

УДК 665.5.06

doi:10.20998/2413-4295.2025.02.10

ТЕХНОЛОГІЯ CO₂ – ЕКСТРАКЦІЇ НАСІННЯ КОРІАНДРУ

П. В. ГЕТЬМАН*, О. М. ПІВЕНЬ

Кафедра Технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, УКРАЇНА

*e-mail: Pavlo.Hetman@iht.khpi.edu.ua

АНОТАЦІЯ Розглянута можливість заміни екстракту із насіння коріандру з вмістом 25–30% ефірної олії (виробництво Індія), отриманого із використанням гексану, на CO₂ екстракт, який отримується за допомогою вуглекислоти у надкритичному стані. Наразі в харчовій промисловості та, зокрема, м'ясопереробній галузі широко використовуються екстракти прянощів та трав, які мають ряд переваг у порівнянні із подрібненими прянощами. Для деяких сучасних харчових продуктів використання цілих та подрібнених прянощів взагалі може бути неприйнятним через зовнішній вигляд продукту та схильність прянощів до швидкого псування при зберіганні. Відомо, що для виробництва екстрактів спецій традиційно використовується органічні розчинники, зокрема, гексан, ацетон, діетиловий ефір. Ці екстракти спецій мають ряд недоліків, зокрема, токсичність органічних розчинників та суворі вимоги до їх залишкових кількостей у готовому продукті. Сучасні вимоги ринку, підвищена обізнаність споживачів, їх стурбованість якістю та натуральністю складових харчових продуктів потребують впровадження нових, екологічно чистих технологій отримання екстрактів, які б максимально зберігали смак та аромат вихідних прянощів при використанні абсолютно безпечних екстрагентів. Цим умовам відповідає екстракція із використанням CO₂. Як сировина був обраний сорт коріандру Янтарний з вмістом ефірної олії 2,8%, вирощений в Одеській області, Україна. Були проведені дослідження по отриманню екстрактів при відповідних інтервалах варіювання технологічних факторів CO₂-екстракції та визначений максимальний вихід екстракту. В отриманих зразках визначена кількість ефірних олій, проаналізований їх якісний та кількісний склад за допомогою газової мас-спектрометрії. Для виробництва екстракту із відповідними якісними показниками (25–30% ефірних олій, характерний смак та аромат свіжоподрібненого коріандру) були обрані раціональні параметри технології отримання CO₂ екстрактів – тиск 18 МПа, температура екстракції 45 °С, час екстракції 4 години. За таких умов отриманий вихід продукту складає 9,0%, що є економічно доцільним для переробки даної сировини. Дослідний зразок, виготовлений за цією технологією, планується використовувати у складі натуральних комплексних пряно-ароматичних сумішей для м'ясних виробів.

Ключові слова: коріандр; надкритична екстракція; ефірна олія; вуглекислота; екстракт; натуральний продукт

TECHNOLOGY OF CO₂ EXTRACTION OF CORIANDER SEED

P. GETMAN, O. PIVEN

Department of Fat and Fermentation Products Technologies, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT The possibility of replacing the coriander seed extract containing 25–30% essential oil (produced in India), obtained using hexane, with CO₂ extract, which is obtained using carbon dioxide in a supercritical state, is considered. Currently, spice and herb extracts are widely used in the food industry, and in particular in the meat processing industry, as they have a number of advantages over ground spices. For some modern food products, the use of whole and crushed spices may not be acceptable at all due to the appearance of the product and the tendency of spices to spoil quickly during storage. It is known that organic solvents, such as hexane, acetone, and diethyl ether, are traditionally used to produce spice extracts. These spice extracts have a number of disadvantages, including the toxicity of organic solvents and strict requirements for their residual amounts in the finished product. Modern market requirements, increased consumer awareness, and their concern about the quality and naturalness of food ingredients require the introduction of new, environmentally friendly technologies for extracts that would preserve the taste and aroma of the original spices to the maximum extent possible while using absolutely safe extractants. CO₂ extraction meets these conditions. As a raw material, we chose the Yantarnyi coriander variety with an essential oil content of 2.8%, grown in Odesa region, Ukraine. Studies were carried out to obtain extracts at appropriate intervals of variation of technological factors of CO₂ extraction and the maximum extract yield was determined. The amount of essential oils in the obtained samples was determined, and their qualitative and quantitative composition was analysed using gas mass spectrometry. To produce an extract with the appropriate quality parameters (25–30% essential oils, characteristic taste and aroma of freshly ground coriander), the rational parameters of the technology for obtaining CO₂ extracts were chosen: pressure 18 MPa, extraction temperature 45 °C, extraction time 4 hours. Under such conditions, the obtained product yield is 9.0%, which is economically feasible for the processing of this raw material. The trial sample produced by this technology is planned to use in the recipe of a natural complex spice and aroma mixtures for meat products.

