



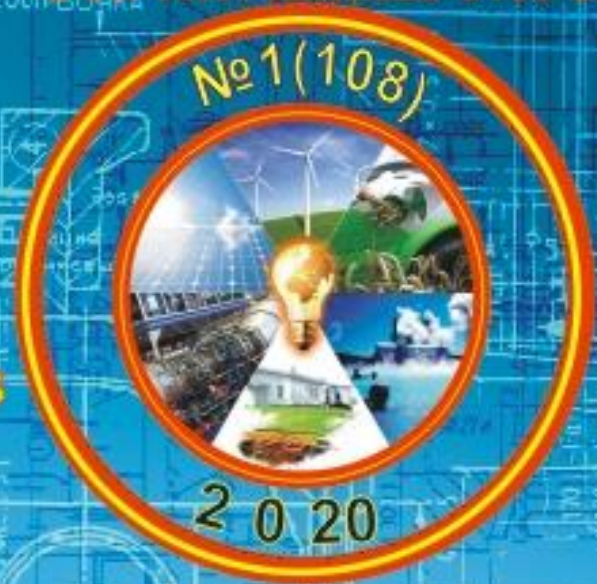
Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК



**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
П правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2020. – 1 (108) – 172 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол №1 від 27.08.2020 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886)

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Іванчук Я.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

Бандура В.М. – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

*Серета Л.П., Швець Л.В., Труханська О.О.***СМУГОВИЙ ПІДСІВ ТРАВ ПАСОВИЩ..... 5***Vitalii Komakha, Oleksii Tokarchuk, Mykhailo Zamrii***INVESTIGATION OF THE MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FODDER CROPS TO DETERMINE THE PARAMETERS OF THE WORKING BODIES OF MOWER CONDITIONERS AND OPTIMAL MODES OF THEIR OPERATION..... 14***Журенко Ю.І.***ВПЛИВ КРАТНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПО ОБРОБІТКУ ЛЮЦЕРНИ ПРИ ВИСУШУВАННІ НА ЇЇ ХІМІЧНИЙ СКЛАД..... 22***Холодюк О.В.***РУЙНУЮЧЕ ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ЛЕЗА ДИСКОВОГО НОЖА З ТРАВ'ЯНОЮ МАСОЮ..... 29***Гладушняк О.К., Всеволодов О.М.***АНАЛІЗ МЕТОДІВ МИТТЯ ХАРЧОВОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ..... 37**

II. ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ..... 44***Мутко Микола***DETERMINATION OF ECONOMIC ADVISABLE DISTANCES OF AUTOMOBILE DELIVERY ON AUTOSERVICE ENTERPRISE..... 58**

III. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Соломон А.М., Полєвода Ю.А.***ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПОЮ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ..... 65***Зозуляк І.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ..... 75***Бандура В. М.***ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ СОЇ..... 82**

IV. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

*Веселовська Н.Р.***ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ..... 91***Музичук В.І., Токарчук О.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ДЕФОРМАЦІЇ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ВАЛЬЦЮВАННІ..... 103**



Пришляк В.М., Дубчак В.М.

ЗНАХОДЖЕННЯ ВЕЛИЧИН СИЛИ ТИСКУ НА ПІДВОДНІ ГІДРОСПОРУДИ У ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІЙ ПРАКТИЦІ Й АГРОІНЖЕНЕРНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ.....	111
---	------------

Колісник М.А., Служалюк М.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ І ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШТАМПУАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	123
--	------------

V. ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Стаднік М.І., Гунько І.В., Проценко Д. П.

АВТОНОМНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ НА БАЗІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	134
--	------------

Ярогуд В.М.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРИТРУБНОГО РЕКУПЕРАТОРА.....	142
---	------------

Видмиш А.А., Токарчук О.А., Карпійчук М.Ф., Паладій М.С.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ 10/0.4 КВ З ВИКОРИСТАННЯМ SCADA.....	151
--	------------

VI. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Холодюк О.В., Булін Р.М.

