

УДК 615.322:615.451.16:615.07:543.42

**Олександр ДОБРОВОЛЬНИЙ**

кандидат фармацевтичних наук, докторант кафедри фармацевтичної технології і біофармації, Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, Україна, 04112 (dobvolnyi.oleksandr@gmail.com)

**ORCID:** 0009-0005-1640-4813**SCOPUS:** 57222389825**Лена ДАВТЯН**

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувачка кафедри фармацевтичної технології і біофармації, Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, Україна, 04112 (ldavtian@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0001-7827-2418**SCOPUS:** 6506391950**Андрій СОЛОМЕННИЙ**

кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри військової фармації, Українська військово-медична академія, вул. Князів Острозьких, 45/1, м. Київ, Україна, 01015 (solomennyu@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0002-9562-8321**SCOPUS:** 57218886005

**Бібліографічний опис статті:** Добровольний О., Давтян Л., Соломенний А. (2024). Динамічні види конвенційних методів екстракції та їхній вплив на ефективність виділення флавоноїдів плодів глоду (*Crataegi fructus*) і загальні показники процесу. *Фітотерапія. Часопис*, 4, 239–245, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-239>

## ДИНАМІЧНІ ВИДИ КОНВЕНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ЕКСТРАКЦІЇ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДІЛЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ ПЛОДІВ ГЛОДУ (*CRATAEGI FRUCTUS*) І ЗАГАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ

**Актуальність.** Екстракція біологічно-активних речовин із рослинної сировини є ключовою стадією процесу виробництва АФІ рослинного походження. Широко застосовані конвенційні методи екстракції, що зазвичай пов'язані зі статичним або періодичним рухом екстрагенту через шар сировини, характеризуються довготривалістю процесу та недостатньою його ефективністю. Вирішення даних недоліків можливе через створення певних динамічних умов, що в перспективі імплементатії здатне суттєво підвищити інтенсивність та ефективність процесу екстрагування.

**Мета дослідження.** Дослідити вплив динамічних умов конвенційних методів екстракції на ключові показники якості рослинного препарату плодів глоду та визначити оптимальні параметри процесу.

**Матеріал і методи.** Об'єктом дослідження були подрібнені плоди глоду (плоди різних видів глоду *Crataegus* spp.). Як методи екстрагування використовували динамічні види конвенційних методів: фільтраційну екстракцію та ремацерацію з примусовою циркуляцією екстрагенту. Екстракцію проводили 70% етанолом. У досліджуваних зразках водно-спиртових витягів визначали сухий залишок, вихід екстрактивних речовин із рослинної сировини та кількісний уміст суми флавоноїдів. Кількісне визначення проводили методом абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі PerkinElmer Lambda 35.

**Результати дослідження.** Згідно з даними експерименту, із застосуванням фільтраційної екстракції встановлено, що процес набуває своєї стабільної ефективності за співвідношення «сировина : екстрагент» 1:8. Витяг, одержаний за даних умов, характеризується вмістом флавоноїдів у перерахунку на рутин і суху речовину 0,49% та виходом екстрактивних речовин 30,35%. Метод характеризується високою інтенсивністю процесу. Тривалість стадії, згідно з установленими технологічними умовами та відповідним профілем якості екстракту, становить 5,5 год. Експеримент із застосуванням методу ремацерації з примусовою циркуляцією продемонстрував свою ефективність за умов первинного настоювання протягом 2 год із наступною циркуляцією свіжим екстрагентом протягом 2 год. Чиста тривалість процесу за дослідженими параметрами становить 4 год. Витяг, одержаний за даних умов, характеризується вмістом флавоноїдів у перерахунку на рутин і суху речовину 0,47% та виходом екстрактивних 29,68%.

**Висновок.** Установлено, що за оптимальних умов процесу фільтраційна екстракція незначною мірою є більш ефективною за виділенням суми флавоноїдів із сировини (0,49% проти 0,47%) та за виходом екстрактивних речовин (30,35% проти 29,68%). Експериментально з'ясовано, що ремацерація з примусовою циркуляцією екстрагента переважає фільтраційну екстракцію за інтенсивністю процесу майже на 30%, проте для досягнення схожого профілю якості продукту потребує на 20% більших витрат екстрагента, ніж фільтраційна екстракція. Дослідження довели перспективність застосування динамічних видів конвенційних методів екстракції як ефективних інструментів ключової стадії процесу виробництва АФІ рослинного походження.

