

УДК 615.012.014

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ
З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ***Коляновська Л. М., к.т.н.,**доцент кафедри харчових технологій та мікробіології**<https://orcid.org/0000-0002-8645-3515>**Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна**<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-05>*

Предмет. Екстрагування олій з використанням розробленого апарату МХІ «Модуль». **Мета.** Наукове обґрунтування найбільш ефективних способів екстрагування рослинної олієвмісної сировини. **Методи.** Класична теорія подібності, методи теплофізичного моделювання, фізичні методи аналізу структури розчинів. **Результати.** Запропоновано удосконалення технологічної схеми екстрагування рослинних олій з використанням модульного мікрохвильового інтенсифікатора МХІ «Модуль». Проведено оцінювання показників якості отриманих екстракційних олій згідно з чинними стандартами. Результати досліджень доводять можливість використання при екстрагуванні олій із олієвмісних культур сої та ріпаку в умовах мікрохвильового поля полярного, нетоксичного та безпечнішого, у порівнянні з гексаном, розчинника – етилового спирту. **Сфера застосування результатів.** В запропонованій технологічній схемі для роботи невеликих виробництв з екстрагування олієвмісної сировини рекомендовано в якості розчинника застосовувати етиловий спирт. Також в зазначеній технологічній схемі пропонується видобуток олій нерафінованих, до яких не буде застосовано процесу дезодорації. Процес дезодорації, або «знеособлення олій» проводиться за «агресивних» для олійного середовища температур 210-240°C. Даний процес є невід'ємним в класичній технології випаровування аліфатичних розчинників (гексанів, нефрасів та ін.). Уникаючи додаткових підвищених температур та обираючи екологічний розчинник етиловий спирт, ми збільшуємо збереження біологічно-активних речовин та нативних органолептичних характеристик рослинних олій, отриманих шляхом екстрагування. Також важливим є збереження максимального природного вмісту токоферолів.

Ключові слова: екстрагування, олія, мікрохвильова обробка, розчинник, етиловий спирт, технологічна схема, екстрактор.

**IMPROVEMENT OF OIL EXTRACTION TECHNOLOGY
USING MICROWAVE INTENSIFICATION***Liudmyla Kolianovska, Ph.D.,**Associate Professor of the Department of Food Technologies and Microbiology**<https://orcid.org/0000-0002-8645-3515>**Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine**<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-05>*

Subject. Extraction of oils using the developed apparatus of the MHI "Module". **Purpose** – scientific substantiation of the most effective methods of extraction of vegetable oil-containing raw materials. **Methods.** Classical theory of similarity, methods of thermophysical modeling, physical methods of analyzing the structure of solutions. **Results.** The improvement of the technological scheme of extraction of vegetable oils by using a modular microwave intensifier MHI "Module" is proposed. An assessment of quality parameter of the obtained extraction oils in accordance with the standards in force was carried out. The research results make it possible to use ethyl alcohol, a polar, non-toxic and safer, compared to hexane, solvent, when extracting oil from oil-containing soybean and rapeseed crops under microwave conditions. **Scope of results.** In the proposed technological scheme for the operation of small-scale production facilities for the extraction of oil-containing raw materials, ethyl alcohol is recommended as a solvent. Also, the technological scheme supposes the extraction of unrefined oils,

which will not be subject to deodorization. The deodorization process, or "depersonalization of oils," is carried out at temperatures of 210-240°C, which are "aggressive" for the oil environment. This process is integral to the classical technology of evaporation of aliphatic solvents (hexanes, petroleum solvents, etc.). By avoiding additional elevated temperatures and choosing an environmentally friendly solvent, ethyl alcohol, we increase the preservation of biologically active substances and native sensorial characteristics of vegetable oils obtained by extraction. It is also important to preserve the maximum natural content of tocopherols.

Key words: extraction, oil, microwave treatment, solvent, ethyl alcohol, technological scheme, extractor.

Постановка задачі. Олійно-жирова галузь в нашій країні посідає провідне місце в агропромисловому комплексі, що пов'язано з широким впровадженням в харчову промисловість досягнень науки і техніки, всебічну інтенсифікацію виробництва і високий попит світового ринку.

Виробництво рослинних олій – одна з провідних галузей харчової промисловості країни. Основною її продукцією є рослинні олії – харчові та технічні. Харчові рослинні олії складають поряд з іншими продуктами основу раціонального харчування людини. Їх використовують в їжу як в чистому (незміненому) вигляді, так і у вигляді продуктів переробки: маргарину, кухонного жиру, майонезу та інших продуктів.