Keywords: coriander; supercritical extraction; essential oil; carbon dioxide; extract; natural product

Вступ

У складі комплексних сумішей спецій, прянощів та їх екстрактів для харчових продуктів,

наприклад, м'ясних, використовуються, зокрема, екстракти спецій, які отримують [1,2] за допомогою органічних розчинників, водяної пари та діоксиду вуглецю. Діоксид вуглецю може використовуватись у

докритичному (рідинна екстракція) та надкритичному стані (флюїдна екстракція, при тиску більше ніж 7,33 МПа та температурі більше ніж 31,1 °С). Використання діоксиду вуглецю має такі переваги: висока чистота екстрактів без залишків розчинників; збереження термолабільних компонентів за рахунок використання відносно невисоких температур; відсутність окиснення в процесі екстракції; енергоефективність, екологічна безпека та відповідність умовам концепції сталого розвитку. Надкритична вуглекислотна екстракція, на відміну від рідинної, забезпечує селективність процесу за рахунок варіювання параметрами тиску, а також більш високий загальний вихід продукту. До недоліків надкритичної CO₂-екстракції можна віднести необхідність висококваліфікованої технологічної підтримки в процесі експлуатації та спеціальне дороге обладнання.

У сучасній харчовій промисловості широко використовуються комплексні пряно-ароматичні суміші, що містять подрібнені прянощі, їх екстракти та ефірні олії, ароматизатори. Недоліком використання натуральних подрібнених спецій є наявність видимих включень в готовому продукті (що не завжди є бажаним), можливість зараження прянощів мікотоксинами та неорганічними речовинами-ксенобіотиками та їх відповідне потрапляння у готовий харчовий продукт. Недоліками використання ефірних олій є відносно невеликий вихід із сировини та зміна профілю аромату у порівнянні із натуральними свіжоподрібненими прянощами, тому що в процесі виробництва прянощі витримують тривалий вплив гарячої водяної пари у присутності кисню повітря. Недоліками використання екстрактів (олеорезинів), які отримують за допомогою екстракції органічними розчинниками, є ризик залишку екстрагенту в екстракті та харчовому продукті, зміна профілю смаку та аромату, у порівнянні із натуральними спеціями, екологічна шкідливість виробництва [3]. Усіх цих недоліків позбавлені надкритичні CO₂-екстракти, що і спонукає виробників комплексних пряно-ароматичних сумішей все більше використовувати ці екстракти, особливо в натуральних продуктах. Заміна традиційних екстрактів, що виробляються із використанням органічних розчинників на надкритичні CO₂-екстракти відбувається як за ініціативою виробників сумішей, так і за вимогою їх клієнтів, харчопереробних виробництв, для використання у продуктах, які виробляються за концепцією «чистої етикетки» [4].