**Ключові слова:** екстракція, екстрагент, технологія, технологічний процес, препарат, поліфенольні сполуки, флавоноїди, екстрактивні речовини, рослинна сировина, спектрофотометрія.

## **Oleksandr DOBROVOLNYI**

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Doctorant at the Department of Pharmaceutical Technology and Biopharmaceuticals, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112 (dobrovolnyi.oleksandr@gmail.com)

**ORCID:** 0009-0005-1640-4813

**SCOPUS:** 57222389825

## **Lena DAVTIAN**

Doctor of Pharmacy, Professor, Head of the Department of Pharmaceutical Technology and Biopharmaceuticals, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112 (ldavtian@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0001-7827-2418

**SCOPUS:** 6506391950

## **Andrii SOLOMENNYI**

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Military Pharmacy, Ukrainian Military Medical Academy, Knyaziv Ostrozkikh str., 45/1, Kiev, Ukraine, 01015 (solomennyi@ukr.net).

**ORCID:** 0000-0002-9562-8321

**SCOPUS:** 57218886005

**To cite this article:** Dobrovolnyi O., Davtian L., Solomennyi A. (2024). Dynamychni vydy konvekciynych metodiv ekstrakcii ta iich vplyv na effectyvnist vydilennya flavonoidiv plodiv glodu (*Crataegi fructus*) ta zagalni pokaznyki procesu [Dynamic types of conventional extraction methods and their impact on the extraction efficiency of flavonoids from Hawthorn berries (*Crataegi fructus*) and general process indicators]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 4, 239–245, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-239>

## **DYNAMIC TYPES OF CONVENTIONAL EXTRACTION METHODS AND THEIR IMPACT ON THE EXTRACTION EFFICIENCY OF FLAVONOIDS FROM HAWTHORN BERRIES (*CRATAEGI FRUCTUS*) AND GENERAL PROCESS INDICATORS**

**Actuality.** Extraction of biologically active substances from herbal raw materials is a key stage in the manufacturing process of plant origin API. Widely used conventional extraction methods which are usually associated with static or periodic movement of the extraction solvent through a layer of raw materials are characterized by the long duration of the process and its insufficient efficiency. Resolution these disadvantages is possible through the creation of certain dynamic conditions which in the perspective of implementation can significantly increase process intensity and efficiency.

**The aim of research.** To investigate the influence of dynamic conditions of conventional extraction methods on the key quality attributes of the herbal preparation of Hawthorn fruits and to determine the optimal parameters of the process.

**Material and methods.** The object of the study was powdered hawthorn berries (fruits of different species of hawthorn *Crataegus* spp.). Dynamic types of conventional methods were used as extraction methods: filtration extraction and remaceration with forced circulation of the extraction solvent. Extraction was carried out with 70% ethanol. In the studied samples of water-alcohol extracts the dry residue, yield of extractable matter and the quantitative content of the sum of flavonoids were determined. Assay was performed by absorption spectrophotometry on a PerkinElmer Lambda 35 spectrophotometer.

**Research results.** According to the experimental data with filtration extraction it was established that the process acquires its stable efficiency in the range of «drug to extractant» ratio 1:8. The extract obtained under these conditions was characterized by the content of flavonoids expressed as rutin (dried drug) as 0.49% and yield of extractable matter 30,35%. The method has been characterized by a high process intensity. The duration of the stage according to the established technological conditions and the corresponding quality profile of the extract was 5,5 hours. An experiment using the method of remaceration with forced circulation demonstrated its effectiveness under the conditions of primary maceration for 2 hours, followed by circulation with fresh extractant for 2 hours. The net duration of the process according to the studied parameters was 4 hours. The extract obtained under these conditions was characterized by the content of flavonoids expressed as rutin (dried drug) as 0.47% and yield of extractable matter 29,68%.

**Conclusions.** It has been found that under optimal process conditions, filtration extraction is slightly more effective in extracting the sum of flavonoids from raw material (0,49% vs. 0,47%) and in the efficiency of extractive substances (30,35% vs. 29,68%). It has been experimentally found that remaceration with forced circulation of the extractant prevails over filtration extraction in terms of the intensity of the process almost by 30%. However, to achieve a similar profile of product quality it has required 20% higher consumption of extraction solvent than filtration extraction. Studies have proven the prospect of using dynamic types of conventional extraction methods as effective tools of the key stage of the manufacturing process of the herbal APIs.