Технічні олії служать для приготування мила і миючих засобів – побутових і технічних, а також окислених олій, що використовуються для вироблення оліфи, лаків, фарб та біодизельного палива. Окремі види рослинних олій використовують для приготування мастильних засобів спеціального призначення, розчинників для лікарських препаратів, у виробництві косметичних товарів.

Велику народногосподарську цінність становлять відходи виробництва рослинних олій. Після вилучення олії з насіння – шрот – використовують як концентрований корм для худоби, як сировину для приготування харчового білку та інших продуктів.

Оболонки насіння – лузга, лушпиння – є сировиною для гідролізного виробництва, продукція якого служить джерелом для отримання різноманітних хімічних продуктів, а також грубим кормом для худоби [1].

Видобування олії із культур промислового призначення є однією із провідних галузей харчової промисловості. Екстракційний метод із майже повним вилучення цільового компоненту із сировини є безвідходною технологією. Сучасні технології екстрагування мають ряд переваг та недоліків. І жоден із існуючих на сьогоднішній день методів видобутку олій не можна і не потрібно вважати найкращим. На будь-якому рівні свого розвитку той чи інший метод відповідає потребам споживача, і те, що в одному випадку є перевагою, в іншому може бути недоліком, і навпаки. Тому питання інтенсифікації процесу екстрагування є відкритим та перспективним.

У рослинних оліях є необхідні для життєдіяльності людини кислоти: лінолева сімейства ω -6 та ліноленова сімейства ω -3, які не синтезуються в організмі людини. Важливим фактором харчової цінності рослинних олій є кількість та співвідношення цих кислот. Як свідчать дослідження в галузі медицини, в Україні співвідношення та кількість згаданих елементів у 3 рази менше необхідної норми для повноцінного харчування. Перш за все, це пов'язано із обмеженістю асортименту олій у повсякденному раціоні та обмеженістю купажованих олій. Соняшникова олія, що переважно (70%) виробляється в Україні, належить до лінолевого ряду і при цьому дуже бідна на ω -3 кислоти. Натомість, більш оптимально збалансовано незамінні кислоти в соєвій та ріпаковій (сортів канولا) оліях, насіння яких також вирощують в Україні, але практично все експортується і не надходить до вітчизняного споживача [2, 3].

Через те, що екстракційний метод й досі у технологіях видобування олій є найбільш безвідходним, а у випадку із малоолійним насінням сої – найбільш зручним та можливим, у роботі поставлено завдання інтенсифікувати поданий процес. Вивчення можливості використання електромагнітного випромінювання під час екстрагування олії із сої та

ріпаку є перспективним напрямком. Застосування мікрохвильового поля дозволить не тільки підвищити ефективність процесу, а й досягти компактності обладнання, що надасть змогу здійснювати процес екстрагування підприємствам з малою та середньою потужністю. Крім того, за рахунок використання мікрохвильового опромінення передбачається знизити витрати електричної енергії та поліпшити якість екстракційних олій. Означені проблеми визначили актуальність проведення науково-дослідної роботи з метою застосування мікрохвильової технології в процесі екстрагування олії з ріпаку та сої [4].

Основні положення статті ґрунтуються на фундаментальних працях О. Г. Бурдо [5, 6], Haizhou Li [7], Amer Ali. [8], Hure M Ю. [9], Л. Білоноги [10, 11].

Дослідження кінетики екстрагування насіння сої та ріпаку, показали, що при порівнянні інтенсивності дії розчинників під впливом МХ поля та без нього, з температурним режимом кипіння розчинників, інтенсифікуюча дія етилового спирту при екстрагуванні в МХ полі в 1,5 рази більша ніж при кипінні без впливу поля. Це пояснюється полярністю етилового спирту та основного впливу в процесі масоперенесення числа енергетичної дії, числа Бурдо [5], на противагу неполярному гексану. Дані показники дають можливість в подальшому для використання при екстрагуванні олії із сої та ріпаку в умовах мікрохвильового поля віддавати перевагу полярному, нетоксичному, більш безпечнішому (у порівнянні з гексаном) розчиннику етиловому спирту. Тому в запропонованій технологічній схемі для роботи невеликих виробництв з екстрагування олієвмісної сировини рекомендовано в якості розчинника – етиловий спирт. В даній схемі також передбачається видобування олії нерафінованої без процесу дезодорації, який проводиться при температурі 210-240°C і є необхідним для вилучення парів бензинів при традиційних технологіях. Уникнення «агресивних» температур для біологічно-активних речовин, шляхом використання розчинника етилового спирту, дасть можливість зберегти натуральний смак та аромат, притаманний даній сировині, а також досягти наукової гіпотези: максимального наближення до природного вмісту кількості видобутих складових вітаміну Е – токоферолів в отриманих зразках олії. Технологічна схема була запропонована на основі теоретичних та практичних досліджень.

