

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ

NATIONAL ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF FOOD RESOURCES

ПРОДОВОЛЬЧИ РЕСУРСИ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

FOOD RESOURCES
COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

Том 11 (2023), № 20

Kyiv – 2023

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту продовольчих ресурсів НААН
12 червня 2023 року (протокол № 5)

Засновник: Інститут продовольчих ресурсів НААН
Свідоцтво про державну реєстрацію – серія КВ №19800-9600Р від 29.03.2013

Збірник внесено до категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата з *технічних* та *економічних* наук (наказ МОН від 17.03.2020 № 409).

Представлено публікації експериментальних, оглядових і методичних статей з питань наукового забезпечення розвитку харчової промисловості, біотехнології, зберігання та переробки продукції рослинництва і тваринництва, економіки агропромислового комплексу. Розглянуто актуальні теоретичні й практичні проблеми розвитку харчової промисловості України і перероблення сільськогосподарської сировини в умовах ринкових перетворень. Досліджено та узагальнено соціально-економічні, структурні, інноваційно-технологічні й екологічні аспекти діяльності харчової промисловості, її галузей і підгалузей в Україні та окремих регіонах. Запропоновано заходи щодо підвищення ефективності й конкурентоспроможності, вдосконалення науково-технічного і фінансового забезпечення розвитку харчової та переробної промисловості на вітчизняному й світовому ринках.

Для наукових працівників, спеціалістів, представників державних органів управління економікою.

Адреса редакційної колегії:

Інститут продовольчих ресурсів НААН
вул. Є.Сверстюка, 4-А, м. Київ, Україна, 02002
+38 (044) 517-17-16, iprinform@ukr.net

ISSN 2616-7204 print
ISSN 2616-809X online

© Інститут продовольчих ресурсів НААН, 2023

Редакційна колегія:

Хомічак Любомир Михайлович (головний редактор), д.т.н., професор, член-кореспондент НААН, Інститут продовольчих ресурсів НААН

Сичевський Микола Петрович (науковий редактор), д.е.н., професор, академік НААН, Національна академія аграрних наук України

Вербицький Сергій Борисович (відповідальний редактор), к.т.н., Інститут продовольчих ресурсів НААН

Баль-Прилипка Лариса Вацлавівна, д.т.н., професорка, Національний університет біоресурсів та природокористування України

Бісько Ніна Анатоліївна, д.б.н., професорка, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного

Даниленко Світлана Григорівна, д.т.н., с.н.с, Інститут продовольчих ресурсів НААН

Дейнеко Людмила Вікторівна, д.е.н., професорка, Інститут економіки та прогнозування НАН України

Діброва Анатолій Дмитрович, д.е.н., професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Калетнік Григорій Миколайович, д.е.н., професор, академік НААН, Вінницький національний аграрний університет

Кваша Сергій Миколайович, д.е.н., професор, академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Коваленко Ольга Володимирівна, д.е.н., с.н.с., Інститут продовольчих ресурсів НААН

Ковбаса Володимир Миколайович, д.т.н., професор, Національний університет харчових технологій

Копилова Катерина В'ячеславівна, д.с.-г.н., с.н.с., Інститут розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця

Кропивко Максим Михайлович, д.е.н., с.н.с., Національна академія аграрних наук України

Кузнєцова Інга Вадимирівна, д.с.-г.н., с.н.с., Інститут продовольчих ресурсів НААН

Лузан Юрій Якович, д.е.н., професор, академік НААН, Інститут продовольчих ресурсів НААН

Лупенко Юрій Олексійович, д.е.н., професор, академік НААН, ННЦ «Інститут аграрної економіки НААН»

Маринченко Лоліта Вікторівна, к.б.н., доцентка, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науменко Оксана Василівна, д.т.н., с.н.с, Інститут продовольчих ресурсів НААН

Олійнічук Сергій Тимофійович, д.т.н., с.н.с, Інститут продовольчих ресурсів НААН

Павлов Олександр Іванович, д.е.н., професор, Одеський національний технологічний університет

Поліщук Галина Євгеніївна, д.т.н., професорка, Національний університет харчових технологій

Романчук Ірина Олегівна, д.т.н., с.н.с., Інститут продовольчих ресурсів НААН

Sabovics Martins (Латвія), Dr.sc.ing, Латвійський університет сільського господарства