**Key words:** extraction, extraction solvent, technology, technological process, preparation, polyphenols, flavonoids, extractable matters, herbal substance, spectrophotometry.

**Вступ. Актуальність.** Екстракція біологічно ного походження. За своєю природою це є процес активних речовин із рослинної сировини є ключовою стадією процесу виробництва АФІ рослин- масопереносу речовини з твердої фази (екстрагеної сировини) в рідку фазу (екстрагент). Тобто

чинником ефективності та рушійною силою цього масообмінного процесу є різниця концентрацій біологічно активних речовин у рослинній сировині та в екстрагенті. І чим вона більша, тим інтенсивніше речовини дифундують із сировини в екстракційний розчинник. Тоді як вибір екстрагента забезпечує селективність виділення таргетних груп речовин із сировини, метод та умови екстрагування формують загальну ефективність цього процесу (Murakami, 2020; Colin, 2003).

Найбільш поширеними з конвенційних методів, які практично застосовуються у промисловому виробництві рослинних АФІ, є мацерація та перколяція у різних їх варіаціях (ремацерація, реперколяція, фільтраційна екстракція, циркуляційне екстрагування, екстракція з протитоком тощо). Застосування того чи іншого способу екстрагування залежить від поставлених завдань, економічної доцільності та апаратурного оснащення виробництва. Проте до технологічних чинників, які характеризують ефективність процесу, можна віднести його тривалість, енергоємність та повноту виснаження екстрагованої сировини у поєднанні з гарантованим одержанням продукту встановленого профілю якості (Azmir, 2013; Usman, 2022; Joseph, 2020).

Екстракційні методи пов'язані зі статичним або періодичним рухом екстрагента через шар сировини, характеризуються довготривалістю процесу та недостатньою його ефективністю. Вони не здатні повноцінно підтримувати високу різницю концентрацій екстрагованих речовин у сировині та екстрагенті, що призводить до встановлення її рівноваги, сповільнення та припинення масопереносу БАР в екстракт (Fonmboh, 2020; Rasul, 2018; Jha, 2022).

Таким чином, перспективними конвенційними методами екстрагування можуть бути такі динамічні варіації, як фільтраційна екстракція та ремацерація з інтенсивною циркуляцією екстрагента. У разі фільтраційної екстракції динаміка масопереносу залежить від кількості свіжого екстрагенту, який проходить через шар сировини з постійною швидкістю. Для циркуляційної екстракції – кратності циркуляції певного об'єму екстрагенту через шар сировини за певний проміжок часу.

Застосування препаратів глоду (*Crataegus spp.*) має давню історію в традиційному медичному застосуванні. Даний представник родини трояндових характеризується цілим спектром фармакологічних ефектів, зумовлених умістом біологічно активних сполук антиоксидантної дії, зокрема епікатехіну, кверцетину, рутину, вітексину та хлорогенової кислоти (Dai, 2021; Dordevic, 2021).

Як джерело, багате на флавоноїди, препарати глоду очікувано ефективні при лікуванні та профілактиці оксидативно орієнтованих захворювань: гіпертонії, гіперхолестеринемії, тромбозу, серцевої недостатності та атеросклерозу (Habtemariam, 2014; Dahmer, 2010; Wang, 2013).

Проте, з огляду на сьогодення, не менш важливими терапевтичним напрямом є його ефективне застосування відносно стресу та супутніх йому розладів. Виходячи з перспективності застосування й офіційного статусу сировини, плоди глоду було вибрано як об'єкт даного дослідження (Can, 2010, Ph. Eur., 2023).

**Мета дослідження.** Дослідити вплив динамічних умов конвенційних методів екстракції на ключові показники якості рослинного препарату плодів глоду та визначити оптимальні параметри процесу.

**Матеріали та методи дослідження.** Як сировину для екстрагування використовували плоди глоду (плоди різних видів глоду *Crataegus spp.*), висушені до вмісту вологи 10,77% (ТОВ «Сумифітофармація» № серії 1889.У.1718).

Зразки екстрактів одержували шляхом екстрагування сировини, методом фільтраційної екстракції та методом ремацерації з примусовою циркуляцією екстрагента в лабораторному екстракторі за кімнатної температури. Як екстрагент використовували 70% етанол (об.).

