

УДК 620.197

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-3(13)-240-250

Вікторія Воробйова, Анастасія Шакун, Інна Трус,
Олена Сердюк, Володимир Ткачук, Олена Чигиринець

ВИВЧЕННЯ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ТА ПРОТИКОРОЗИЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ АБРИКОСА (*Prunus armeniaca* L.)

Актуальність теми дослідження. Проблема погіршення екологічної ситуації стає все більш актуальною. Тому пріоритетним напрямком є використання екологічно чистих продуктів.

Постановка проблеми. На сьогодні недостатньо наукової інформації про компонентний склад різних рослин, тому необхідно знайти нові джерела для виділення природних активних сполук та отримання різних продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, включаючи літературу про поліфенольний склад абрикосових побічних продуктів, отриманих шляхом екстракції водою.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Інформація про компонентний склад спиртового екстракту абрикосових вичавків є дуже обмеженою.

Постановка завдання. Вивчення комплексної характеристики компонентних профілів екстракту абрикосових вичавків (*Prunus armeniaca* L.) залежно від використовуваних систем розчинників. Інгібуюча ефективність рослинного екстракту не досліджена.

Вклад основного матеріалу. Вивчено комплексну характеристику компонентних профілів екстракту абрикосових вичавків (*Prunus armeniaca* L.) залежно від використовуваних систем розчинників. Отримано екстракти пропан-2-оломта сумішшю силікону і пропан-2-ол абрикосових вичавків характеризуються методами ІЧ, УФ-спектроскопією та газозоохромато-мас-спектрометрією (GC/MS). Показано, що значно різні класи сполук та їх кількість були екстраговані різними системами розчинників. Різні розчинники повинні бути використані для вивчення характеристик різних композицій активних сполук у різних хімічних технологіях. Найбільш ефективним розчинником для сумарних екстракційних сполук з абрикосових вичавків була суміш пропан-2-ол та D5. Підтверджено наявність альдегідів та терпових спиртів у екстрактах абрикосових вичавків. Екстракт вичавків абрикоса досліджено як новий екологічно безпечний легкий інгібітор атмосферної корозії сталі. Протикорозійні властивості оцінено масометричним методом.

Висновки відповідно до статті. Відходи абрикоса (*Prunus armeniaca* L.) є перспективними для його подальшого вивчення та використання сировини як джерела біологічних активних речовин у розробці нових функціональних продуктів. Це попереднє дослідження дає уявлення про ізоляцію основних активних компонентів, присутніх у вичавках абрикоса, а також сприяє розробці біологічно активних сполук із сировини.

Ключові слова: абрикосові вичавки; екстракт; пропан-2-ол; декаметилциклопентасилоксан; альдегіди; терпенові спирти.

Рис.: 4. Табл.: 4. Бібл.: 18.

Актуальність теми дослідження. У зв'язку зі зміною екологічної ситуації на ринку стає все більш важливим придбання екологічно чистих продуктів, тобто з максимальною заміною синтетичних компонентів на натуральні. Багато хімічно активних речовин зустрічаються в рослинній сировині [1; 2].

Постановка проблеми. Було проведено багато досліджень, що привело до розробки природних «зелених» продуктів. Проте наукова інформація про компонентний склад різних рослин, особливо тих, які менш широко використовуються в медицині або харчовій промисловості, усе ще залишається дефіцитною. Тому цікавим і корисним завданням є пошук нових джерел для виділення природних активних сполук та отримання різних продуктів [3–7]. Деякі типи рослинної сировини промислового значення – це відходи обробки плодівих та ягідних культур. Використання сільськогосподарських та харчових побічних продуктів є економічним рішенням для хімічної промисловості. Однак великі кількості фруктових відходів щорічно відкидаються на переробних підприємствах. Це не тільки позбавляє потенційно цінного ресурсу, але також загострює вже серйозну проблему утилізації [8].

Абрикос (*Prunus armeniaca* L.) – одне з найбільш широко вирощених фруктових дерев із загальним світовим виробництвом приблизно $3,4 \times 10^6$ тонн. Поточна продукція абрикоса в Україні становить близько 160 000 тонн на рік. З цим врожаєм на рік вирощується приблизно 4000 тонн абрикосової макухи. Ці залишки називаються вичавками. Вони складаються переважно з фруктових шкірок, целюлози та насіння і вважаються відходами без вартості. На сьогодні в Україні немає систематичного збору та утилізації вичавків; таким чином, цінний продукт із великим промисловим потенціалом залишається невикористаним.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературі є декілька посилань на поліфенольний склад абрикосових побічних продуктів, отриманих шляхом екстракції водою [8; 9]. Проте різні системи розчинників можуть використовуватися для вилучення активних компонентів із рослинних матеріалів [10].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У більшості досліджень достатньо вивчено тільки профіль водного екстракту, тоді як інформація про компонентний склад спиртового екстракту є дуже обмеженою. Загальновідомо, що концентрація та склад хімічно активних речовин у екстракції абрикосових вичавків значною мірою залежать від типу розчинника, який був вибраний для екстракції [11]. Для отримання активних речовин із рослинних матеріалів зазвичай використовують воду, водні суміші етанолу, метанолу, 2-пропанолу та ацетону [12]. Є багато успішних наукових праць про використання різних екстрактів рослинних матеріалів, у тому числі вичавків абрикоса, в різних сферах «зеленої» хімічної технології. Основними з них є косметична і харчова промисловість, а також виробництво наночастинок, розробка екологічно чистих інгібіторів корозії [4–6], створення альтернативи синтетичним антиоксидантам та консервантам [13–15].

Постановка завдання. Метою цієї роботи було провести комплексну характеристику композиційних профілів екстракту абрикосових вичавків залежно від використаних систем розчинників, щоб забезпечити максимальну оцінку можливостей використання в хімічній промисловості. Це дослідження надає багато корисної інформації для харчової та косметичної промисловості для вибору відповідних умов вилучення бажаних компонентів з абрикосових вичавків та служить гарною базою для інших дослідників.