ОСОБЛИВОСТІ ОФОРМЛЕННЯ ФОРМУЛИ ВІНАХОДУ ЧИ КОРИСНОЇ МОДЕЛІ ЯК ОБ'ЄКТИ ПРАВОВОЇ ОХОРОНИ.....	161
--	------------



УДК: 633.34:683.958:001.895

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1-10

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ СОЇ**Бандура Валентина Миколаївна**, к.т.н., професор
Вінницький національний аграрний університет**Bandura Valentyna**, Professor, PhD.
Vinnytsia National Agrarian University

Ключовим процесом при вилученні олій із сировини є екстрагування. При цьому екстрагування є складним і трудомістким процесом. Процес екстрагування характеризується низькою інтенсивністю. Одним з перспективних та інноваційних методів екстрагування рослинної сировини є застосування мікрохвильових технологій. Загальноприйнятих рекомендацій щодо режимів мікрохвильового екстрагування та властивостей екстрактів немає, що не дає можливості створити відповідну технологію та розробити мікрохвильовий екстрактор для одержання цільових речовин.

В статті проведено огляд існуючого обладнання для екстрагування різної сировини. Показано, що імпульсне електромагнітне поле є ефективним інструментом реалізації мікрохвильової технології. Ступінь інтенсифікації процесів масопередачі із застосуванням бародифузійних технологій направленої енергетичної дії може на порядок перевищувати можливості традиційних технологій. Наведено дослідження вчених, що традиційні процеси здійснюються протягом 3 годин і більше, а процес бародифузії плюс гравітація потребує менше 30 хвилин.

В статті наведені результати дослідження інноваційного процесу екстрагування сої з використанням мікрохвильових технологій. Зі збільшенням температури підвищувалась швидкість екстрагування, що пов'язано з ростом швидкостей хімічних реакцій та коефіцієнтів дифузії, відбувався позитивний вплив на кінетичний, внутрішньо- та зовнішньо дифузійний осередок, збільшувалась рушійна сила процесу та зменшувалась опір його протікання. Інтенсифікування процесу екстрагування мікрохвильовим полем відбувається шляхом підвищення тиску всередині капілярів рослинної сировини, з подальшою їх руйнацією та максимальним надходженням цільового компоненту в екстрагент. Виникає бародифузійний потік, який сприяє значному скороченню часу і підвищенню вилучення із сировини цінних компонентів.

Використання мікрохвильових технологій є реальним і перспективним оскільки в процесі екстрагування полегшено вихід цільового компоненту зі значним збільшенням показнику концентрації (в середньому у 2 рази) та значним зменшенням часу вилучення олій.

Ключові слова: соя, екстрагування, обладнання, мікрохвильові технології.

Рис. 11. Літ. 9.

1. Постановка проблеми

Оліє-жирова галузь посідає провідне місце в агропромисловому комплексі України, що пов'язано з різноманітністю і унікальністю складу оліймістної сировини різних регіонів світу, масштабністю використання оліє-жирових продуктів для харчових, кормових і технічних цілей, в тому числі і стратегічних. Тому стан оліє-жирової галузі визначає розвиток не тільки агропромислового комплексу, а й цілого ряду галузей промисловості.

Олії більшості рослин належать до числа цінних засобів, які використовують як в лікувальній практиці, так і в харчовій промисловості. Крім того, рослинні олії і відходи їх виробництва можуть служити джерелом отримання нових лікувальних засобів, які володіють унікальним комплексом фармакологічних властивостей. Такі олії обумовлені наявністю цілого комплексу біологічно активних з'єднань, таких як, токофероли, фосфоліпіди, поліненасичені жирні кислоти, фітостерини і ін.

Ключовим процесом при вилученні олій із сировини є екстрагування. При цьому екстрагування є складним і трудомістким процесом. Харчові, хімічні і фармацевтичні виробництва



використовують традиційну технологію екстрагування рослинної сировини, яка основана на масоперенесенні – дифузії.

Процес екстрагування характеризується низькою інтенсивністю і його вдосконалення визначає підвищення ефективності екстракційних виробництв.

Передбачається отримати досвід використання мікрохвильових технологій у різних галузях промисловості для інтенсифікації процесів виробництва. Але загальноприйнятих рекомендацій щодо режимів мікрохвильового екстрагування та властивостей екстрактів немає, що не дає можливості створити відповідну технологію та розробити мікрохвильовий екстрактор для одержання цільових речовин. Такі обставини визначили актуальність проведення науково-дослідних робіт з метою запропонувати ефективні технології одержання рослинної олії на базі мікрохвильової техніки.

2. Мета дослідження

Метою роботи є вивчення механізму та кінетики процесу екстрагування цільових компонентів (олії) з подрібненого насіння та жмиху сої із застосуванням мікрохвильових технологій.

Для досягнення мети були поставлені завдання:

- провести аналіз існуючих технологій та обладнання для екстрагування насіння сої;
- визначити перспективні, енергоощадні технології екстрагування;
- надати рекомендації щодо застосування інноваційних технологій.