№	З М І С Т	
ТЕХНІЧНІ НАУКИ		
1	<p>THE ROLE OF PLANT COMPONENTS IN IMPARTING FUNCTIONAL PROPERTIES TO RESTRUCTURED MEAT PRODUCTS [РОЛЬ РОСЛИННИХ КОМПОНЕНТІВ У НАДАННІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕСТРУКТУРОВАНИМ М'ЯСНИМ ПРОДУКТАМ] <i>Borsoliuk L., Verbytskyi S.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-01</p>	
2	<p>EFFECT OF MAGNETIC FIELD AND ENVIRONMENTAL PH ON THE SORPTION EFFICIENCY OF CELLS OF THE GENUS LACTOBACILLUS [ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ТА PH СЕРЕДОВИЩА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СОРЕЦІЇ КЛІТИН РОДУ LACTOBACILLUS] <i>Danylenko S., Chalenko M., Marynchenko L., Potemka O., Reshetniak L.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-02</p>	
3	<p>EFFICIENCY OF SOURDOUGHS OF SPONTANEOUS FERMENTATION FROM CEREAL FLOUR IN BAKERY TECHNOLOGIES [ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАКВАСОК СПОНТАННОГО БРОДІННЯ З БОРОШНА КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГІЯХ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ] <i>Mykhonik L., Hetman I., Naumenko O.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03</p>	
4	<p>ВПЛИВ УМОВ ФЕРМЕНТАЦІЇ НА ВЛАСТИВОСТІ МОЛОКОВМІСНОГО ПРОДУКТУ З КОМБІНОВАНИМ СКЛАДОМ ЖИРОВОЇ ФАЗИ [INFLUENCE OF FERMENTATION CONDITIONS ON DAIRY PROPERTIES A PRODUCT WITH A COMBINED FAT PHASE COMPOSITION] <i>Андреус С. М., Романчук І. О., Рудакова Т. В., Наріжний С. А.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-04</p>	
5	<p>УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ [IMPROVEMENT OF OIL EXTRACTION TECHNOLOGY USING MICROWAVE INTENSIFICATION] <i>Коляновська Л. М.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-05</p>	
6	<p>АЙВА – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ [QUINCE IS A PROSPECTIVE RAW MATERIAL FOR INDUSTRIAL PROCESSING] <i>Левківська Т.М., Душак О. В.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-06</p>	
7	<p>ХАРЧОВА ДОБАВКА ГЛУТАМАТ НАТРІЮ [E621]: ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ [FOOD ADDITIVE MONOSODIUM GLUTAMATE [E621]: PROSPECTS FOR USE IN THE FOOD INDUSTRY AND IMPACT ON THE HUMAN BODY] <i>Морозова Л. П.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-07</p>	
8	<p>ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ МОРКВИ ПОСІВНОЇ (<i>DAUCUS CAROTA L. VAR. SATIVUS</i>). ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ [STUDY OF CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY CARROTS (<i>DAUCUS CAROTA L. VAR. SATIVUS</i>). LITERATURE REVIEW]</p>	