Експериментальна частина

Об'єктом дослідження є подрібнені сухі абрикосові вичавки. Сорт абрикоса (*Prunus armeniaca* L.), відомий під місцевою назвою «Фаворит», було зібрано (протягом липня 2017 року) у двох географічних регіонах України (Херсон, Миколаїв). Перед екстракцією цю сировину піддають подрібненню до частинок розміром 5×10^{-1} мм для підвищення ефективності масового перенесення активних компонентів із рослинного матеріалу до розчинника. Для більш повної екстракції проведено серію експериментів із гравіметричного аналізу для визначення сухого залишку, з якого можна стверджувати, що гідромодуль рослинної сировини до екстрагенту 2:1. Для порівняння були вибрані дві часто використовувані системи розчинників, включаючи пропан-2-ол та пропан-2-ол і декаметилциклопентасилоксан (1/1).

Компонентний склад летких речовин екстракту вичавків абрикоса досліджували методом хромато-мас-спектрометрії на газовому хроматографі «FINIGAN FOCUS» як детектор із газовим хроматографом. Умови хроматографування були такими: капілярна колонка HP-5MS, $l = 30$ м, $d = 0,25$ мм; температура інжектора – $+250$ °C; температура детектора – $+280$ °C; товщина фази – $0,25$ мкм; газ носій – гелій; потік газосія – $1,5$ мл/хв; програма: 100 °C (2) \rightarrow 10 °C/хв \rightarrow 280 °C (10); діапазон мас: 30–500 дальтон; Split; Split Flow – 15 мл/хв; об'єм проби – 2 мкл. Ідентифікація компонентів здійснена зіставленням часу утримування піків на хроматограмі й повних мас-спектрів окремих компонентів з відповідними даними чистих з'єднань бібліотеки мас-спектрів «NIST-5». Відносний кількісний вміст хімічних компонентів екстракту розраховане методом внутрішньої нормалізації площ піків без коригуючих коефіцієнтів чутливості.

Реєстрацію ІЧ – спектрів екстракту рослинної сировини здійснювали на ІЧ – Фур'є – спектрометрі Jasco FT/IR – 4000. Умови дослідження такі: діапазон реєстрації спектра – $4000 - 400$ cm^{-1} ; роздільна здатність – 4 cm^{-1} ; кількість сканів – автоматично; швидкість сканування – 1 мм/с; режим сканування – у прохідному світлі; детектор – TGS.

Ідентифікацію екстрагованих сполук проводили, використовуючи двопробеневий УФ-Спектрофотометр УФ-1601 з ПК (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Спектри UV-Vis були записані при 200-800 нм.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до отриманих даних хромато-мас-спектрального аналізу екстракт пропан-2-ол сухих вичавків абрикоса містить 38 окремих компонентів, присутніх у кількості більше 0,54 % (рис. 1; табл. 1).

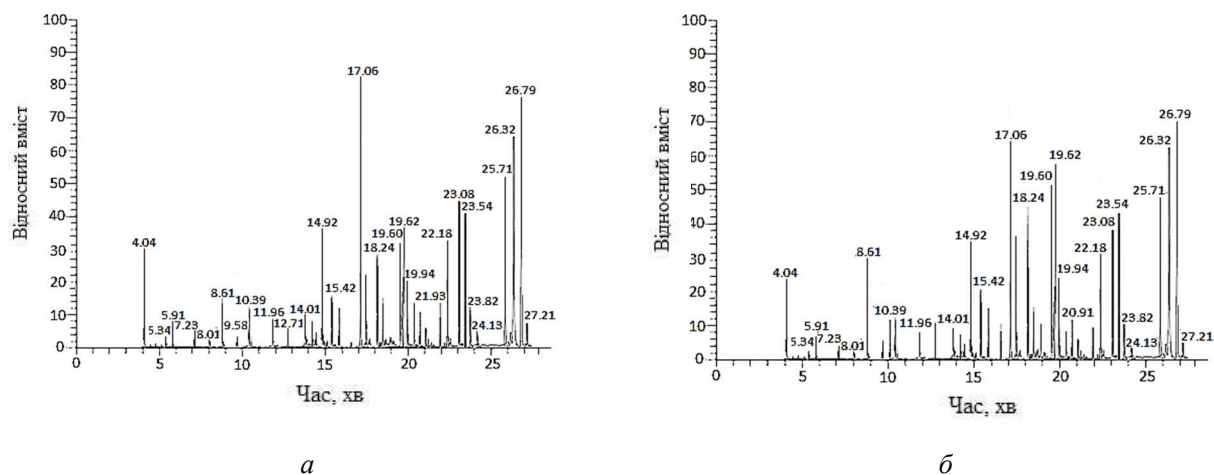


Рис. 1. Спектральна хроматограма ГХ/МС екстракту абрикосових вичавків:
а – пропан-2-ол; б – пропан-2-ол та декаметилциклопентасилоксан