У м'ясних виробках як прянощі використовують, зокрема, коріандр. Коріандр (лат. *Coriándrum sátivum*) або кінза – трав'яниста однорічна рослина роду коріандр родини парасолькових. Коріандр походить із Південної та Малої Азії, де він вирощується й досі. Наразі цю культуру вирощують в великих масштабах також в Україні, Болгарії, Румунії, Молдові. Для екстракції використовують висушені

плоди (насіння) коріандру. Вони містять [5] 20–25% жирної олії (тригліцериди олеїнової (25–30%), ізоолеїнової (50–55%), лінолевої (10–15%), пальмітинової (3–5%), стеаринової (1–2%) та миристинової (0.5–1.0% кислот), від 1,0% до 3,0% ефірної олії (ліналоол 60–70%, камфора – 5–8%, гераніол 4–5%, альфа-пінен та інші міnorні компоненти). Ефірна олія більшою мірою відповідає за передачу аромату, а суміш нелетких тригліцеридів за смак в готовому продукті. Рідинна (докритична) CO₂-екстракція екстрагує більшою мірою тільки леткі ефірні олії, а за допомогою водно-парової дистиляції можна отримати тільки чисту ефірну олію. Надкритична CO₂-екстракція та екстракція органічними розчинниками дозволяє екстрагувати обидві, ефірну та жирну, фракції олії коріандру, забезпечуючи високий вихід екстракту коріандру. Органічні розчинники дають можливість отримувати загальний екстракт без розділення по різних фракціям, екстракція йде неселективно та можлива лише у відповідних умовах тиску та температури, характерних для даного екстрагенту. При екстрагуванні CO₂ можна варіювати параметрами тиску (від 80 до 400 атм) та температури (від 35 до 80 °С) та отримувати різні за властивостями групи речовин із коріандру. Можна підібрати параметри для отримання екстракту із заданою кількістю ефірних олій, наприклад, з метою заміни відповідного олеорезину або створити новий, унікальний продукт для розширення асортименту інгредієнтів для введення у склад натуральних комплексних пряно-ароматичних сумішей.

Дослідники із надкритичної CO₂ – екстракції коріандру [6–8] не зосереджуються на аналізі співвідношень різних фракцій речовин при різних параметрах екстракції, приділяючи увагу тільки загальному виході або підборі раціональних параметрів (питома подача екстрагенту, ступінь подрібнення сировини) для підвищення ефективності виробничого процесу.

Мета роботи

Метою роботи є встановлення раціональних технологічних параметрів процесу отримання із української сировини екстракту коріандру з відповідними органолептичними характеристиками та вмістом ефірної олії 25–30% для розробки екологічно чистої (без використання гексану) технології надкритичної CO₂-екстракції.

Виклад основного матеріалу

Виробником комплексних пряно-ароматичних сумішей використовувався олеорезин коріандру із задекларованим вмістом ефірних олій на рівні 25–30 %, виробництва Індія, який пропонується замінити на CO₂-екстракт коріандру.

Як сировина був обраний сорт коріандру Янтарний [9], вирощений в Одеській області, Україна, для якого вміст ефірної олії повинен бути не менше 2,5%. Фактичне значення для дослідної партії було 2,8%, вміст вологи 8,2%. Сировину подрібнювали на вальцовому подрібнювачі Р6-ВС.185х170 (Могильов-Подільський машинобуду-вальний завод, м. Могильов-Подольск, Україна) до фракційного складу 0,4-0,8 мм. Дослідження по отриманню екстрактів при відповідних інтервалах варіювання технологічних факторів проводили на пілотній надкритичній екстракційній установці УЕ 12.12.400-2 (ТОВ Техарм, м. Львів, Україна). Установа складається із 2-х екстракторів об'ємом по 12 л, 2-х сепараторів об'ємом по 1 л. Технологічні параметри процесу екстракції можуть варіюватися: тиск - від 7,3 МПа до 40 МПа, температура - від 35 °С до 80 °С. Кількість ефірних олій у сировині та екстрактах визначали методом гідродистиляції за Клевенджером [10]. Зовнішній вигляд установки Клевенжера зображено на рис. 1.