	<i>Морозова Л. П.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-08	
9	ХЛІБОПЕКАРСЬКІ ЗАКВАСКИ З ПРОТИГРИБКОВОЮ ДІЄЮ [BAKERY SOURDOUGHS WITH ANTIFUNGAL EFFECT] <i>Науменко О. В., Червінський В. О.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-09	
10	ВИКОРИСТАННЯ НЕХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВИДІВ БОРОШНА У ХЛІБОПЕЧЕННІ [USE OF NON-BAKERY TYPES OF FLOUR IN BAKERY] <i>Овсієнко С. М., Науменко О. В.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-10	
11	ВПЛИВ РОЗМІРУ ФРАКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНОПЕЛЬ [INFLUENCE OF SIZE FRACTION AND PARAMETERS OF WORKING EQUIPMENT ON INDUSTRIAL HEMP SEEDS SHELLING] <i>Петраченко Д. О., Коропченко С. П.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-11	
12	ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАКТАЗНОЇ АКТИВНОСТІ ЗАКВАШУВАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ У МОЛОЧНИХ СУМІШАХ НА ОСНОВІ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ [STUDY OF LACTASE ACTIVITY OF STARTER CULTURES IN MILK MIXTURES BASED ON SECONDARY MILK RAW MATERIALS] <i>Романчук І. О., Моїсєєва Л. О., Мінорова А. В., Рудакова Т. В., Крушельницька Н. Л.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-12	
13	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ ЧАСТИНОК ДЛЯ СУСПЕНЗІЙ ПРОМІЖНИХ ПРОДУКТІВ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА [ANALYSIS OF THE METHODS OF RESEARCHING THE DISPERSED COMPOSITION OF PARTICLES FOR SUSPENSIONS OF INTERMEDIATE PRODUCTS OF SUGAR PRODUCTION] <i>Стичинський Є. В., Ткаченко С. В., Хомічак Л. М., Зайчук Л. П.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-13	
14	ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ЖЕЛЕЙНОГО ДЕСЕРТУ НА ОСНОВІ СИРОВАТКИ [FEATURES OF WHEY-BASED JELLY DESSERT TECHNOLOGY] <i>Фабіянська О. Л.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-14	
15	ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ОБРОБЛЕННЯ КРОХМАЛЮ [RESEARCH OF TEMPERATURE TREATMENT OF STARCH] <i>Хомічак Л. М., Кузнєцова І. В., Касамара А. С.</i> Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-15	
ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ		
16	IMPLEMENTATION OF THE GOALS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT TO ENSURE FOOD SECURITY OF UKRAINE AND THEIR CORRESPONDENCE WITH THE STRATEGIC TASKS OF THE STATE [РЕАЛІЗАЦІЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ ТА ЇХ ВІДПОВІДНІСТЬ СТРАТЕГІЧНИМ ЗАВДАННЯМ ДЕРЖАВИ] <i>Voznesenska N.</i> https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-16	

17	<p>ПРОБЛЕМИ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ПРОДОВОЛЬЧОГО РИНКУ В КРИЗОВИХ В УМОВАХ <i>PROBLEMS OF STATE REGULATION AND PROTECTION OF THE FOOD MARKET AMID CRISIS</i> Бокій О. В. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-17</p>	
18	<p>СТРУКТУРНО-ДИНАМІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ УКРАЇНИ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД <i>[STRUCTURAL AND DYNAMIC TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SMALL ENTERPRISES FOOD INDUSTRY OF UKRAINE IN THE PRE-WAR PERIOD]</i> Варченко О. М., Крисанов Д. Ф., Варченко О. О. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-18</p>	
19	<p>ІДЕНТИФІКАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ПРОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО МАРКЕТИНГУ Е-ТОРГІВЛІ <i>[IDENTIFICATION OF TOOLS FOR THE PROMOTION OF INNOVATIVE MARKETING IN E-COMMERCE]</i> Гамова І. В. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-19</p>	
20	<p>ТРАНСФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОДОВОЛЬЧИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ <i>[TRANSFORMATION OF GLOBAL FOOD SUPPLY CHAINS IN THE CONTEXT OF WAR IN UKRAINE]</i> Коваленко О. В., Кириченко А. В. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-20</p>	
21	<p>КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ЦИКЛІЧНОГО РОЗВИТКУ РИНКУ ЦУКРУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ <i>[CONCEPTUAL MODEL OF THE CYCLICAL DEVELOPMENT OF THE SUGAR MARKET IN UKRAINE AND THE WORLD]</i> Коваленко О. В., Яценко Л. О. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-21</p>	
22	<p>ПРОБЛЕМИ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ВИРОБНИКІВ ПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ <i>[PROBLEMS OF FINANCIAL STABILITY OF FOOD PRODUCERS]</i> Митченко О. О., Куць О. І. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-22</p>	
23	<p>ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РИНКОВИХ ВІДНОСИН В УКРАЇНІ <i>[THEORETICAL BASIS OF STATE REGULATION OF MARKET RELATIONS IN UKRAINE]</i> Сало І. А., Стенура Л. О., Івановський А. В. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-23</p>	
24	<p>РОЛЬ ОСОБИСТИХ СЕЛЯНСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ В ПРОДОВОЛЬЧОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НАСЕЛЕННЯ: СОЦІОЕКОНОМІЧНИЙ ЗРІЗ <i>[THE ROLE OF PERSONAL PEASANT FARMS IN FOOD SECURITY OF THE POPULATION: SOCIO-ECONOMIC SECTION]</i> Слободенюк О. І., Присяжнюк Н. М., Хахула Л. П., Свиноус Н. І., Ніконенко О. А. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-24</p>	
25	<p>«ЗЕЛЕНА ЕКОНОМІКА» – ОСНОВА ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ <i>«GREEN ECONOMY» IS THE BASIS OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT</i></p>	