Таблиця 1

Компонентний профіль легких речовин екстрактів вичавків абрикоса

№	Час утримання, хв	Назва сполуки	Молекулярна формула	Молекулярна маса, г / моль	Кількісне співвідношення, %	
					пропан-2-ол	пропан-2-ол-D5
1	2	3	4	5	6	7
1	4,04	гексанол	C ₆ H ₁₄ O	102	5,67	3,79
2	5,34	(Z)-3-гексенол	C ₆ H ₁₂ O	100	0,76	0,57
3	5,91	(E)-2-гексенол	C ₆ H ₁₂ O	100	1,87	1,64
4	7,23	2-гексанон	C ₆ H ₁₂ O	100	1,03	1,00
5	8,01	3-гексанон	C ₆ H ₁₂ O	100	0,54	0,63
6	8,61	(Z)-2-гептеналь	C ₇ H ₁₂ O	112	3,65	4,39
7	9,58	гексаналь	C ₆ H ₁₂ O	100	1,32	1,21
8	10,06	бензальдегід	C ₇ H ₆ O	106	1,94	2,60
9	10,39	(E)-2-гексаналь	C ₆ H ₁₂ O	98	3,10	2,64
10	11,96	гептаналь	C ₇ H ₁₄ O	114	2,18	1,76
11	12,71	2-фенілацетаальдегід	C ₈ H ₈ O	120	1,29	2,46
12	14,01	(E)-2-гексил ацетат	C ₈ H ₁₄ O ₂	142	2,78	2,37
13	14,37	5-бутилоксолан-2-один (γ-окталактон)	C ₈ H ₁₄ O ₂	142	2,03	1,99
14	14,43	ендо-1,7,7-триметил-біцикло[2,2,1]гептан-2-ол (ізорборнеол)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1,03	1,07
15	14,92	2,6,6-триметилциклогексен-1-карбальдегід (β-циклоцитраль)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	5,17	4,71
16	15,42	(2E,4E)-дека-2,4-діеналь	C ₁₀ H ₁₆ O	152	3,65	3,19
17	15,86	(Z)-3,7-диметил-2,6-октадієн-1-ол (нерол)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	3,02	2,85

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
18	16,74	(9Z,12Z,15Z)-9,12,15-октадекатриєнова кислота (α -Ліноленова кислота)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278	0,63	2,17
19	17,06	(2E)-3,7-диметил-2,6-октадієн-1-ол (гераніол)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	8,54	6,94
20	17,29	(9Z,12Z)-октадека-9,12-дієнова кислота (лінолева кислота)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	4,20	4,78
21	18,24	Гексадеканова кислота (Пальмітинова кислота)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	5,40	5,63
22	18,32	3,7-диметилокта-1,6-дієн-3-ол (ліналол)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	3,06	2,89
23	18,94	1-тетрадеканова кислота	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228	-	2,01
24	19,60	октадеканова кислота	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	6,02	6,11
25	19,62	(9Z)-октадек-9-єнова кислота	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	182	6,10	6,59
26	19,94	5-гексилосолан-2-один (γ -декалактон)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	3,65	3,63
27	20,67	(7aR)-5,6,7,7a-тетрагідро-4,4,7a-тетраметил-2(4H)-бензафуранон	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180	2,05	2,07
28	20,91	5-пентил-5-пентанолід (δ -декаланон)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	2,87	2,52
29	21,09	(Z)-3-гексил бутаноат	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	1,51	1,36
30	21,23	(9Z)-гексадек-9-єнова кислота	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	254	-	0,54
31	21,93	гексил гексаноат	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200	2,12	2,20
32	22,18	(1R,2S,6S,7S,8S)-8-ізопропіл-1,3-диметилтрицикло[4,4,0,0]дек-3-єн (α -копасн)	C ₁₅ H ₂₄	204	4,02	4,38
33	23,08	3-циклогексен-1-ол, 4-метил-1-(1-метилетил) (4-терпінеол)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	4,98	4,61
34	23,54	2-(4-метилциклогекс-3-єн-1-ил)пропан-2-ол (α -терпінеол)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	5,98	5,47
35	23,82	(3E)-4-(2,6,6-триметилциклогекс-1-єн-1-ил)бут-3-єн-2-он (β -іонон)	C ₁₃ H ₂₀ O	192	1,97	1,79
36	24,13	4-(2,6,6-триметилциклогекса-1,3-дієніл)бутан-2-он (дигідро- β -іонон)	C ₁₃ H ₂₂ O	194	0,98	0,54
37	25,71	3,7-диметил-2,6-октадієн-1-илацетат	C ₁₃ H ₂₂ O	170	6,10	5,72
38	26,32	Дигідро-5-октил-2(3H)-фуранон	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198	7,65	6,74
39	26,79	3,7,11-триметил-1,6,10-додекатрієн-3-ол (неролідол)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	8,54	7,04
40	27,21	(2E,6E)-3,7,11-триметилдодека-2,6,10-трієн-1-ол (фарнезол)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	1,38	0,87

Екстракт абрикосових вичавків містить підвищений вміст терпенових спиртів: ліналол (3,06%), α -терпінеол (5,98%), нерол (3,02%), гераніол (8,54%), ізоборнеол (1,03%), неролідол (8,54%), фарнезол (1,38%) та інші. Ці сполуки становили понад 18% від загальної кількості летких речовин у абрикосових вичавках.

В екстракті, отриманому з використанням суміші пропан-2-ол і декаметилциклопентасилоксану, знайдено 40 сполук, знайдені в описаному раніше екстракті. Цей екстракт містить переважну кількість жирних кислот та альдегідів різної природи, спиртів, а також терпеноїдних сполук. Повний список ідентифікованих сполук наведено в табл. 1, а мас спектри основних сполук в рис. 2.

