.: 36 назв. – ISSN 2220-4784.

Investigations antioxidants in herbal supplements, obtained by cryogenic technology / O. F. Aksenova, I. S. Piliugina, M. V. Artamonova, N. V. Shmatchenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students's scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 19(1191). – p. 25–33. Bibliog.:36 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Аксьонова Олена Федорівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 576-40-56; e-mail: aksenova@hduht.edu.ua

Aksenova Olena Fedorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 576-40-56; e-mail: aksenova@hduht.edu.ua

Аксёнова Елена Федоровна – кандидат технических наук, доцент, Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков; тел.: (050) 576-40-56; e-mail: aksenova@hduht.edu.ua

Пілюгіна Інна Сергіївна – старший викладач, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (098) 428-63-27; e-mail: inna.piliugina@ukr.net

Piliugina Inna Serhiivna – Associate professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (098) 428-63-27; e-mail: inna.piliugina@ukr.net

Пилигина Инна Сергеевна – старший преподаватель, Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков; тел.: (098) 428-63-27; e-mail: inna.piliugina@ukr.net

Артамонова Майя Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 576-40-56; e-mail: artamonova_maya@hduht.edu.ua.

Artamonova Maiia Volodymirivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of technology of bread, confectionary, pasta and food concentrates; tel.: (050) 576-40-56; e-mail: artamonova_maya@hduht.edu.ua.

Артамонова Майя Владимировна - кандидат технических наук, доцент, Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков; тел.: (050) 576-40-56; e-mail: artamonova_maya@hduht.edu.ua.

Шматченко Наталія Василівна – аспірант, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; (050) 576-40-56; e-mail: shmatchenko_nat@hduht.edu.ua

Shmatchenko Natalia Vasylivna – Grade student; Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of technology of bread, confectionary, pasta and food concentrates; tel.: (063) 966-33-12; e-mail: shmatchenko_nat@hduht.edu.ua

Шматченко Наталья Васильевна – аспирант, Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков; (050) 576-40-56; e-mail: shmatchenko_nat@hduht.edu.ua