	<p><i>OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF UKRAINE</i> Хахула Б. В. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-25</p>	
26	<p>ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОЛОЧНОГО СКОТАРСТВА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ <i>[ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC FUNDAMENTALS OF THE FUNCTIONING OF DAIRY CATTLE BREEDING UNDER THE CONDITIONS OF THE MARITAL STATE IN UKRAINE]</i> Шуст О.А., Свиноус І. В., Ібатулін М. І., Сіра Ю. В., Артімонова І. В. https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-26</p>	

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 канола) 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], Нуре М 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 етилового 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.

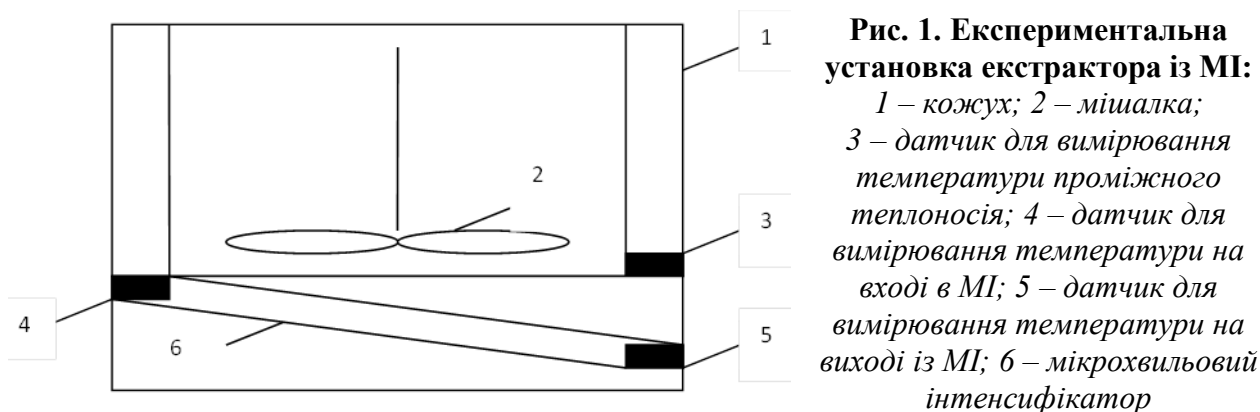


Рис. 1. Експериментальна установка екстрактора із МІ:
 1 – кожух; 2 – мішалка;
 3 – датчик для вимірювання температури проміжного теплоносія; 4 – датчик для вимірювання температури на вході в МІ; 5 – датчик для вимірювання температури на виході із МІ; 6 – мікрохвильовий інтенсифікатор