Етанол 70% (об.) було вибрано виходячи з того, що традиційні лікарські засоби плодів глоду у формі настоек одержують здебільшого етанолом цієї концентрації (ДРЛЗ 2024).

**Фільтраційна екстракція.** У лабораторний екстрактор почергово завантажували сировину (150 г), подрібнену до середнього розміру часток 0,75 мм, та екстрагент до рівня утворення «дзеркала». Проводили настоювання сировини впродовж 60 хв із метою її максимальної деаерації. Екстрагування проводили з постійною швидкістю проходження екстрагента через шар сировини до загального співвідношення «сировина : екстрагент» 1:10. Зразки екстрактів збирали окремо з кроком «сировина : екстракт» 1:1. Загальний час процесу становив 7 год. Одержані дані наведено в табл. 1.

**Ремацерація з примусовою циркуляцією екстрагенту.** У лабораторний екстрактор почергово завантажували сировину (150 г), подрібнену до середнього розміру часток 2 мм, та екстрагент у співвідношенні 1:5. Після встановлення рівня «дзеркала» екстрагента над шаром сировини проводили настоювання впродовж 120 хв. Після завершення настоювання мацерації вивантажували окремо та одночасно заван-

тажували в екстрактор другу порцію екстрагенту (1:5). Після повного заміщення мацерату екстрагентом проводили його циркуляцію через шар сировини. Швидкість циркуляції забезпечувала повне проходження другої порції екстрагенту (1:5) за один цикл. Загальна кількість циклів становила 5 по 60 хв. Відбір проб проводили з окремо зібраного витягу після кожного циклу циркуляції. Одержані дані наведено в табл. 2.

Критеріями оцінки ефективності процесу були сухий залишок, вихід екстрактивних речовин із рослинної сировини та кількісний уміст суми флавоноїдів у досліджуваних зразках.

**Визначення вмісту сухого залишку  $\omega_n$**  в зразках рідких витягів  $V_n$  проводили згідно з методикою ДФУ 2.8.16 (ДФУ, 2015).

**Визначення виходу екстрактивних речовин  $D_n$**  з рослинної сировини проводили за формулою:

$$D_n = \sum_{n=1}^n \frac{\omega_n \times V_n}{m_c}, \quad (1)$$

де:

$\omega_n$  – сухий залишок в окремій порції рідкого екстракту, %;

$V_n$  – об'єм окремої порції екстракту, мл;

$m_c$  – маса екстрагованої сировини, г.

**Визначення вмісту флавоноїдів  $X_n$**  проводили методом абсорбційної спектрофотометрії (ДФУ, 2.2.25.) на спектрофотометрі PerkinElmer Lambda 35. В основі методики було використано здатність флавоноїдів до утворення комплексів з алюмінієм хлоридом та їх оптичного поглинання за довжини хвилі 407 нм. Як аналітичний маркер було використано рутин (ДФУ, 2015).

**Приготування випробовуваного розчину.** Аліквоту екстракту  $V_n$ , поміщали в мірну колбу місткістю 10,0 мл, додавали 2,0 мл 5% розчину  $AlCl_3$  у 70% етанолі і нагрівали на водяній бані протягом 3 хв. Після чого охолоджували, додавали 0,8 мл буферного розчину з рН  $3,30 \pm 0,05$  та доводили до мітки 70% етанолом.

**Приготування розчину порівняння.** 0,050 г рутину розчиняли в 100,0 мл 70% етанолу. Після чого 1 мл одержаного розчину поміщали в мірну колбу місткістю 25,0 мл, додавали 5,0 мл 5% розчину  $AlCl_3$  у 70% в етанолі та нагрівали на водяній бані протягом 3 хв. Охолоджували і додавали 2 мл буферного розчину з рН  $3,30 \pm 0,05$  та доводили до мітки 70% етанолом.

**Приготування компенсаційного розчину.** Компенсаційний розчин готували аналогічно випробовуваному розчинам та розчину порівняння, виключивши додавання  $AlCl_3$  та стадію нагрівання на водяній бані.

Вимірювання оптичної густини випробовуваних розчинів  $A_{407n}$  та розчинів порівняння проти відпо-

відних компенсаційних розчинів проводили за довжини хвилі 407 нм.