Об'єкт досліджень – екстрагування олій з використанням розробленого апарату МХІ «Модуль».

Мета роботи – наукове обґрунтування найбільш ефективних способів екстрагування рослинної олієвмісної сировини.

Методи досліджень. Класична теорія подібності, методи теплофізичного моделювання, фізичні методи аналізу структури розчинів, метод тонкошарової хроматографії, експериментальне моделювання.

Результати досліджень. Для розрахунку екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором використовували метод експериментального моделювання. Такий підхід дозволяє сформулювати схему розрахунку та оптимізації процесу масоперенесення в умовах електромагнітного поля.

Параметри експериментальних досліджень, що проводились на експериментальних установках-стендах (рис. 1, 2), представлено в таблицях 1, 2. Діапазон експериментальних досліджень, що проводився на стенді 1, відображено у табл.1 [3]. Діапазон експериментальних досліджень на експериментальній напівпромисловій установці МХІ «Модуль» зазначено у табл. 2.

Основні фактори, що впливають на процес екстрагування, – розмір фракцій сировини (d , мм), наявність та величина потужності (N , Вт) імпульсного електромагнітного поля (ІЕМ поля), гідромодуль екстракту (ξ), температура (t , °C), час екстрагування (τ , с.), розчинники: спирт C_2H_5OH , гексан C_6H_{14} .

На рис. 1 представлено експериментальну установку із мікрохвильовим інтенсифікатором.

Таблиця 1

Діапазон експериментальних досліджень

Зерно	Вид сировини	Фракція	Гідромодуль	Температура, °С	Розчинник	Вплив поля імпульсної дії	Потужність, Вт	Час дослідження
Ріпак озимий сорту «Чемпіон»	Зерно	0,5 мм – ціле зерно	1:3	Від 12°С до температури кипіння розчинника	Спирт і гексан	В полі та без поля	127 Вт, 255 Вт, 425 Вт	Від 5 хв. до 24 год.
	Жмих	0,5 – 7 мм	1:3, 1:5, 1:10, 1:20					
Соя сорту «Вінничанка»	Зерно	0,5 мм – ціле зерно	1:3					
	Жмих	0,5 – 7 мм	1:3, 1:5, 1:10, 1:20					

Таблиця 2

Діапазон експериментальних досліджень на експериментальній напівпромисловій установці МХІ «Модуль»

Зерно	Вид сировини	К-сть завантаження (кг)	Фракція (мм)	Гідромодуль	Температура, °С	Розчинники	Вплив поля імпульсної дії	Потужність, Вт	Час дослідження (хв.)
Ріпак озимий сорту «Чемпіон»	Зерно	2-5	0,5	1:3-1:4	Кипіння розчинників	Спирт і гексан	З опромінюванням	800-1200	15-30
	Жмих								
Соя сорту «Вінничанка»	Зерно	2-5	0,5	1:3-1:4	Кипіння розчинників	Спирт і гексан	З опромінюванням	800-1200	15-30
	Жмих								

Згідно з схемою, яка представлена на рис. 2, насіння подрібнених олієвмісних культур подається в бункер для твердої фази 1, звідки суміш подається в екстрактор 3, який оснащений захисним кожухом і забезпечує нагрівання екстракту до необхідної температури).

В екстрактор 3 з бункера 2 подається екстрагент через дозатор 2'. В екстракторі проходить інтенсивне перемішування за допомогою мішалки 4. Також систему «тверда сировина – розчинник» піддають обробці імпульсним електромагнітним полем, що сприяє скороченню тривалості процесу екстрагування і підвищенню кількості вилучених із сировини цінних компонентів. Тривалість процесу екстрагування визначають залежно від розмірів частинок та температури екстрагування.

Систему «тверде тіло – рідина» після впливу ЕМП подають на фільтрацію для розділення твердої фази і екстракту. Екстракт після завершення фільтрації потрапляє у ємність 8 для нагрівання до необхідної температури. Щоб зменшити витрати розчинника, ємність 8 забезпечується зворотним холодильником 9.

Також запропоновано технологічну схему в якій основними елементами є екстрактор з електромагнітним інтенсифікатором, випарна установка, ректифікаційна колона, сушарка, відстійник, випарник (рис. 3).

Основні технологічні процеси в зазначеній схемі наступні: макуха олієвмісного насіння або попередньо пропущене через вальцовий прес насіння сої (як сировина, що переважно екстрагується прямою екстракцією) надходить до екстрактора з МХІ, в який додаємо розчинник спирт чи гексан.