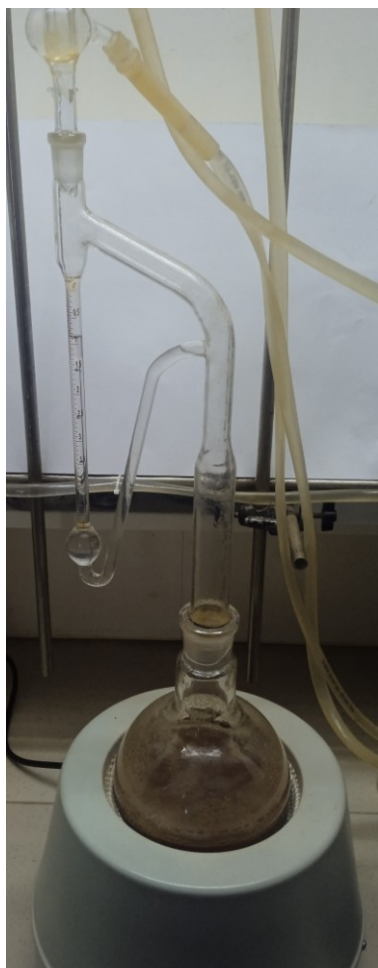


Рис. 1 – Установа Клевенжера

Вміст вологи в сировині визначали методом відгону за допомогою азеотропної дистиляції [11]. Аналіз хімічного складу проводили на газовому

хроматографі Agilent 7890A GC із мас-селективним детектором Agilent 5975С. Цей аналіз як для сировини, так і для екстрактів проводили в отриманих ефірних оліях, відібраних із насадки Клевенджера.

Відомо [12], що тиск та температура при екстракції по-різному впливають на співвідношення ефірної та жирної олій в кінцевому продукті. При підвищенні тиску забезпечується інтенсивніше екстрагування жирної олії та більший загальний вихід екстракту. Для встановлення раціональних технологічних параметрів CO₂ – екстракції при плануванні експериментів були обрані відповідні інтервали варіювання технологічних факторів. Для встановлення часу повноти екстракції, який забезпечує раціональний з економічної точки зору загальний вихід екстракту, для кожної із 4х груп параметрів перша проба відбиралась через 2 години екстракції, потім продовжували екстрагувати ту ж сировину протягом 1 години, відбирали другу пробу, потім після екстракції протягом ще однієї години відбирали третю пробу. Таким чином загальний час екстракції становив 4 години для кожної групи параметрів тиску та температури. Загальний вихід екстрактів за 4 години екстракції вираховували сумуванням кількостей екстрактів, відібраних після кожного проміжку часу по відношенню до початкової маси завантаженої сировини. Таким чином, було отримано 12 проб різних екстрактів, які аналізувались на кількісний вміст ефірних олій окремо та визначено їх хімічний склад на газовому хроматографі.

У подальшому всі 12 екстрактів були розподілені на 4 окремі групи: суміш 1.1, 1.2, 1.3 – зразок 1; 2.1, 2.2, 2.3 – зразок 2; 3.1, 3.2, 3.3 – зразок 3; 4.1, 4.2, 4.3, відповідно, зразок 4. Об'єднані зразки проаналізовані на пероксидне та кислотне число згідно із [13] та [14].

Обговорення результатів

Параметри проведених дослідів (тиск, температура, час) та отримані результати (вихід, вміст ефірних олій) представлені у табл. 1 та табл. 2.

Отримані дані свідчать про те, що при підвищенні тиску та температури підвищується загальний вихід екстрактів із відповідним зменшенням вмісту ефірної олії в них. Для усіх 4-х груп параметрів тиску та температури час екстракції 4 години є достатнім для економічної доцільності, тому що по мірі видалення екстрактивних речовин зі шроту швидкість екстракції знижується (для дослідів 3 та 4), і більш тривалий процес екстракції вже не забезпечує значного збільшення загального виходу. На відміну від попередніх дослідників [6–8] ми проаналізували усі зразки екстрактів за відповідні проміжки часу та виявили, що при відносно низьких параметрах тиску та температури (досліди 1 та 2)

вміст ефірної олії в екстракті протягом усіх 4х годин екстракції зменшується не суттєво, при більш високих тиску та температурі (досліди 3 та 4) більша кількість ефірної олії екстрагується у перші 3 години процесу. При цьому параметри дослідів 3 та 4 забезпечують відносно високий загальний вихід готового продукту, що забезпечує економічну доцільність переробки насіння коріандру.