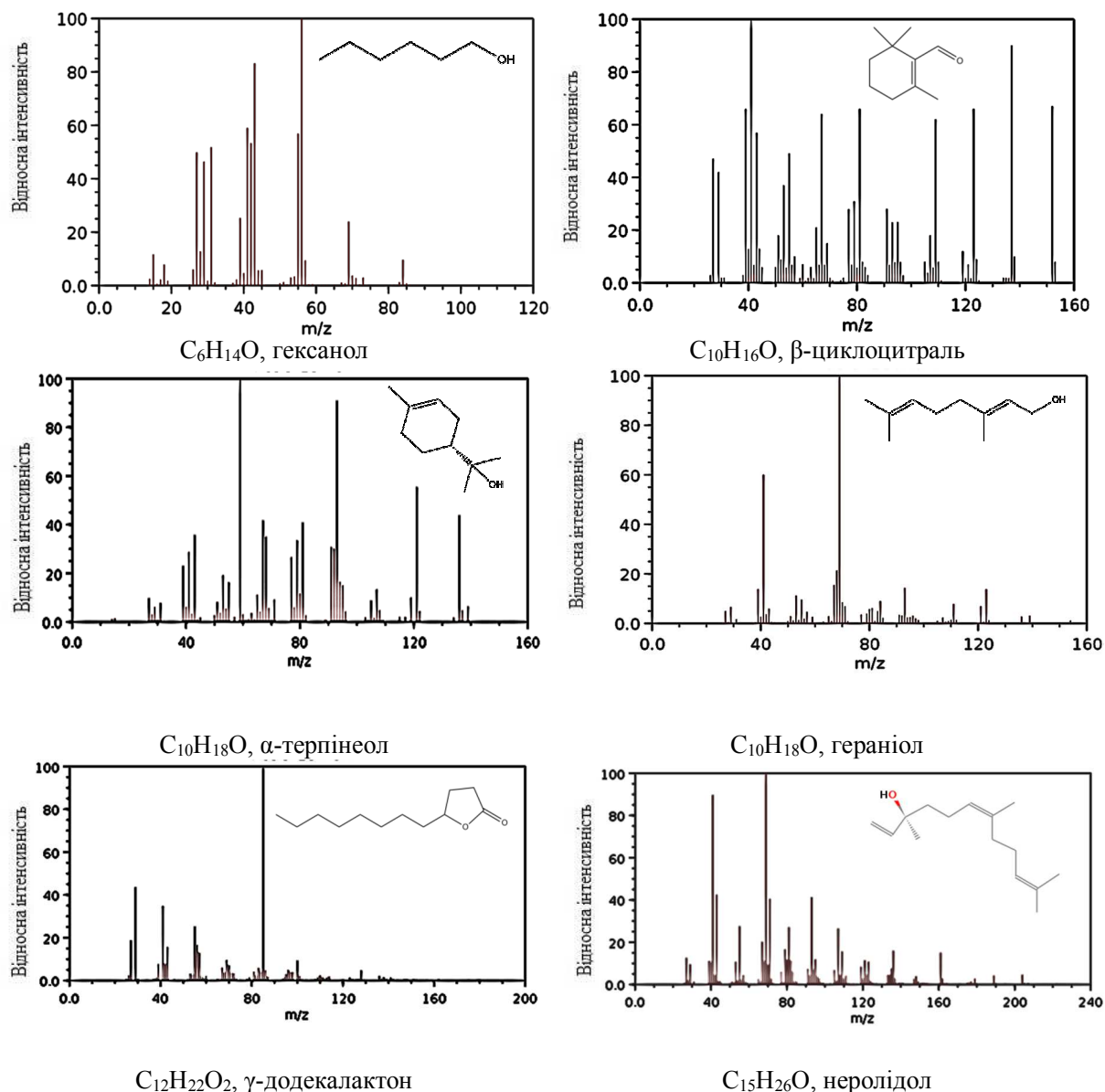


Рис. 2. Масовий спектр та структура основних компонентів, ідентифікованих GC-MS екстрактів абрикосових вичавків

Наявність в екстракті функціональних груп вищих органічних сполук підтверджується аналізом рідкої фази екстракту абрикосових екстрактів методом ІЧ-спектроскопії. ІЧ-спектр (рис. 3, табл. 2) – це класичний спектр із гарною роздільною здатністю ліній, що вказує на хімічну стійкість зразка. В екстракціях часто виникають колоїдні системи, які спотворюють вихідну лінію. Вологість зразка значно розширює піки. У спектрі можна розрізнити смуги поглинання в діапазоні $3000-2800\text{ cm}^{-1}$, що, ймовірно, вказує на наявність міжмолекулярного водневого зв'язку. Наявність аліфатичних груп CH_3 та CH_2 позначається сильним поглинанням у діапазоні $2930-2850\text{ cm}^{-1}$ (валентні коливання груп CH_3 та CH_2) та в діапазоні $1463-1377\text{ cm}^{-1}$ (деформаційні коливання). Ряд сигналів в області 902 cm^{-1} вказує на коливання зав'язків CH . Існують також смуги поглинання в діапазоні $1611-1617\text{ cm}^{-1}$, 1505 і 3400 cm^{-1} , характерні для коливань ароматичних структур. Слід зазначити, що поряд з ароматичними сполуками є сполуки з кон'югованими подвійними зв'язками (такими як кон'юговані дієни), про що свідчить наявність смуги поглинання в

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

спектрі при 1653 та 973 cm^{-1} . ІЧ-спектр усіх екстрактів має інтенсивні смуги поглинання в діапазоні 1700-1735 cm^{-1} , що характерно для валентних коливань $\nu\text{C}=\text{O}$ груп.

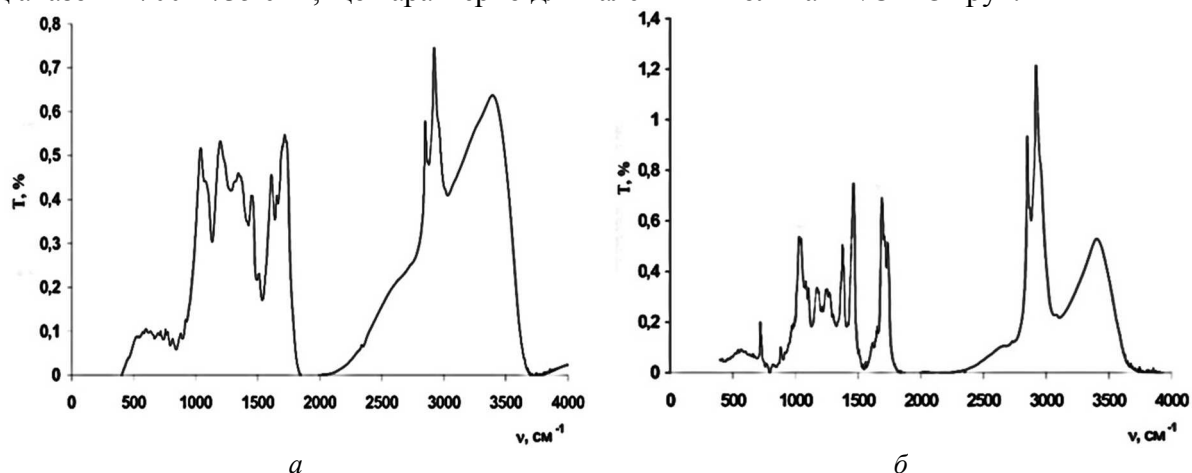


Рис. 3. ІЧ-спектр екстракту абрикосових вичавків:
а – пропан-2-ол; б – 2-пропанол і декаметилциклопентасилоксан