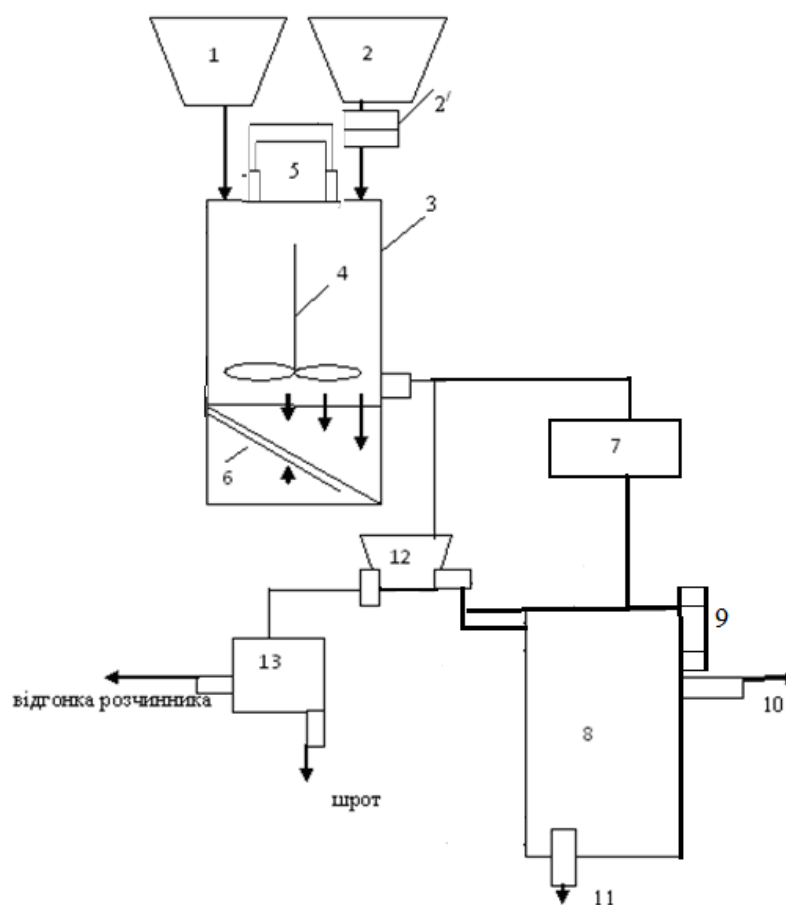
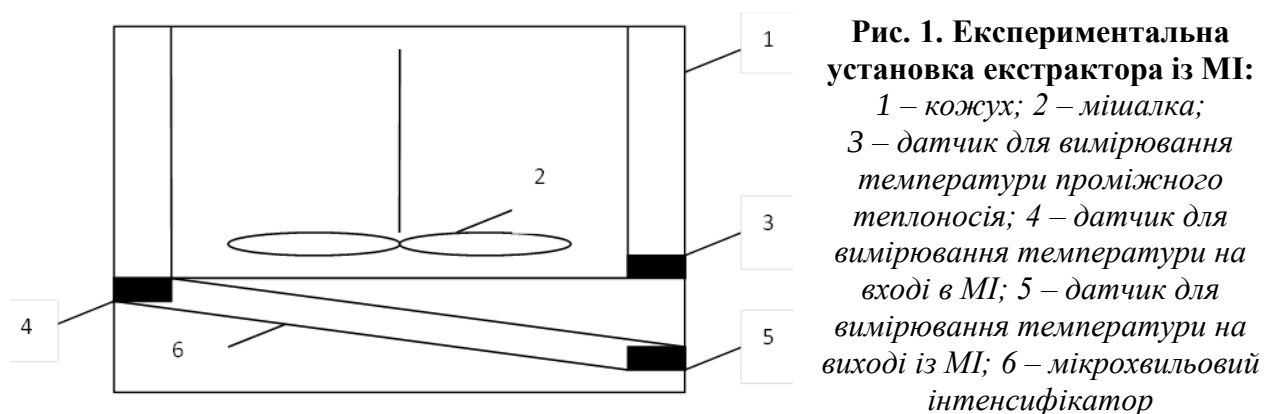


Рис. 2. Технологічна схема екстрагування олії з подрібненого олієвмісного насіння:
 1 – бункер для твердої фази; 2 – ємність з розчинником; 2' – дозатор; 3 – екстрактор;
 4 – мішалка; 5, 9 – зворотній холодильник; 6 – електромагнітний інтенсифікатор;
 7 – ємності для відбору проб; 8 – випарна установка; 10 – розчинник;
 11 – олія (готовий продукт); 12 – фільтр для розділення екстракту;
 13 – бункер для шроту (випарний апарат).