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Екстракційні установки за кількістю апаратів розділяють на однокорпусні та багатокорпусні, установки періодичної та неперервної дії, з мішалками та без них. На рис. 1. показаний екстрактор простої будови для вилучення екстракту. Складається з корпусу 1 із завантажувальною горловиною 2 та відкидним днищем 3 [1].

На рис. 2. показано апарат для одержання настоек з рослинного матеріалу. Пристрій складається із ємності 1 для екстрагенту, екстрактора 5 для завантаження матеріалу, циркуляційного контуру з кранами 2, 4, 6, 10 і 11 та насоса 7. Пристрій працює періодично.

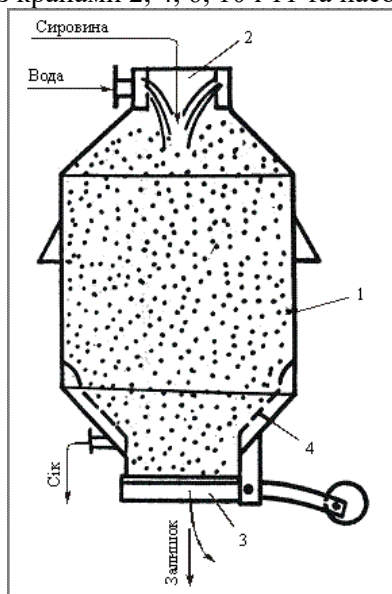


Рис. 1. Схема екстрактора:
1 – корпус; 2 – завантажувальна горловина з кришкою; 3 – відкидне днище;
4 – конусне решето

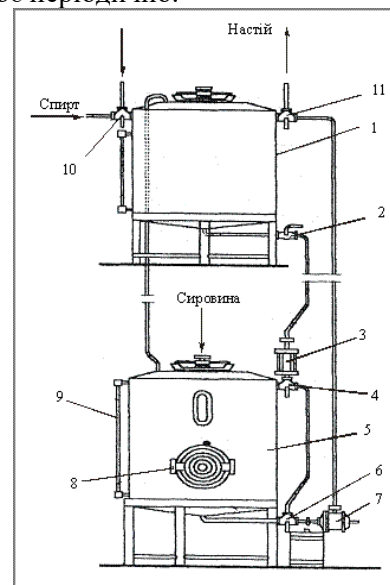


Рис. 2. Двобакова екстракційна установка:
1 – ємність для екстрагенту; 2 – кран;
3 – оглядове вікно; 4, 6, 10 і 11 – триходові крани; 5 – екстрактор; 7 – насос; 8 – люк;
9 – склопильна трубка для визначення рівня екстрагенту в баку

Для перемішування вмикають насос 7, який вилучає екстрагент внизу екстрактора і подає у верхній бак, звідки він через кран 2, оглядовий пристрій 3 і кран 4 надходить зверху в екстрактор.

Екстракт подають насосом 7 при відкритих кранах 6 та 11. Відходи вивантажують із екстрактора через люк 8. Застосування такої установки зменшує час настоювання до 3 – 8 діб [2].



Періодичний спосіб екстрагування характеризується застосуванням апаратури, що має великі габаритні розміри та не забезпечується автоматизацією і достатньо повного вилучення розчинених у рідині речовин. Більш результативним є використання апаратів неперервної дії. Прикладом пристроїв неперервної дії для екстрагування твердих речовин є зрошувальний стрічковий екстрактор, схема якого показана на рис. 3. Такі екстрактори застосовують для виготовлення олії з насіння соняшнику або сої. За схемою спеціально підготовлене насіння або макуха певної товщини подається через бункер 2 на решітчасту стрічку транспортера 3, який рухається назустріч розпилювальному екстрагенту.

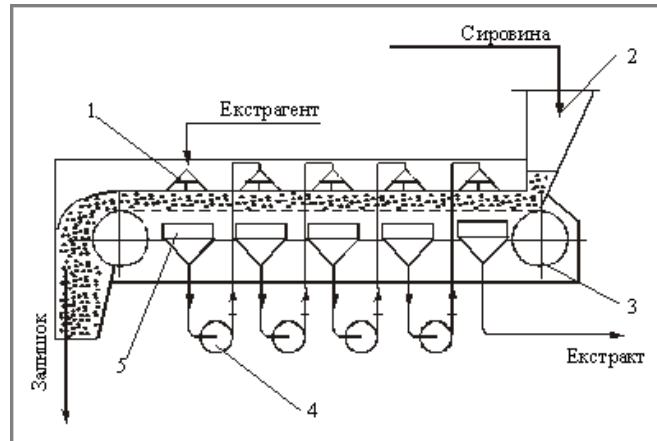


Рис. 3. Схема стрічкового екстрактора:

1 – зрошувач екстрагенту; 2 – навантажуваний бункер;
3 – решітчастий стрічковий транспортер; 4 – насоси; 5 – піддон

Екстрагент подається в зрошувач 1, проходить через товщу насіння або макухи, витягує із нього залишок олії і стікає в піддон 5. Потім насос 4 подає цей ще мало насичений олією екстрагент у другу зону шару насіння, при цьому одержують більш насичений екстрагент і т.д. Як правило, із правої частини екстрактора отримують концентрований матеріал, а із лівої – відходи шрот майже без олії. Із одержаного екстракту екстрагент відокремлюють, а олію очищують [2].

До екстракторів безперервної дії відносяться двоколонні екстрактори (Рис. 4.), які використовуються в олійному і ферментному виробництвах. Екстрактор складається із вертикальної колони 1 з перфорованим шнековим транспортером, в яку засипається приготовлена сировина. У нижній частині апарата вмонтовано горизонтальний шнек 2, який подає матеріал в екстракційну колону 3.

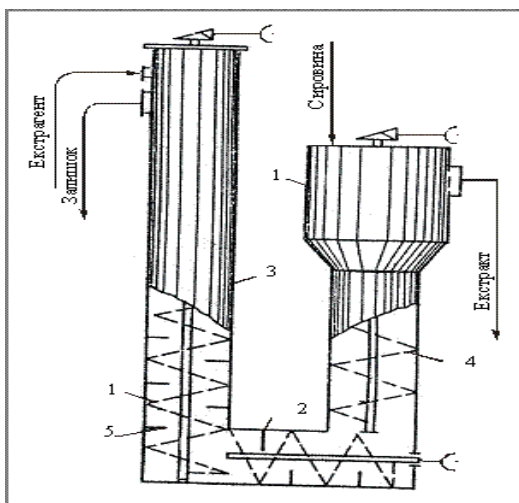


Рис. 4. Схема двоколонного екстрактора:

1 – завантажувальна колона;
2 – горизонтальна ділянка; 3 – екстракційна колона; 4 – перфоровані шнеки;
5 – металеві планки

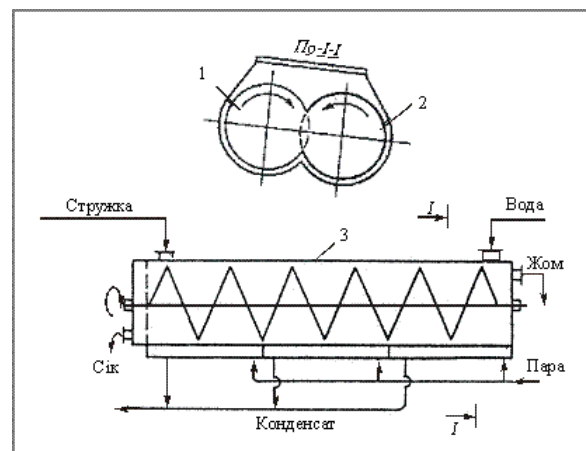


Рис. 5. Схема двошнекового екстрактора:

1, 2 – шнеки; 3 – корпус



У верхню частину колони 3 надходить екстрагент, який тече проти напрямку руху сировини і виводиться насиченим екстрактом у верхній частині завантажувальної колони. Такі екстрактори продуктивністю 100–200 т/добу переробляють насіння соняшнику, сої або насіння інших олійних культур, таких як ріпак, на олію [2]. До екстракторів неперервної дії також належать двошнекові (Рис. 5), які використовуються у цукровій промисловості і називаються дифузійними апаратами. Основними елементами цих апаратів є дві труби зі шнеками 1 і 2, які обертаються на зустріч один до одного, що сприяє направленому ходу бурякової стружки вздовж апарата. Екстрагентом у цьому випадку є вода із визначеною температурою. Для підтримки оптимальної температури 72–74 °С для екстракції цукру зі стружки до корпусу 3 в секціях подається пара.