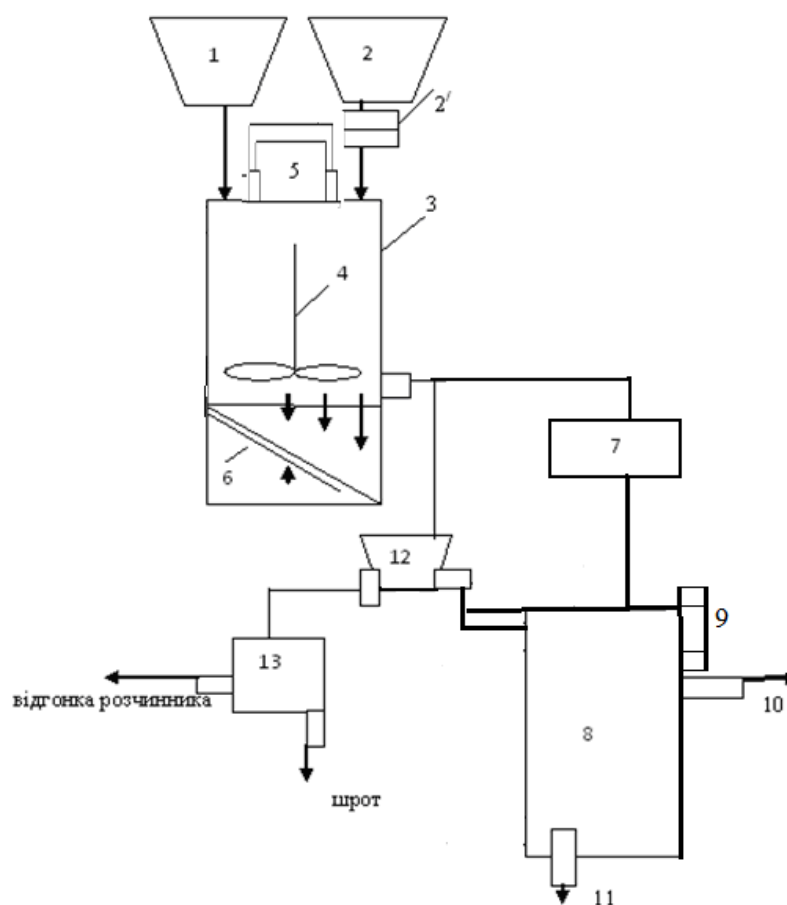


Рис. 2. Технологічна схема екстрагування олії з подрібненого олієвмісного насіння:
 1 – бункер для твердої фази; 2 – ємність з розчинником; 2' – дозатор; 3 – екстрактор;
 4 – мішалка; 5, 9 – зворотній холодильник; 6 – електромагнітний інтенсифікатор;
 7 – ємності для відбору проб; 8 – випарна установка; 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.

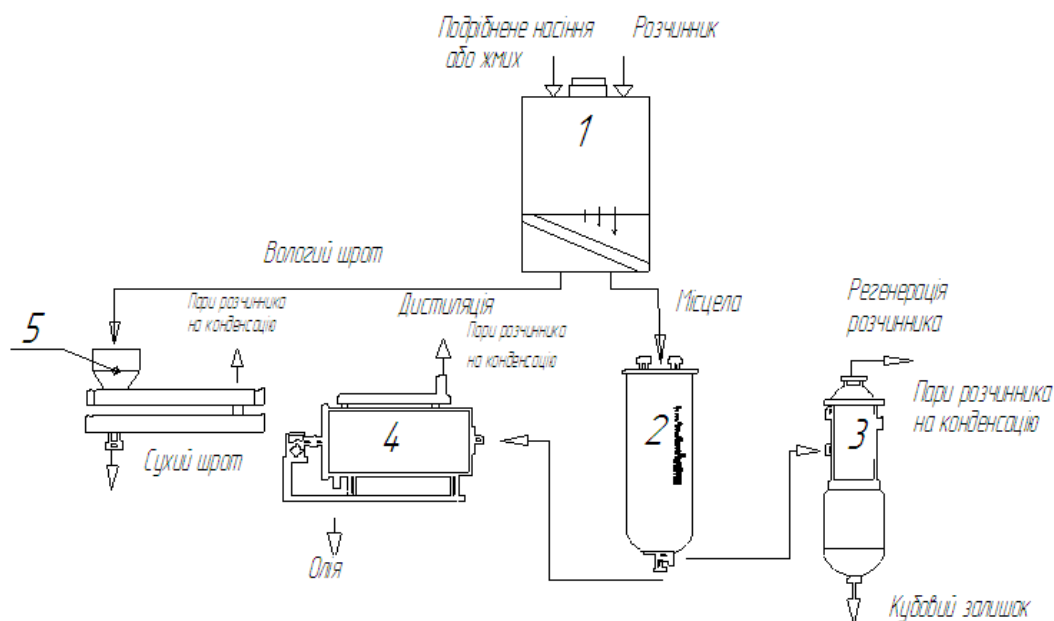


Рис. 3. Технологічна лінія для вилучення олії із насіння сої та ріпаку:

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.

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
Гексадеценева (C16:1)	0,4	0,4
Гептадеканова (C 17:0)	0,1	0,1
Октадеканова (C 18:0)	3,0	3,5
цис 9-Октадеценева (c9-C 18:1)	24,0	25,0
цис 11-Октадеценева (c11-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.

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 легких 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 перерахунок 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).

Вміст токоферолів у зразках ріпакової та соєвої олій

Олія	Вміст загальних токоферолів після екстрагування в МХ інтенсифі- каторі, 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 каплярно-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 олії 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 олієвісних 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 пального. 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. Жицького, 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. Drukovanyi, M. F., Bandura, V. M., Kolianovska, L. M., Palamarchuk, V. I. (2014). Udoskonalennia 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). Udoskonalennia 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. Vprovadzhenia. 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. Pivdena 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 rehovyn (IIAP). [Intensification of rhonidase extraction using surfactants. (US)]. Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberzhennia. 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].