Після проведення екстрагування олії суміш зливається в бункер шнекового преса. До екстракційної ємності знову завантажується підготовлена сировина і розчинник, процес екстрагування відбувається знову. Місцела – розчин екстрактивних речовин та розчинника, накопичується у відстійній колоні, де відбувається розділення олії від спирту протягом доби. Розділення відбувається мимовільно, так як етиловий спирт за 20°C не змішується із рослинними оліями. З охолодженням місцели при її відстоюванні слід відмітити чітке розділення олії та спирту. Після відділення олії від спирту проводимо

роздільне зливання. Із олії додатково видаляємо розчинник в роторно-вакуумному дисковому випарнику. Олію, яку отримували за допомогою розчинника типу нафроз – гексану, без відстоювання направляємо на випарювання, оскільки зазначені розчинники навіть при низьких температурах не розділяється з олією. Характеристики роторно-вакуумного дискового випарнику: температура теплоносія в теплому кожусі – 70-75°C, а остаточний вакуум – 0,5 мПа. Випарювання за вищих температур спричинить зменшення біологічно активних речовин в продукті.

Після закінчення процесу відстоювання розчинник надходить на наступний цикл процесу екстрагування. Дослідження екстрагування зразків насіння сої та ріпаку показали, що розчинник після відстоювання можна використовувати доти, доки його концентрація не знизиться до 88-90%. Ресурсозберігаючими вторинними продуктами процесу екстрагування в запропонованій технологічній схемі є розсоли (кубовий залишок), які охолоджуються, і з них отримуються фосфоліпіди, що є основними складовими біологічних мембран, гліколіпіди, які є складовими усіх плазматичних мембран – плівка, що відділяє клітину від зовнішнього середовища. При цьому складова вмісту фосфоліпідів в середньому складає 0,012-0,015 г/л.

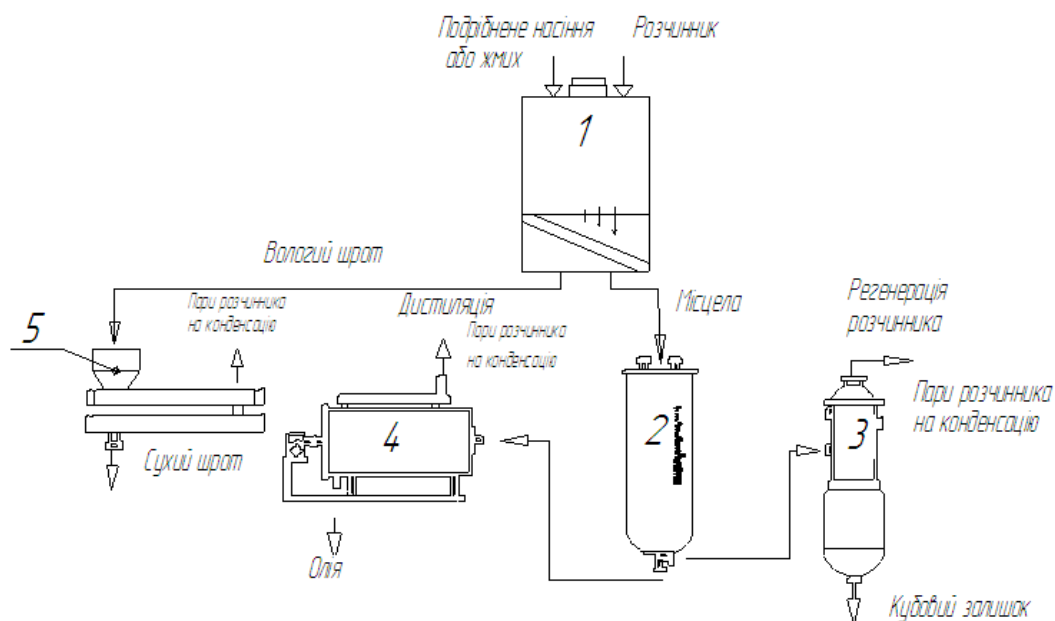


Рис. 3. Технологічна лінія для вилучення олії із насіння сої та ріпаку:

1 – вальцьовий прес; 2 – екстрактор з МХ інтенсифікатором; 3 – шнековий прес;
4 – відстійник; 5 – випарник; 6 – ректифікаційна колона; 7 – сушарка

З постійним відведенням парів розчинника у шнековій сушарці при температурі 50°C висушується вологий шрот.

Отримані зразки олії було досліджено в лабораторії Вінницького олійно-жирового комбінату. Важливим показником отриманих зразків ріпакової та соєвої олії є їх хімічний склад.