Уміст суми флавоноїдів  $X_n$  у перерахунку на рутин і суху речовину в окремій порції екстракту  $V_n$  визначали за формулою:

$$X_n = \frac{A_{407n} \times m_0 \times 1 \times 10 \times 100 \times 100}{A_0 \times 100 \times 25 \times V_A \times \omega_n} = \frac{A_{407n} \times m_0 \times 40}{A_0 \times V_A \times \omega_n}, \quad (2)$$

де:  $A_{407n}$  – оптична густина випробовуваного розчину;

$m_0$  – абсолютна маса наважки рутину, г;

$A_0$  – оптична густина розчину порівняння;

$V_A$  – об'єм аліквоти окремої порції екстракту  $V_n$ , мл;

$\omega_n$  – сухий залишок в окремо зібраній порції рідкого екстракту, %.

Уміст суми флавоноїдів  $G_n$  в перерахунку на рутин і суху речовину в сумарному екстракті  $V_{n+1}$  визначали за формулою:

$$G_n = \frac{\sum_{n=1}^n \frac{X_n \times \omega_n \times V_n}{10000}}{D_n \times m_c} \times 10000, \quad (3)$$

де:  $X_n$  – уміст суми флавоноїдів в перерахунку на рутин і суху речовину в окремій порції екстракту, %;

$\omega_n$  – сухий залишок в окремій порції екстракту, %;

$V_n$  – об'єм окремої порції екстракту, мл;

$D_n$  – вихід екстрактивних речовин, %;

$m_c$  – маса екстрагованої сировини, г.

Одержані дані наведено в табл. 1 та 2.

### Результати дослідження та їх обговорення.

Згідно з планом експерименту, було одержано зразки екстрактів із використанням як методів виділення фільтраційну екстракцію та ремацерацію з примусовою циркуляцією екстрагенту. В основі обох методів лежать різні підходи для досягнення ефективного масопереносу БАР з екстрагованого матеріалу. У разі фільтраційної екстракції, що є різновидом перколяції, ефективність забезпечувалася постійною підтримкою різниці концентрацій БАР в екстрагованій сировині та екстракті шляхом безперервної подачі свіжого екстрагенту та його рівномірний рух через шар сировини з постійною швидкістю. У разі ремацерації, тобто мацерації з розділенням екстрагенту на рівні частини, перша частина розчинника була використана для класичної мацерації сировини, а друга – для інтенсивної циркуляції з метою інтенсифікації масопереносу БАР в екстракт.

Згідно з одержаними даними, які наведено в табл. 1 та графічно представлено на рис. 1, процес фільтраційної екстракції характеризується рівномірним переносом екстрактивних речовин та стабільним умістом суми флавоноїдів у досліджуваних зразках.

Аналіз динаміки експерименту свідчить про те, що процес набуває своєї стабільної ефективності

Таблиця 1

Експериментальні дані екстрагування плодів глоду методом фільтраційної екстракції

Зразок, n	Співвідношення «сировина – екстрагент»	$V_n$ – об'єм окремої порції екстракту, мл	$V_{n+1}$ – об'єм сумарного екстракту, мл	$\omega_n$ – сухий залишок в окремії порції екстракту $V_n$ , %	$D_n$ – вихід екстрактивних речовин %	$X_n$ – вміст суми флавоноїдів в окремії порції екстракту $V_n$ , %	$G_n$ – вміст суми флавоноїдів в сумарному екстракті $V_{n+1}$ , %
1	1:3	150	150	9,38	9,38	0,485	0,48
2	1:4	150	300	8,52	17,90	0,422	0,45
3	1:5	150	450	6,35	24,25	0,556	0,48
4	1:6	150	600	2,91	27,16	0,533	0,49
5	1:7	150	750	1,94	29,10	0,514	0,49
6	1:8	150	900	1,26	30,35	0,536	0,49
7	1:9	150	1050	0,65	31,01	0,582	0,49
8	1:10	150	1200	0,44	31,45	0,541	0,49

за співвідношення «сировина : екстрагент» 1:8. Подальше екстрагування не вважається доцільним, адже приріст сухого залишку і, відповідно, вихід екстрактивних речовин є несуттєвим.