У смугі поглинання 3800-2600 cm^{-1} , де розташовані валентні коливання ОН-груп, свідчить про те, що всі екстракти містять карбонові кислоти. Доказом є наявність дуже широкої смуги максимумом 2650 cm^{-1} , пов'язаної з коливаннями νOH карбонільних груп, і інтенсивною смугою при 1700-1735 cm^{-1} , пов'язаної з валентною вібрацією $\nu\text{C}=\text{O}$ карбонільних груп. Що стосується інших кисневмісних сполук, то неможливо зробити чітких висновків, оскільки картина в діапазоні 3200-3800 cm^{-1} ускладнюється наявністю обмеженої води у складі екстрактів.

Аналіз спостережуваних смуг в області 1000-1200 cm^{-1} разом із піком утримання 1735 cm^{-1} в діапазоні карбонілу вказує на присутність в екстрактах кетоефірних сполук. Це найбільш чітко видно для силіконового екстракту.

Таблиця 2

Смуги поглинання (cm^{-1}) в ІЧ-спектрі екстрактів абрикосових вичавків

Смуга поглинання для функціональних груп		Екстракт абрикосових вичавків	
		пропан-2-ол	пропан-2-ол-D5
$\nu(\text{C}-\text{H}$ (ароматичні))	3460-3205	3394	3403
$\nu(\text{CH}_3)$	2975-2810	2960	2960
$\nu(\text{CHO}$ альдегіди, (2 зв'язки))	2900-2820; 2775-2700	2921, 2850	2919, 2850
$\nu(\text{OH}$ зв'язані з Н зв'язком)	2700-2500	~2600	~2650
$\nu(\text{C}=\text{O})$	1750-1600	1718	1735
$\nu(\text{C}=\text{C}$ (ненасичені))	1620-1680	1654	1653
$\nu(\text{C}=\text{C}$ (ароматичні))	1705-1660	1611, 1505	1617, 1505
$\delta(\text{CH}_2)$	1470-1430	1456	1463
$\delta(\text{CH}_3)$	1380-1370	1345	1375
γ (СН (маятникові коливання))	982-970	-	973
Маятникові коливання	720-710	719	719

Спектроскопічний метод UV-Vis є одним з основних методів якісного визначення хімічних сполук, які присутні в рослинних фітокомпонентах. Вибірка якісного профілю спектра УФ екстракту здійснюється при довжині хвилі від 200-800 нм (рис. 4).

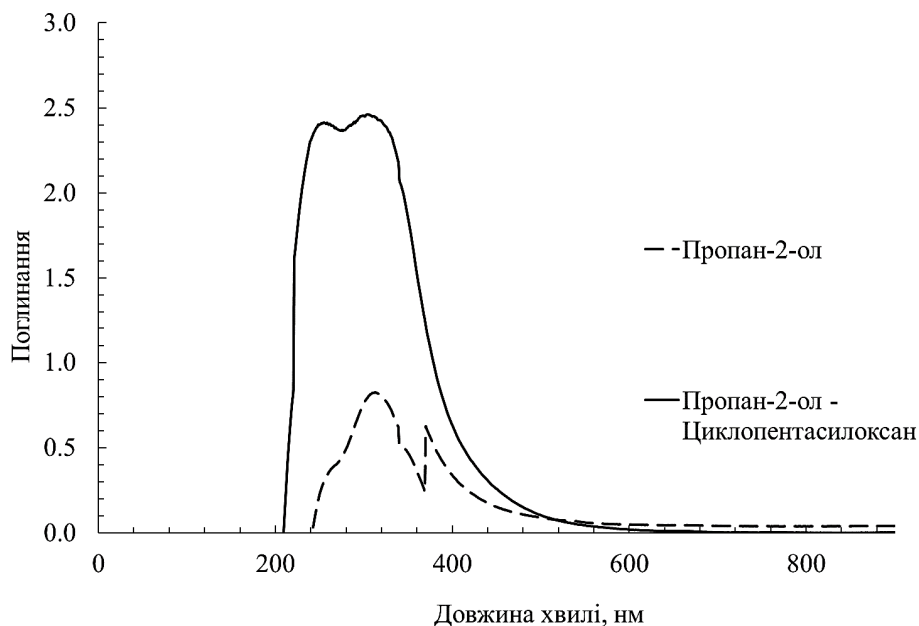


Рис. 4. Спектри ультрафіолетового поглинання екстрактів абрикосових вичавків

Для правильного відтворення ультрафіолетових спектроскопічних даних досліджено як самі розчинники, так і екстракти. Після аналізу спектра, отриманого у вибраному діапазоні, було встановлено, що активність спектра активно впливає на розчинник, тому проводили спектроскопію зразків з компенсацією пропан-2-олу та суміші пропан-2-олу та D5 (50/50 %) встановлено в каналі віднімання. Водночас досягнуто максимальне значення спектра.