Після розділення комплексу екстрактивних речовин на вільні жирні кислоти і нейтральні речовини проводилась ідентифікація їх складу і кількісне визначення груп речовин і індивідуальних сполук методом газорідинної хроматографії (ГРХ).

Вільні кислоти за даними дослідження складають від 22 до 27% від суми екстрактивних речовин. Методом тонкошарової хроматографії було встановлено, що вони являють собою вищі жирні кислоти, склад яких визначали за допомогою методів газорідинної хроматографії.

Усереднені результати ідентифікації жирокислотного комплексу вільних кислот екстракту представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння вмісту масової частки жирних кислот

Масова частка жирних кислот (відносна),%	гексан	спирт
Тетрадеканова (C 14:0)	0,1	0,2
Пентадеканова (C 15:0)	0,1	0,1
Гексадеканова (C 16:0)	13,7	16,8
Гексадеценова (C16:1)	0,4	0,4
Гептадеканова (C 17:0)	0,1	0,1
Октадеканова (C 18:0)	3,0	3,5
цис 9-Октадеценова (с9-C 18:1)	24,0	25,0
цис 11-Октадеценова (с11-C 18:1)	1,43	1,3

Результати досліджень зразків на відповідність вимогам «ДСТУ 4534:2006 Олія соєва. Технічні умови» та «ДСТУ 46.072:2005 Олія ріпакова. Технічні умови» представлено у табл. 4.

Таблиця 4

Відповідність досліджуваних зразків олій вимогам державних стандартів України

Показники	Ріпакова олія (дослідні зразки)	ДСТУ 46.072:2005 Ріпакова олія	Соєва олія (дослідні зразки)	ДСТУ 4534:2006 Олія соєва
Кислотне число, мг КОН/г	3,9...4,0	не більше 6,0	4,0...4,2	не більше 6,0
Масова частка води та летких речовин	0,24...0,25	не більше 0,25	0,19...0,2	не більше 0,2
Перекисне число, 1/SO ммоль/кг	8,9...9,0	не більше 10,0	9,1...9,3	не більше 10,0
Масова частка фосфоровмісних речовин в перерахунку на стеаролецитин, %	1,8...1,9	не більше 2,0	4...4,4	не більше 6,0
Масова частка ерукової кислоти, %, до суми жирних кислот	0,8...0,9	не більше 2,0	-	-

Ефективність використання нестандартного для даного процесу полярного розчинника етилового спирту підтверджено результатами рідинної хроматографії високороздільної здатності, які показують, що під дією електромагнітного поля даний розчинник інтенсифікує виділення з насіння ріпаку та сої крім жирних кислот біологічно активних речовин, зокрема токоферолів $C_{29}H_{50}O_2$ (табл. 5).

Таблиця 5

Вміст токоферолів у зразках ріпакової та соєвої олій

Олія	Вміст загальних токоферолів після екстрагування в МХ інтенсифікаторі, мг%	Вміст загальних токоферолів після класичного екстрагування, мг%	Ізомерні форми, % загального вмісту токоферолів		
			α	β	$\gamma+\delta$
Ріпакова	83...92	48...51	26	74	-
Соєва	186...201,2	134...137	12	69	19

Вміст токоферолів у досліджуваних зразках олій, отриманих під впливом МХІ, є в 1,5-1,8 рази більшим ніж у оліях, отриманих традиційним методом. Зазначений результат пов'язаний з впливом переважаючих бародифузійних технологій, які суттєво стимулюють вихід крупних молекул та з'єднань із капілярно-пористої структури олійного насіння сої та ріпаку.

Критерієм загальної комплексної оцінки ефективності впровадження розробленого мікрохвильового інтенсифікатора стало визначення представленого варіанту на відповідність його рівню, а також було проведено визначення доцільності його впровадження та використання у харчовому виробництві.

Для визначенні доцільності впровадження та експлуатації у виробництві МХІ «Модуль» для екстрагування досліджуваних ріпакової та соєвої олій в основу розрахунків покладено комплексну енергетичну оцінку ефективності технологій і технічних засобів, виконану за типовими методиками.

За аналогом було взято технологію виробництва екстрактора УЕЛ – 1. Зазначений екстрактор забезпечує екстракційне вилучення різноманітних речовин з використанням зрідженого діоксиду вуглецю в області тисків до 40 МПа і температур до 80°C. Дані порівняльної характеристики наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

**Порівняльна характеристика
розробленого екстрактора з МХІ та екстрактора УЕЛ – 1**

Марки пілотних установок	Встановлена потужність, кВт	Споживана потужність, кВт	Питома кількість теплоти, МДж/кг	Час екстрагування 1 парт., хв.
УЕЛ – 1	7,5	3,1	1,2	30 хв.
Екстрактор з МХІ	3	1,2	0,4	15 хв.