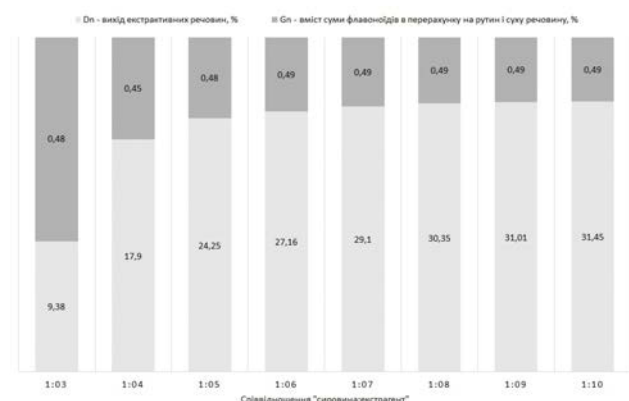


Рис. 1. Характеристика процесу фільтраційної екстракції

Витяг, одержаний за даних оптимальних умов, характеризується вмістом флавоноїдів у перерахунку на рутин і суху речовину 0,49% та виходом екстрактивних речовин 30,35%. Окрім того, ефективність методу доповнюється високою інтенсивністю процесу. Тривалість стадії для досягнення вищезазначених технологічних умов та одержання екстракту з відповідним профілем якості становить 5,5 год.

Згідно з даними експерименту із застосуванням методу ремацерації з примусовою циркуляцією екстрагента (табл. 2, рис. 2), було встановлено, що ефективність процесу виділення суми флавоноїдів у поєднанні з виходом екстрактивних речовин досягається вже за

циркуляції екстрагента протягом 120 хв. Подальша циркуляція не забезпечує приросту кількісного вмісту флавоноїдів. Після досягнення пікового значення виходу екстрактивних речовин після 2 год циркуляції, спостерігається поступове зниження даного показника.

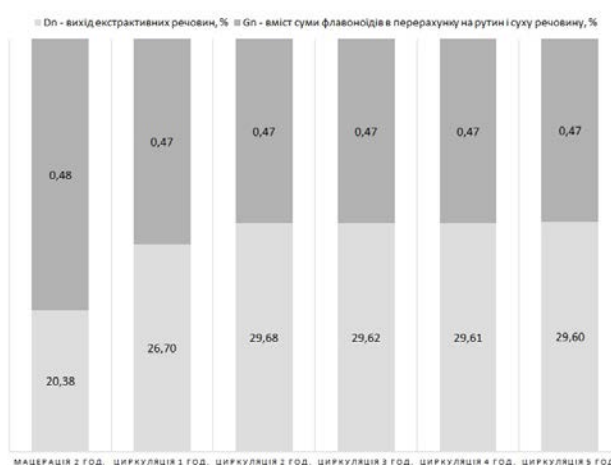


Рис. 2. Характеристика процесу ремацерації з примусовою циркуляцією екстрагента

Таким чином, оптимальними умовами екстрагування плодів глоду із застосуванням методу ремацерації з примусовою циркуляцією екстрагента є двоступенева екстракція, що включає настоювання сировини протягом 2 год (даний час гарантує максимальну деаерацію сировини) та циркуляцію свіжою порцією екстрагенту впродовж 2 год. Чиста тривалість процесу за дослідженими параметрами становить 4 год. Екстракт, одержаний за даних техноло-

Експериментальні дані екстрагування плодів глуду методом ремацерації з примусовою циркуляцією екстрагента

Зразок, n	Співвідношення «сировина – екстрагент»	$V_n$ – об'єм окремої порції екстракту, мл	$V_{1-n}$ – об'єм сумарного екстракту, мл	$\omega_n$ – сухий залишок в окремії порції екстракту $V_n$ , %	$D_n$ – вихід екстрактивних речовин %	$X_n$ – вміст суми флавоноїдів в окремії порції екстракту $V_n$ , %	$G_n$ – вміст суми флавоноїдів в сумарному екстракті $V_{1-n}$ , %
1	1:5	480	480	6,37	20,38	0,480	0,48
2	1:10	730	1210	1,30	26,70	0,449	0,47
3		730	1210	1,91	29,68	0,451	0,47
4		730	1210	1,90	29,62	0,448	0,47
5		730	1210	1,90	29,61	0,445	0,47
6		750	1230	1,85	29,60	0,432	0,47

гічних умов, характеризується вмістом флавоноїдів у перерахунку на рутин і суху речовину 0,47 та виходом екстрактивних речовин 29,68%.

**Висновки**

Визначено, що створення таких динамічних умов як постійна різниця концентрацій БАР у сировині та екстрагенті і його інтенсивна циркуляція в екстракційному середовищі спонукають інтенсифікацію масопереносу БАР в екстракт.