Різні сполуки мають свою характерну довжину хвилі максимального поглинання. Для пропан-2-ол-екстракту пікові значення 313 нм та 370 нм вказують на терпеноїдні сполуки та їх похідні. Згідно з GC / MS, екстракт містить найбільш поширені терпеноїдні сполуки, а саме гераніол та неролідол. На УФ-спектрі екстракту, отриманого із суміші пропан-2-олу та декаметилциклопентасилоксану, показано 2 піки 248 нм та 319 нм, що вказує на поширеність сполук у класі жирних кислот та терпеноїдів. Тому аналіз ультрафіолетового спектра отриманого екстракту підтвердив наявність сполук із переважачим вмістом у екстрактах абрикосових вичавків.

Унікальний склад екстрактів визначає можливість їх застосування в різних галузях хімічної технології. Екстракти можна використовувати як готовий продукт, а також екстрагувати окремі речовини з екстрактів, які мають власне специфічне функціональне застосування (табл. 3). Таким чином, екстракт можна застосовувати в медицині для лікування багатьох видів захворювань та як складову їжі, косметичних продуктів, що мають лікувально-профілактичний ефект [16–18]. Наявність цих фітохімічних речовин робить абрикос потенційним джерелом біологічно активних сполук.

Таблиця 3

*Природа та біологічна активність фітокомплексів
усієї рослинної частини екстрактів пасти абрикоса*

№	Час утримання, хв	Назва сполуки	Клас сполуки	Використання
1	2	3	4	5
1	4.04	Гексанол	Спирт	Протипінні речовини, гідротропні речовини, антисептики
2	14.92	β -циклоцитраль	Монотерпеновий ациклічний альдегід	Ароматний, ароматичний, антисептичний і протизапальний агент
3	17.06	Гераніол	Терпеноїд	Ароматна речовина, протигрибкова, показує властивості антибіотиків
4	18.24	Гексадеканова кислота	Насичені жирні кислоти	Протизапальний, антиоксидант

1	2	3	4	5
5	19.60	Стеаринова кислота	Аліфатична одноосновна карбонова кислота	Емульгувальний агент, стабілізатор
6	19.62	(9Z)-Октадек-9-енова кислота	Мононенасичена жирна кислота	Емульгувальний агент
7	22.18	α -сораєне	Трициклічні сесквітерпени	У парфумерії, ароматичні речовини і запахи, як і в медицині, наприклад, як антигельмінтні агенти
8	23.08	4-terpineol	Монотерпенові спирти	Розчинник, пластифікатор, флотаційний агент. Має антимікробні властивості
9	23.54	α -terpineol		
10	25.71	Geranylacetone	Терпеноїд	Ароматичні речовини, антибактеріальні речовини
11	26.32	γ -dodecalactone	Лактон	Ароматичні речовини
12	26.79	Nerolidol	Терпеноїд	Запахні речовини

Для ізопропанольного екстракту досліджена протикорозійна ефективність при нанесенні з парогазової фази. Аналіз результатів прискорених корозійних випробувань (табл. 4) показує, що досліджувані леткі фракції екстракту вичавків абрикоса забезпечують захист від корозії сталі в умовах періодичної конденсації вологи. Швидкість корозії та ступінь захисту дорівнюють відповідно 0,0186 г/м²·год та 90,05 %.

Таблиця 4

*Швидкість корозії та ступінь захисту сталі Ст3
(періодична конденсація вологи протягом 21 доби)*

Час формування плівки	Швидкість корозії, г м ⁻² h ⁻¹	Ступінь захисту (ІЕ), %
12	0,0938	50,06
24	0,0770	58,99
30	0,0610	67,52
35	0,0526	71,98
40	0,0518	72,39
48	0,0186	90,05
72	0,0178	91,00
Без інгібітору	0,1879	-

Швидкість процесу формування захисної плівки та її захисні властивості залежать як від хімічної природи складових композиції легкого інгібітора та властивостей поверхні металу, так і від умов формування плівки. Встановлено, що швидкість корозії сталі зменшується, а інгібуюча ефективність зростає при збільшенні часу формування захисної плівки. Так, встановлено, що ступінь захисту залежить від часу формування поверхневої плівки із летких фракцій екстракту вичавків абрикоса і становить 50,06-90,05 %, що дозволяє рекомендувати цей вид ЛІАК для захисту сталі Ст3 від атмосферної корозії. Оптимальним часом для формування захисної плівки є витримка сталевих зразків у атмосфері екстракту протягом 40-48 год. Слід зауважити, що обробка зразків у паровій фазі індивідуального ізопропанолу не підвищує корозійну тривкість металу.

Висновки відповідно до статті. Підбиваючи підсумки, наші результати чітко показали, що значно різні класи сполук та їх кількість були екстраговані різними системами розчинників. Різні розчинники повинні бути використані для вивчення характеристик різних композицій активних сполук у різних хімічних технологіях. Найбільш ефективним розчинником для сумарних екстракційних сполук з абрикосових вичавків була суміш пропан-2-ол та D5. У цьому дослідженні підтверджено наявність альдегідів та терпових спиртів у екстрактах абрикосових вичавків.

Таким чином, можна зробити висновок, що відходи абрикоса (*Prunus armeniaca* L.) є перспективними для його подальшого вивчення та використання сировини як джерела біологічних активних речовин у розробці нових функціональних продуктів. Це попереднє дослідження дає уявлення про ізоляцію основних активних компонентів, присутніх

у вичавках абрикоса, а також сприяє розробці біологічно активних сполук із сировини та цільової розробки засобів протикорозійного захисту.