Таблиця 1 – Параметри екстракції

№ досліду	Тиск, МПа	Температура, °C	Тривалість етапу екстракції, годин
1.1	10,0	35	2
1.2			1
1.3			1
1 (загальний)			4
2.1	14,0	40	2
2.2			1
2.3			1
2 (загальний)			4
№ досліду	Тиск, МПа	Температура, °C	Тривалість етапу екстракції, годин
3.1	18,0	45	2
3.2			1
3.3			1
3 (загальний)			4
4.1	23,0	55	2
4.2			1
4.3			1
4 (загальний)			4

Таблиця 2 – Вихід та вміст ефірних олій в отриманих екстрактах

№ досліду	Вихід, %	Вміст ефірних олій, мл/100г
1.1	2,1	53
1.2	1,0	48
1.3	1,0	43
1 (загальний)	4,1	49
2.1	3,0	40
2.2	2,5	35
2.3	2,0	33
2 (загальний)	7,5	36
3.1	5,3	33
3.2	2,5	27
3.3	1,2	7
3 (загальний)	9,0	28
4.1	7,4	22
4.2	3,1	20
4.3	1,3	6
4 (загальний)	11,8	20

Приклад хроматограми для одного із зразків наведений на рис. 2.

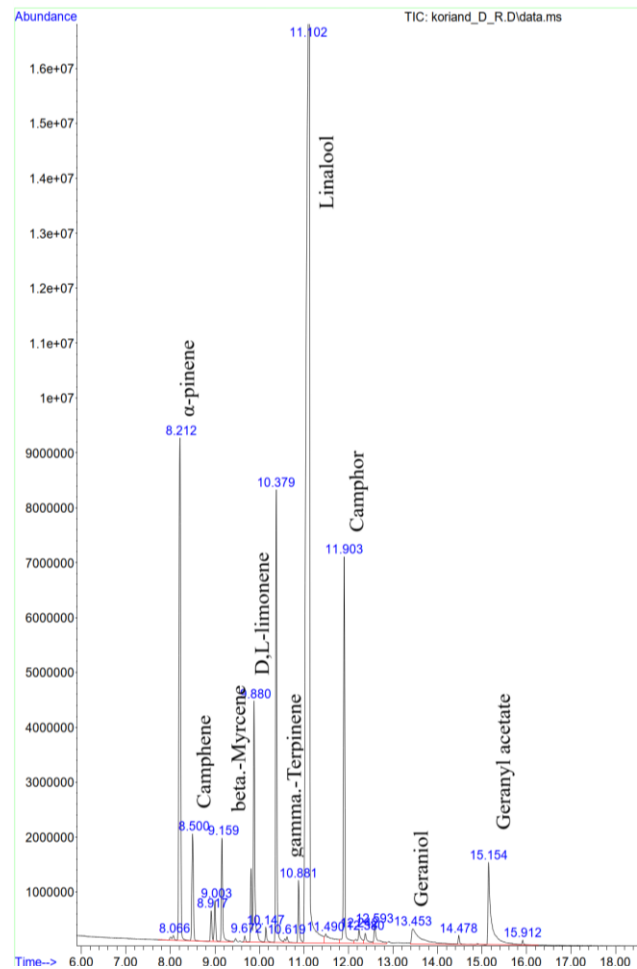


Рис. 2 – Хроматограма досліджуваного зразка

Хімічний склад, вміст основних компонентів за результатами обробки хроматограм для усіх зразків наведено в табл. 3.

Дані хроматографічного аналізу свідчать про те, що хімічний склад вихідної сировини та ефірних складових різних CO₂-екстрактів майже не відрізняється один від одного, тому можна припустити, що легкі речовини коріандру мають майже однакову розчинність у надкритичному вуглекислому газі незалежно від його тиску та температури, мають схожу спорідненість до цього екстрагенту. Відмінність у хімічному складі олеорезину коріандру у порівнянні із CO₂-екстрактами може бути обумовлена властивістю сировини іншого географічного походження.