Установлено, що за оптимальних умов процесу фільтраційна екстракція незначною мірою є більш ефективною за виділенням суми флавоноїдів із сировини (0,49% проти 0,47%) та за виходом екстрактивних речовин (30,35% проти 29,68%).

Експериментально з'ясовано, що ремацерація з примусовою циркуляцією екстрагенту переважає

фільтраційну екстракцію за інтенсивністю процесу майже на 30%, проте для досягнення схожого профілю якості продукту потребує на 20% більших витрат екстрагента, ніж фільтраційна екстракція.

Дослідження довели перспективність застосування динамічних видів конвенційних методів екстракції. Вони гармонійно поєднують прогнозованість результату з погляду профілю якості кінцевого продукту, відносну простоту апаратурного оснащення, інтенсивність у часі, продуктивність, енергоефективність та гнучкість у селективності вибору екстрагента.

Наступним етапом досліджень буде вивчення умов екстрагування поліфенолів з інших рослинних об'єктів, дослідження компонентного складу одержаних препаратів та встановлення їх специфікації.

**ЛІТЕРАТУРА**

Evaluation of the Adsorption Properties of Nucleobase-modified Sorbents for a Solid-phase Extraction of Water-soluble Compounds / H. Murakami et al. *Talanta*. 2020. Vol. 217. 121052. DOI: 10.1016/j.talanta.2020.121052.

Colin F. Pole. New trends in solid-phase extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2003. Vol. 22, № 6. P. 362–373. DOI: 10.1016/S0165-9936(03)00605-8.

Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A Review / J. Azmir et al. *J. Food Eng.* 2013. Vol. 117, № 4. P. 426–436. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.

Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds / I. Usman et al. *International Journal of Food Properties*. 2022. Vol. 25, № 1. P. 1215–1233. DOI: 10.1080/10942912.2022.2074030.

Joseph J., Chandran G. General techniques of extraction of active constituents in herbal drugs. *World journal of pharmaceutical research*. 2020. Vol. 9, № 4. P. 1900–19008. DOI : 10.20959/wjpr20204-28863.

An Overview of Methods of Extraction, Isolation and Characterization of Natural Medicinal Plant Products in Improved Traditional Medicine Research / D. J. Fonmboh et al. *Asian Journal of Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*. 2020. Vol. 9, № 2. P. 31–57. DOI: 10.9734/ajrmp/2020/v9i230152.

Rasul M. G. Conventional Extraction Methods Use in Medicinal Plants, their Advantages and Disadvantages. *International Journal of Basic Sciences and Applied Computing*. 2018. Vol. 2, № 6. P. 10–14.

Jha A. K., Sit N. Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2022. Vol. 119. P. 579–591. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.11.019.

Dietary hawthorn-leaves flavonoids improves ovarian function and liver lipid metabolism in aged breeder hens/H. J. Dai et al. *Poultry Science*. 2021. Vol. 100, № 12. P. 101499. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101499.

Dordevic S., Cujic-Nikolic N. Hawthorn (*Crataegus* spp.) from botanical source to phytopreparations. *Natural medicinal materials*. 2021. Vol. 41, № 1. P. 63–71. DOI: 10.5937/leksir2141063d.

- Habtemariam S., Varghese G. The antidiabetic therapeutic potential of dietary polyphenols. *Curr Pharm Biotechnol*. 2014. Vol. 15, № 4. P. 391–400. DOI: 10.2174/1389201015666140617104643.
- Dahmer S., Scott E. Health effects of hawthorn. *Am Fam Physician*. 2010. Vol. 81, № 4. P. 465–468.
- Wang J., Xiong X., Feng B. Effect of crataegus usage in cardiovascular disease prevention: an evidence-based approach. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013. Vol. 2013. ID 149363. DOI: 10.1155/2013/149363.
- Effects of hawthorn seed and pulp extracts on the central nervous system / O. Can et al. *Pharm Biol*. 2010. Vol. 48, № 8. P. 924–931. DOI: 10.3109/13880200903305500.
- European Pharmacopoeia. 11th ed., Strasbourg, France: Council of Europe, 2023. P. 1549–1550.
- Державний реєстр лікарських засобів України. URL: <http://www.drlz.com.ua/ibp/ddsites/all/shlist?opendocument>
- Державна фармакопея України / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Т. 1. Харків, 2015. 1128 с.