Список використаних джерел

1. *Comparative studies on phenolic profiles, antioxidant capacities and carotenoid contents of red goji berry (Lycium barbarum) and black goji berry (Lycium ruthenicum)* / Islam, T., Yu, X., Badwal, T. S., & Xu, B. // *Chemistry Central Journal*. – 2017. – № 11. – P. 59.
2. *SPME–GC–MS detection of volatile compounds in apricot varieties* / Gokbulut, I., & Karabulut, I. // *Food Chemistry*. – 2012. – № 132. – P. 1098.
3. *Apricot (Prunus armeniaca L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load* / Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N. K., Tsantili, E., & Stathis, V. // *Scientia Horticulturae*. – 2011. – № 129. – P. 472.
4. *Screening for antioxidant and antibacterial activities of phenolics from Golden Delicious apple pomace* / Zhang, T., Wei, X., Miao, Z., Hassan, H., Song, Y., & Fan, M. // *Chemistry Central Journal*. – 2016. – № 10. – P. 47.
5. *Study of the Mechanism of Action of the Isopropanol Extract of Rapeseed Oil Cake on the Atmospheric Corrosion of Copper* / Chyhyrynets, O. E., Fateev, Y. F., Vorobiova, V. I. et al. // *Mater Sci* (2016) 51: 644.
6. *Grape Pomace Extract as Green Vapor Phase Corrosion Inhibitor* / Vorobiova V., Chyhyrynets O., Vasylykevych O. // *Mater.Sci.* – 2015. – № 50. – P. 726.
7. *A Study of Rape-Cake Extract as Eco-Friendly Vapor Phase Corrosion Inhibitor* / Chyhyrynets' E., Vorobyova V. // *Chemistry & Chemical technology*. – 2014. – 8, 2. – P. 235.
8. *Vitamins, Flavonoids, and Phenolic Acid Levels in Early- and Late-ripening Apricot (Prunus armeniaca L.) Cultivars from Turkey* / Gündoğdu, M., Kan, T., Gecer, M. K. // *HortScience*. – 2013. – № 48. – P. 696.
9. *Berry Fruits as a Source of Biologically Active Compounds: the Case of Lonicera Caerulea* / Svarcova, I., Jan, H., Valentova, K. // *Biomedical Papers*. – 2007. – № 151. – P. 163.
10. *In Vitro Antimicrobial Activity of Dried and Fresh Leaf Extracts of Old and Young Apricot Trees (Prunus Armeniaca)* / Karapetyan T. D., Mirzoyan V. S., Hanisyan R. M. 1, Sahakyan. Zh. // *The New Armenian Medical Journal*, 2011, 5, 44.
11. *The content of polyphenols and carotenoids in three apricot cultivars depending on stage of maturity and geographical region* / Dragovic-Uzelac, V., Levaj, B., Mrkic, V., Bursac, D., & Boras, M. // *Food chemistry*, 2007, 102, 966.
12. *Antioxidant activity, volatile composition and sensory profile of four new very-early apricots (Prunus armeniaca L.)* / Melgarejo, P., Calín-Sánchez, Á., Carbonell-Barrachina, Á. A., Martínez-Nicolás, J. J., Legua, P., Martínez, R., & Hernández, F. // *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94, 85.
13. *Green synthesis of Pd nanoparticles at Apricot kernel shell substrate using Salvia hydrangea extract: Catalytic activity for reduction of organic dyes* / Khodadadi B., Bordbar M., Nasrollahzadeh M. // *Journal of Colloid and Interface Science*, 2017, 409, 1.
14. *Phenolic compounds, flavonoids, lipids and antioxidant potential of apricot (Prunus armeniaca L.) pomace fermented by two filamentous fungal strains in solid state system* / VasileDulf K., Vodnar D., Dulf E., Pintea A. // *Chemistry Central Journal*, 2017, 11, 92.
15. *Insights into research on phytochemistry and biological activities of Prunus armeniaca L. (apricot)* / Erdogan-Orhan, I., & Kartal, M. // *Food Research International*, 2011, 44, 1238.
16. *Characterization of aroma potential of apricot varieties using different extraction techniques* / Solís-Solís, H. M., Calderón-Santoyo, M., Schorr-Galindo, S., Luna-Solano, G., Ragazzo-Sánchez, J. A. // *Food chemistry*, 2007, 105, 829.
17. *Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time* / Lapornik, B., Prošek, M., & Wondra, A. G. // *Journal of food engineering*, 2005, 71, 214.
18. *Effect of the Extraction Process on the Biological Activity of Lyophilized Apricot Extracts Recovered from Apricot Pomace* / Cheaib, D., El Darra, N., Rajha, H. N., El-Ghazzawi, I., Maroun, R. G., Louka, N. // *Antioxidants*, 2018, 7, 11.