Також, в отриманих об'єднаних зразках екстрактів визначені пероксидне та кислотне числа, які характеризують ступінь псування олієвмісних харчових продуктів. Результати наведені у табл. 4.

Таблиця 3 – Хімічний склад вихідної сировини та готових екстрактів

Зразок	Склад, %									
	α -пінен	камфен	мирцен	D, L-лімонен	γ -теріпен	ліналол	камфора	гераніол	гераніл ацетат	
насіння коріандру	15,0	2,3	2,0	5,0	7,9	50,5	7,1	2,0	3,8	
1	1.1	13,6	2,5	2,3	5,1	7,7	50,6	7,1	2,1	4,5
	1.2	14,9	2,6	2,9	5,8	8,4	48,5	6,5	1,9	3,5
	1.3	11,4	2,1	2,2	5,0	7,2	51,1	7,6	2,6	5,1
2	2.1	14,3	2,9	2,6	5,3	8,3	48,8	6,9	2,0	4,3
	2.2	12,6	2,4	2,6	5,0	8,0	49,6	6,6	3,1	4,1
	2.3	13,4	2,5	2,2	5,4	8,3	49,5	6,9	2,0	4,8
3	3.1	12,6	2,4	2,4	5,1	7,7	49,7	7,0	2,7	4,8
	3.2	13,2	2,6	2,4	5,4	8,0	49,2	7,3	2,2	4,4
	3.3	17,3	3,4	4,4	6,0	7,8	44,7	6,4	1,6	3,7
4	4.1	12,7	2,6	2,4	5,2	7,9	49,1	7,1	2,7	4,7
	4.2	12,0	2,3	2,3	5,2	7,3	50,5	7,9	2,2	5,0
	4.3	19,9	3,4	5,2	6,6	7,7	42,2	5,8	1,1	2,8
олеорезин коріандру	9,7	1,9	9,9	--	6,8	50,2	6,3	1,7	4,3	

Таблиця 4 – Пероксидне та кислотне числа в CO₂ екстрактах та олеорезині коріандру

Продукт параметри	CO ₂ екстр.					Олеорезин коріандру
	№1	№2	№3	№4		
Пероксидне число, 1/2O ммоль/кг	2,0	1,7	1,3	1,8	9,0	
Кислотне число, мг КОН/г	6,0	3,5	2,9	3,0	1,5	

На сьогодні відсутні вітчизняні та міжнародні нормативні документи на екстракти

коріандру, які б регламентували максимально допустимі значення пероксидного та кислотного чисел. Отримані результати становлять основу для подальших досліджень щодо стабільності екстрактів у процесі зберігання та оцінки їх придатності для використання у харчовій промисловості.

Зовнішній вигляд екстрактів наведено на рис. 3.



Рис. 3 – Зовнішній вигляд отриманих екстрактів

Дослідні 4 зразки екстрактів плануються використовувати у складі комплексних пряно-ароматичних сумішей для м'ясних виробів.

Висновки

У результаті проведених досліджень було виявлено вплив параметрів екстракції на ступінь вилучення ефірної олії та на вихід загального екстракту. Проаналізовано хімічний склад отриманих екстрактів та встановлено, що склад ефірних фракцій всіх екстрактів, отриманих при різних параметрах, майже не відрізняється один від одного. Показано, що раціональний час екстракції для усіх режимів екстракції складає 4 години. Як заміник олеорезину коріандру із вмістом ефірних олій 25–30 % обрано дослідний зразок № 3 із фактичним вмістом ефірних олій 28 %. Загальний вихід екстракту № 3 на рівні 9 % є економічно доцільним для переробки коріандру за технологією надкритичної CO₂-екстракції і може бути запропонована як альтернатива класичній технології з використанням гексану. Інші дослідні зразки можуть також знайти застосування в складі нових натуральних комплексних пряно-ароматичних сумішей для м'ясних виробів.

Список літератури

1. Roohinejad S., Koubaa M., Barba F. J., Leong S. Y., Khelifa, A., Greiner R. & Chemat F. Extraction methods of essential oils from herbs and spices.