Всі розрахунки порівняльного аналізу техніко-економічних показників запропонованої та базової технології відображено в таблиці 7.

Таблиця 7

Економічна ефективність проекту екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором

Показники	Розмірність	Існуюча установка УЕЛ-1	Проектна установка МХІ «Модуль»
Продуктивність	кг/год. кг/зм.	15 97,5	20 130
Основні експлуатаційні витрати	грн.	108234,8	84317,5
Ефект від збільшення продуктивності	грн.	-	43012,5
Ефект від економії енерговитрат	грн.	-	23917,3
Загальний економічний ефект	грн.	-	66929,8
Термін окупності	роки	-	1,25

Проведені розрахунки та експлуатаційні дані експериментів показали, що питомі витрати енергії на 1 кг олій в екстракторі з мікрохвильовим інтенсифікатором майже в 3 рази менші ніж у промисловому екстракторі УЕЛ – 1, що працює з використанням зрідженого діоксиду вуглецю.

Запропонована експериментальна конструкція є модулем, тому при збільшенні ємкості робочої камери, кількості магнетронів, а також кількості модулів даного класу можна значно підвищити ефективність процесу екстрагування.

Висновки. Розроблено технологічну схему екстракційного отримання олії з насіння олійємісних промислових культур, яку можна використовувати на невеликих підприємствах.

Розроблено проект промислового екстрактора безперервної дії «Модуль» для системи «тверде тіло – розчинник» на основі конструктивних та технологічних параметрів напівпромислової періодичної моделі екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором. На розробленій установці було отримано зразки олій, що відповідали вимогам ДСТУ (табл. 4, 5), а також було в 1,5-1,8 разів збільшено кількість цінного компоненту вітаміну Е – токоферолу, завдяки інтенсифікації процесу мікрохвильовим полем та розробленій технологічній схемі.

Порівняльна характеристика проекту екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором з відомим екстрактором, що працює з використанням зрідженого діоксиду вуглецю в області тисків до 40 МПа, показала, що питомі витрати енергії на 1 кг олії в розробленому екстракторі майже в 3 рази менші ніж у промисловому екстракторі УЕЛ-1.

Бібліографія

1. Друкований М. Ф., Бандура В. М., Коляновська Л. М., Паламарчук В. І. Удосконалення теплотехнологій при виробництві олії та біодизельного повного. Монографія. Вінниця, РВВ ВНАУ, 2014. 254 с.
2. Коляновська Л. М. Удосконалення технології виробництва екстракції олії. Наукові праці Національного університету харчових технологій. К.: НУХТ, 2016. Том 22 №6. С.206-213.
3. Коляновська Л. М. Підвищення якості рослинних олій при екстрагуванні етиловим спиртом з інтенсифікацією надвисокочастотної енергії. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького, 2016. Том 18 № 1 (65). Ч. 4. С. 75-80.
4. Бандура В. М., Коляновська Л. М. Обробка експериментальних даних процесу екстрагування рослинних олій мікрохвильовим полем. Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. Одеса: ОНАХТ, 2013. Вип. 43. Том 2. С. 66-69.
5. Бурдо О. Г. Світличний П. І., Буйвол С. М. Екстрагування олії з насіння амаранта в електромагнітному полі. Матеріали збірник «Мікрохвильові технології у народному господарстві. Впровадження. Проблеми. Перспективи». Вип. 7–8 під редакц. академіка МАІ Л. Г. Калініна. М-во агрополітики України. Південна філ. відділ. пром радіоелектроніки МАІ. К. Одеса, 2009. С. 33–37.
6. Бурдо О. Г., Буйвол С. М., Бандура В. М. Кінетика процесу екстрагування в електромагнітному полі. Зб. наук. пр. ОНАХТ. 2010. Вип. 38, т. 2. С. 330–333.
7. Haizhou Li. Ultrasound and Microwave Assisted Extraction of Soybean Oil : A Thesis Presented for the Master of Science Degree. 2002. 67 p.
8. Amer Ali. Scrutiny of Microwave Essential Oil Extraction. Malaysia Technology University. 2003. 7 p.
9. Hupe M. Effects of moisture content in cigar tobacco on nicotine extraction – similarity between Soxhlet and focused open-vessel microwave-assisted techniques. 2003. № 1–2. P. 213–219.
10. Білонога Ю. Л., Драчук У. Р. Інтенсифікація екстрагування ронідази із застосуванням поверхнево-активних речовин (ПАР). Інтегровані технології та енергозбереження. Х., 2010. № 3. С. 111–116.
11. Білонога Ю. Л., Драчук У. Р. Вплив гідродинамічних показників та інтенсивність екстрагування органопрепаратів. Наукові праці ОНАХТ Одеса, 2010. № 37. С. 69–73.