## REFERENCES

- Murakami, H., Omiya, M., Miki, Y., Umemura, T., Esaka, Y., Inoue, Y., & Teshima, N. (2020). Evaluation of the Adsorption Properties of Nucleobase-modified Sorbents for a Solid-phase Extraction of Water-soluble Compounds. *Talanta*, 217, 121052. DOI: 10.1016/j.talanta.2020.121052.
- Colin F. Pole. (2003). New trends in solid-phase extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22 (6), 362–373. DOI: 10.1016/S0165-9936(03)00605-8.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A Review. *J. Food Eng*, 117 (4), 426–436. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014.
- Usman, I., Hussain, M., Imran, A., Afzaal, M., Saeed, F., Javed, M., A. & Saewan, S. (2022). Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1215–1233. DOI: 10.1080/10942912.2022.2074030.
- Joseph, J., & Chandran, G. (2020). General techniques of extraction of active constituents in herbal drugs. *World journal of pharmaceutical research*, 9(4), 1900–19008. DOI: 10.20959/wjpr20204-28863.
- Fonmboh, D. J., Abah, E. R., Fokunang, T. E., Herv, B., Teke, G. N., Rose, N. M., Borgia, N. N., Fokunang, L. B., Andrew, B. N., Kaba, N., Bathelemy, N., & Ntungwen, F. C. (2020). An Overview of Methods of Extraction, Isolation and Characterization of Natural Medicinal Plant Products in Improved Traditional Medicine Research. *Asian Journal of Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 9(2), 31–57. DOI: 10.9734/ajrimps/2020/v9i230152.
- Rasul, M. G. (2018). Conventional Extraction Methods Use in Medicinal Plants, their Advantages and Disadvantages. *International Journal of Basic Sciences and Applied Computing*, 2(6), P. 10–14.
- Jha, A. K., & Sit, N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 579–591. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.11.019.
- Dai, H., Lv, Z., Huang, Z., Ye, N., Li, S., Jiang, J., Cheng, Y., & Shi, F. (2021). Dietary hawthorn-leaves flavonoids improves ovarian function and liver lipid metabolism in aged breeder hens. *Poultry Science*, 10 (12), 101499. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101499.
- Dordevic, S., & Cujic-Nikolic, N. (2021). Hawthorn (*Crataegus* spp.) from botanical source to phytopreparations. *Natural medicinal materials*, 41 (1), 63–71. DOI: 10.5937/leksi2141063d.
- Habtemariam, S., & Varghese, G. (2014). The antidiabetic therapeutic potential of dietary polyphenols. *Curr Pharm Biotechnol*, 15 (4), 391–400. DOI: 10.2174/1389201015666140617104643.
- Dahmer, S., & Scott, E. (2010). Health effects of hawthorn. *Am Fam Physician*, 81 (4), 465–468.
- Wang, J., Xiong, X., & Feng, B. (2013). Effect of crataegus usage in cardiovascular disease prevention: an evidence-based approach. *Evid Based Complement Alternat Med*, 149363. DOI: 10.1155/2013/149363.
- Can, O. D., Ozkay, U. D., Oztürk, N., & Oztürk, Y. (2010). Effects of hawthorn seed and pulp extracts on the central nervous system. *Pharm Biol*, 48 (8), 924–931. DOI: 10.3109/13880200903305500.
- European Pharmacopoeia. (2023). 11th ed. Strasbourg, France: Council of Europe. P. 1549–1550.
- Derzhavnyi reiestr likarskykh zasobiv Ukrainy [State Register of Medicinal Products of Ukraine]. Retrieved from <http://www.drlz.com.ua/ibp/ddsites/all/shlist?opendocument> [in Ukrainian].
- Derzhavna Farmakopeia Ukrainy (2015). [The State Pharmacopoeia of Ukraine]. Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Medical Products. 2nd ed., Vol. 1. 1128. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 14.10.2024.  
Стаття прийнята до друку 30.10.2024.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

**Внесок авторів:**

**Добровольний О.О.** – аналіз літератури, виконання експерименту та статистичний аналіз даних, написання статті, висновки;  
**Давтян Л.Л.** – концепція і дизайн дослідження, корегування статті;  
**Соломенний А.М.** – збір даних, остаточне затвердження статті.

**Електронна адреса для листування з авторами:**

[dobrovolnyi.oleksandr@gmail.com](mailto:dobrovolnyi.oleksandr@gmail.com)