References

1. Islam, T., Yu, X., Badwal, T. S., & Xu, B. (2017). Comparative studies on phenolic profiles, antioxidant capacities and carotenoid contents of red goji berry (*Lycium barbarum*) and black goji berry (*Lycium ruthenicum*). *Chemistry Central Journal*, 11, 59 [in English].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. Gokbulut, I., & Karabulut, I. (2012). SPME–GC–MS detection of volatile compounds in apricot varieties. *Food Chemistry*, 132, 1098 [in English].
3. Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N. K., Tsantili, E., & Stathis, V. (2011). Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. *Scientia Horticulturae*, 129, 472 [in English].
4. Zhang, T., Wei, X., Miao, Z., Hassan, H., Song, Y., & Fan, M. (2016). Screening for antioxidant and antibacterial activities of phenolics from Golden Delicious apple pomace. *Chemistry Central Journal*, 10, 47 [in English].
5. Chyhyrynets, O. E., Fateev, Y. F. & Vorobiova, V. I. et al. (2016). Study of the Mechanism of Action of the Isopropanol Extract of Rapeseed Oil Cake on the Atmospheric Corrosion of Copper. *Mater Sci*, 51, 644 [in English].
6. Vorobiova, V., Chyhyrynets, O. & Vasylykevych, O. (2015). Grape Pomace Extract as Green Vapor Phase Corrosion Inhibitor. *Mater. Sci.*, 50, 726 [in English].
7. Chygyrynets, E. & Vorobyova, V. (2014). A Study of Rape-Cake Extract as Eco-Friendly Vapor Phase Corrosion Inhibitor. *Chemistry & Chemical technology*, 8, 2, 235 [in English].
8. Gündoğdu, M., Kan, T., Gecer, M. K. (2013). Vitamins, Flavonoids, and Phenolic Acid Levels in Early- and Late-ripening Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars from Turkey. *HortScience*, 48, 696
9. Svarcova, I., Jan, H. & Valentova, K. (2007). Berry Fruits as a Source of Biologically Active Compounds: the Case of *Lonicera Caerulea*. *Biomedical Papers*, 151, 163 [in English].
10. Karapetyan, T. D., Mirzoyan, V. S., Hanisyan, R. M. & Sahakyan, Zh. (2011). In Vitro Antimicrobial Activity of Dried and Fresh Leaf Extracts of Old and Young Apricot Trees (*Prunus Armeniaca*). *The New Armenian Medical Journal*, 5, 44 [in English].
11. Dragovic-Uzelac, V., Levaj, B., Mrkic, V., Bursac, D., & Boras, M. (2007). The content of polyphenols and carotenoids in three apricot cultivars depending on stage of maturity and geographical region. *Food chemistry*, 102, 966 [in English].
12. Melgarejo, P., Calín-Sánchez, Á., Carbonell-Barrachina, Á. A., Martínez-Nicolás, J. J., Legua, P., Martínez, R., & Hernández, F. (2014). Antioxidant activity, volatile composition and sensory profile of four new very-early apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 85 [in English].
13. Khodadadi, B., Bordbar, M. & Nasrollahzadeh, M. (2017). Green synthesis of Pd nanoparticles at Apricot kernel shell substrate using *Salvia hydrangea* extract: Catalytic activity for reduction of organic dyes. *Journal of Colloid and Interface Science*, 409, 1 [in English].
14. VasileDulf, K., Vodnar, D., Dulf, E. & Pintea, A. (2017). Phenolic compounds, flavonoids, lipids and antioxidant potential of apricot (*Prunus armeniaca* L.) pomace fermented by two filamentous fungal strains in solid state system. *Chemistry Central Journal*, 11, 92 [in English].
15. Erdogan-Orhan, I. & Kartal, M. (2011). Insights into research on phytochemistry and biological activities of *Prunus armeniaca* L. (apricot). *Food Research International*, 44, 1238 [in English].
16. Solís-Solís, H. M., Calderón-Santoyo, M., Schorr-Galindo, S., Luna-Solano, G., Ragazzo-Sánchez, J. A. (2007). Characterization of aroma potential of apricot varieties using different extraction techniques. *Food chemistry*, 105, 829 [in English].
17. Lapornik, B., Prošek, M., & Wondra, A. G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of food engineering*, 71, 214 [in English].
18. Cheaib, D., El Darra, N., Rajha, H. N., El-Ghazzawi, I., Maroun, R. G. & Louka, N. (2018). Effect of the Extraction Process on the Biological Activity of Lyophilized Apricot Extracts Recovered from Apricot Pomace. *Antioxidants*, 7, 11 [in English].

UDC 620.197

*Victoria Vorobyova, Anastasia Shakyn, Inna Trus,
Olena Serdiuk, Volodymyr Tkachuk, Olena Chyhyrynets*

EVALUATION OF THE COMPONENT COMPOSITION BY-PRODUCTS OF APRICOT (*Prunus armeniaca* L.)

Topicality of research. The problem of deteriorating environmental situation is relevant. Therefore, the priority direction is the use of environmentally friendly products.

Formulation of the problem. To date, there is not enough scientific information about the component composition of different plants, therefore, it is necessary to find new sources for the selection of natural active compounds and the receipt of various products.

Analysis of recent research and publications. The latest open access publications, including literature on the polyphenolic composition of apricot by-products obtained by water extraction were considered.

Allocation of unexamined parts of the general problem. Information on the composition of the alcoholic extract of apricot pomace is very limited.

Setting objectives. The study characteristics of the component profiles the apricot pomace extract (*Prunus armeniaca*) depending on the solvent systems were used.

The main material. The objective of this study was to investigate a comprehensive characterization of composition profiles of the apricot pomace extract (*Prunus armeniaca* L) depending on the used solvent systems. Different solvents may need to be used to study the characteristics of various compositions of active compounds in different chemical technology. The propan-2-ol, decamethylcyclopentasiloxane and there of mixture of the apricot pomace extracts are characterized by IR, UV-visible spectroscopy and gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) techniques. The most efficient solvent for total extraction compounds from apricot pomace was mixture propan-2-ol and D5. The presence aldehydes, and terpene alcohols in the apricot pomace extracts was confirmed in this study.

Conclusions according to the article. Thus, it can be concluded that the waste of the common apricot (*Prunus armeniaca* L) is promising for its further study and for using raw materials as a source in the development of new functional products. This preliminary study gives an idea to isolate the major active constituents present in the pomace of apricot and also helps to develop biologically active compounds from raw materials.

Keywords: Apricot pomace; extract; propan-2-ol; decamethylcyclopentasiloxane; aldehydes; terpene alcohols.

Fig.: 4. **Table:** 4. **References:** 18.

Воробійова Вікторія Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Vorobyova Victoria – PhD in Technical Science, Assistant, Assistant of Physical Chemistry Department, National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: Vorobyovavika1988@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7479-9140>

Scopus Author ID: 55808771000

Шакун Анастасія Сергіївна – магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Shakyn Anastasia – master, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

Трус Інна Миколаївна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри екології та технології рослинних полімерів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Trus Inna – PhD in Technical Sciences, Senior Lecturer of Department of ecology and technology of plant polymers, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: inna.trus.m@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6368-6933>

ResearcherID: I-3204-2017

Scopus Author ID: 56152219600

Ткачук Володимир Миколайович – магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Tkachuk Volodymyr – master, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

Сердюк Олена Олександрівна – магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Serdiuk Olena – master, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: freesail2014@gmail.com

Чигиринець Олена Едуардівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Chygyrynets' Olena – Doctor in Technical Science, Professor, Head of Department of Physical Chemistry, National Technical University of Ukraine National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).