Essential oils in food processing: Chemistry, safety and applications. 2017. P. 21–55. doi: 10.1002/9781119149392.ch2.

2. Sánchez-Camargo A. P., Montero L., Mendiola J. A., Herrero M. & Ibáñez E. Novel extraction techniques for bioactive compounds from herbs and spices. *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Processing, Health Benefits and Safety*. 2020. P. 95–128. doi: 10.1002/9781119036685.ch5.
3. Siddique M. A. B., Tzima K., Rai D. K., Brunton N. Conventional extraction techniques for bioactive compounds from herbs and spices. *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Processing, Health Benefits and Safety*. 2020. P. 69–93. doi: 10.1002/9781119036685.ch4.
4. Савицька Н. Л., Жугус О. В., Афанасьєва О. П., Мороз І. Є. *Маркетинг харчових продуктів: тренди та виклики. Повноцінне харчування: тренди енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія*. Харків: НАНГУ, 2020. С. 486–516.
5. Talebi S. M., Naser A., Ghorbanpour M. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils in different populations of *Coriandrum sativum* L. (coriander) from Iran and Iraq. *Food Science & Nutrition*. 2024. 12.6. P. 3872–3882. doi: 10.1002/fsn3.4047.
6. Zeković Z., Pavlić B., Cvetanović A., Đurović S. Supercritical fluid extraction of coriander seeds: Process optimization, chemical profile and antioxidant activity of lipid extracts. *Industrial Crops and Products*. 2016. № 94. P. 353–362. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.09.008.
7. Zeković Z., Bera O., Đurović S., Pavlić B. Supercritical fluid extraction of coriander seeds: Kinetics modelling and ANN optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2017. № 125. P. 88–95. doi: 10.1016/j.supflu.2017.02.006.
8. Shrirame B. S., et al. Optimization of supercritical extraction of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed and characterization of essential ingredients. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2018. 21.2. P. 330–344. doi: 10.1080/0972060X.2018.1470943.
9. ДСТУ 8007:2015 Прянощі. Коріандр. Технічні умови.
10. ISO 6571:2008 Spices, condiments and herbs. Determination of volatile oil content (hydrodistillation method). Geneva: International Organization for Standardization, 2008.
11. ДСТУ ISO 939:2008 Спеції і приправи. Визначення вмісту вологи. Метод відгону (ISO 939:1980, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2008.
12. Daga P., Vaishnav S.R., Dalmia A. et al. Extraction, fatty acid profile, phytochemical composition and antioxidant activities of fixed oils from spices belonging to Apiaceae and Lamiaceae family. *J Food Sci Technol*. 2022. 59. P. 518–531. doi: 10.1007/s13197-021-05036-1.
13. ДСТУ 4570:2006. Жири рослинні та олії. Метод визначення пероксидного числа. Київ: Держспоживстандарт України, 2006.
14. ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначення кислотного числа (ISO 660:1996, NEQ). Київ: Держспоживстандарт України, 2004.

References (transliterated)