References

1. Drukovanij, M. F., Bandura, V. M., Kolianovska, L. M., Palamarchuk, V. I. (2014). Udoshkonalennia teplotekhnolohii pry vyrobnytstvi olii ta biodyzelnoho palnoho. Monohrafiia. [Improvement of heat technologies in the production of oil and biodiesel. Monograph]. Vinnytsia, RVV VNAU. 254 P. [in Ukrainian].
2. Kolianovska, L. M. (2016). Udoshkonalennia tekhnolohii vyrobnytstva ekstraktiinykh olii. [Improvement of oil extraction production technology]. Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii. K.: NUKhT. [Scientific works of the National University of Food Technologies. K.: NUFT]. Vol. 22 №6. P.206-213. [in Ukrainian].

3. Kolianovska, L. M. (2016). Pidvyshchennia yakosti roslynnykh olii pry ekstrahuvanni etylovym spyrtom z intensyfikatsiieiu nadvysokochastotnoiu enerhiieiu. [Improving the quality of vegetable oils during extraction with ethyl alcohol with the intensification of ultra-high-frequency energy]. Grzycki, Naukovi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho. [Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S.Z.]. Vol. 18 № 1 (65). Ch. 4. P. 75-80. [in Ukrainian].
4. Bandura, V. M., Kolianovska, L. M. (2013). Obrobka eksperymentalnykh danykh protsesu ekstrahuvannia roslynnykh olii mikrokhvylovym polem. [Processing of experimental data of the process of extraction of vegetable oils by a microwave field]. Zbirnyk naukovykh prats Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii. Odesa: ONAKhT. [Collection of scientific works of the Odesa National Academy of Food Technologies. Odesa: ONAFT]. Rel. 43. Vol. 2. P. 66-69. [in Ukrainian].
5. Burdo, O. H. Svetlichnyi, P. I., Buivol, S. M. (2009). Ekstrahuvannia olii z nasinnia amarantu v elektromahnitnomu poli. [Extraction of oil from amaranth seeds in an electromagnetic field]. Materialy zb. «Mikrokhvylovi tekhnolohii u narodnomu hospodarstvi. Vprovadzhennia. Problemy. Perspektyvy». [Materials of the collection "Microwave technologies in the national economy. Implementation. Problems. Prospects"]. Rel. 7–8 pid red. akad. MAI L. H. Kalinina. M-vo ahropolityky Ukrainy. Pivdenna fil. vid-nia prom. radioelektroniky MAI. K. Odesa. P. 33–37. [in Ukrainian].
6. Burdo, O. H., Buivol, S. M., Bandura, V. M. (2010). Kinetyka protsesu ekstrahuvannia v elektromahnitnomu poli. [Kinetics of the extraction process in an electromagnetic field]. Zb. nauk. pr. ONAKhT. [Collection of scientific papers of ONAFT]. № 38, V. 2. P. 330–333. [in Ukrainian].
7. Haizhou, Li. (2002). Ultrasound and Microwave Assisted Extraction of Soybean Oil : A Thesis Presented for the Master of Science Degree. 67 p.
8. Amer, Ali. (2003). Scrutiny of Microwave Essential Oil Extraction. Malaysia Technology University. 7 p.
9. Hupe, M. (2003). Effects of moisture content in cigar tobacco on nicotine extraction – similarity between Soxhlet and focused open-vessel microwave-assisted techniques. № 1–2. P. 213–219.
10. Bilonoha, Yu. L. Drachuk, U. R. (2010). Intensyfikatsiia ekstrahuvannia ronidazy iz zastosuvanniam poverkhnevo-aktyvnykh rechovyn (IIAP). [Intensification of rhonidase extraction using surfactants. (US)]. Intehrovani tekhnolohii ta enerhoberezhennia. Kh. [Integrated technologies and energy saving. Kharkiv]. № 3. P. 111–116. [in Ukrainian].
11. Bilonoha, Yu. L. Drachuk, U. R. (2010). Vplyv hidrodynamichnykh pokaznykiv ta intensyvniat ekstrahuvannia orhanopreparativ. [Influence of hydrodynamic parameters and intensity of extraction of organopreparations]. Naukovi pratsi ONAKhT. Odesa. [Scientific works of ONAFT Odesa], № 37. P. 69–73. [in Ukrainian].