1. Roohinejad S., Koubaa M., Barba F. J., Leong S. Y., Khelifa, A., Greiner R., Chemat F. Extraction methods of essential oils from herbs and spices. *Essential oils in food processing: Chemistry, safety and applications*, 2017, pp. 21–55, doi: 10.1002/9781119149392.ch2.
2. Sánchez-Camargo A. P., Montero L., Mendiola J. A., Herrero M., Ibáñez E. Novel extraction techniques for bioactive compounds from herbs and spices. *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Processing, Health Benefits and Safety*, 2020, pp. 95–128, doi: 10.1002/9781119036685.ch5.
3. Siddique M. A. B., Tzima K., Rai D. K., Brunton N. Conventional extraction techniques for bioactive compounds from herbs and spices. *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Processing, Health Benefits and Safety*, 2020, pp. 69–93, doi: 10.1002/9781119036685.ch4.
4. Savyt'ska N. L., Zhuhus O. V., Afanasieva O. P., Moroz I. Ye. *Marketing of food products: trends and challenges [Marketing of food products: trends and challenges]. Povnotsinne kharchuvannia: trendy enerhoefektyvnoho vyrobnytstva, zberihannia ta marketynhu: kolektyvna monohrafiia [Full-value nutrition: trends in energy-efficient production, storage and marketing: collective monograph]*, Kharkiv. NANGU, 2020, pp. 486–516.
5. Talebi S. M., Naser A., Ghorbanpour M. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils in different populations of *Coriandrum sativum* L. (coriander) from Iran and Iraq. *Food Science & Nutrition*, 2024, Vol. 12, no. 6, pp. 3872–3882, doi: 10.1002/fsn3.4047.
6. Zeković Z., Pavlić B., Cvetanović A., Đurović S. Supercritical fluid extraction of coriander seeds: Process optimization, chemical profile and antioxidant activity of lipid extracts. *Industrial Crops and Products*, 2016, no. 94, pp. 353–362, doi: 10.1016/j.indcrop.2016.09.008.
7. Zeković Z., Bera O., Đurović S., Pavlić V. Supercritical fluid extraction of coriander seeds: Kinetics modelling and ANN optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2017, no. 125, pp. 88–95, doi: 10.1016/j.supflu.2017.02.006.
8. Shrirame B. S., et al. Optimization of supercritical extraction of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed and characterization of essential ingredients. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2018, Vol. 21, no. 2, pp. 330–344, doi: 10.1080/0972060X.2018.1470943.
9. DSTU 8007:2015 Prianošchi. Koriandr. Tekhnichni umovy [Spices. Coriander. Technical specifications].
10. ISO 6571:2008 Spices, condiments and herbs. Determination of volatile oil content (hydrodistillation method), Geneva: International Organization for Standardization, 2008.
11. DSTU ISO 939:2008 Spetsii i pryprawy. Vyznachennia vmistu volohy. Metod vidhonu (ISO 939:1980, IDT) [Spices and condiments. Determination of moisture content. Distillation method], Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008.
12. Daga P., Vaishnav S. R., Dalmia A. et al. Extraction, fatty acid profile, phytochemical composition and antioxidant activities of fixed oils from spices belonging to Apiaceae and Lamiaceae family. *J. Food Sci. Technol.*, 2022, Vol. 59, pp. 518–531, doi: 10.1007/s13197-021-05036-1.
13. DSTU 4570:2006. Zhyry roslynni ta olii. Metod vyznachennia peroksydnoho chysla [Vegetable fats and

- oils. Method for determination of peroxide value], Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006.
14. DSTU 4350:2004. Olii. Metody vyznachannia kyslotnoho chysla (ISO 660:1996, NEQ) [Oils. Methods for determination of acid value], Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2004.

Відомості про авторів (About authors)

Гетьман Павло Володимирович – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра Технології жирів та продуктів бродіння; м. Харків, Україна; ORCID: 0009-0002-8597-9934; e-mail: Pavlo.Hetman@iht.khpi.edu.ua

Getman Pavlo – postgraduate student, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Department of Fat and Fermentation Products Technologies; Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0009-0002-8597-9934; e-mail: Pavlo.Hetman@iht.khpi.edu.ua

Півень Олена Миколаївна – кандидат наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувачка кафедри технології жирів та продуктів бродіння; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-6987-1504; e-mail: olena.piven@khpi.edu.ua

Piven Olena – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head of the Department of Fat and Fermentation Products Technologies; Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-6987-1504; e-mail: olena.piven@khpi.edu.ua

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Гетьман П. В., Півень О. М. Технологія CO₂ – екстракції насіння коріандру. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2025. № 2 (24). С. 71-77. doi: 10.20998/2413-4295.2025.02.10.

Please cite this article as:

Getman P., Piven O. Technology of CO₂ extraction of coriander seed. *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*. Series: *New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2025, no. 2(24), pp. 71-77, doi: 10.20998/2413-4295.2025.02.10.

Надійшла (received) 31.03.2025
Прийнята (accepted) 20.05.2025