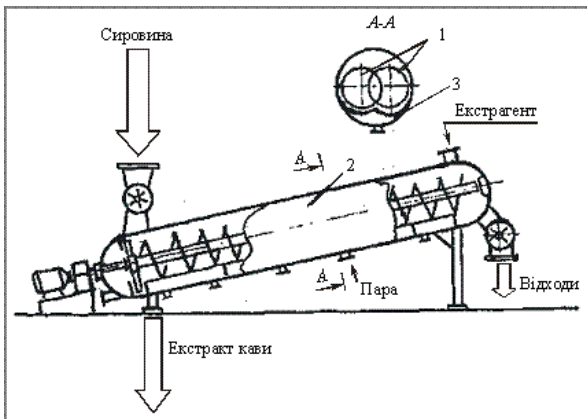


Рис. 6. Схема апарата для екстрагування натуральної кави: 1 – два шнеки; 2 – корпус; 3 – ємність

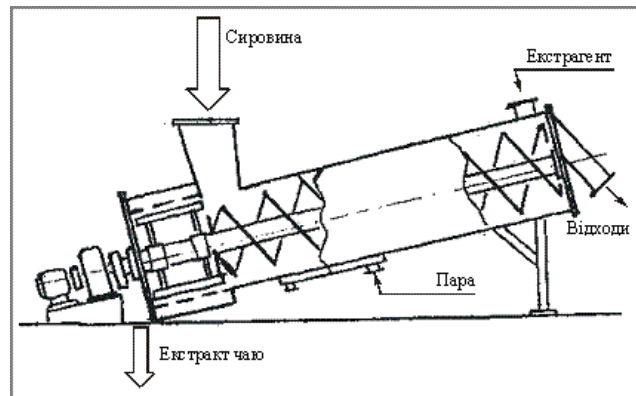


Рис. 7. Схема двошнекового апарата для екстрагування чаю

До переваг вітчизняних і зарубіжних екстракторів нахиленого типу відносять простоту будови, малу металосмість, значне питоме навантаження (~ 600 кг/м³). Недоліком їх є подрібнення стружки під час руху і перемішування. Шнекові екстрактори нахиленого типу аналогічної конструкції і невеликої продуктивності застосовуються у виробництві розчинної кави (Рис. 6) та екстракту чаю (Рис. 7).

У багатьох підприємствах (ферментному, сокоекстракційному, виноградному) в шнекових екстракторах для рослинної сировини проводиться в герметичному стані за визначеної температури і тиску [3].

Існуюча теорія екстрагування з рослинної сировини передбачає здійснення процесу трьома етапами: проникнення екстрагента в клітину з одночасним розчиненням її вмісту, дифузії екстрагованих речовин через клітинну мембрану і дифузії вилучених речовин в основну масу розчину. Цей підхід розкриває суть процесу екстракції, але не дає змоги визначити рушійні сили процесу. Процес дифузії речовин із рослинної клітини ускладнений тим, що значна частина перенесень маси речовин здійснюється через природні пори, які мають менші розміри, ніж довжина пробігу молекул. Тобто молекули частіше зіштовхуються зі стінками капіляру, ніж між собою. Під час екстрагування одночасно відбувається перебіг окремих стадій; проникнення екстрагента в клітину і виведення вилучених речовин із неї. Отже, екстракція ускладнюється взаємодією двох взаємопротилежних потоків рідини. Проте оскільки масоперенесення проходить через одні й ті ж пори, то загальна швидкість екстрагування буде визначатися як різниця між швидкістю руху вилучених речовин і швидкістю руху екстрагента [5]. Процес екстрагування є досить енерговитратним. Одним з важливих факторів, які впливають на процес екстрагування є вид розчинника, а також температура і тиск.

Одним з перспективних та інноваційних методів екстрагування рослинної сировини є застосування мікрохвильових технологій. Авторами обґрунтовано перспективи електротехнологій цільової доставки енергії для окремих елементів харчової сировини. Сформульовані гіпотези щодо енергоефективних процесів зневоднення, екстрагування та інактивації мікроорганізмів. Висунуто безрозмірний комплекс (число енергетичної дії), дослідження взаємодії електромагнітного поля з харчовою сировиною. Це число використовується для оцінки потужності процесів масообміну та його кінетики [6].



Методами математичного моделювання вивчені комбіновані процеси масоперенесення під час екстрагування і сушіння. Проаналізована фізична модель комбінованих процесів направленої енергетичної дії. Розроблено класифікацію гідродинамічних потоків з капілярних структур харчової сировини. Встановлено умови розвитку ламінарної і турбулентної бародифузії. Обґрунтовано завдання експериментального моделювання. Показано, що імпульсне електромагнітне поле є ефективним інструментом реалізації мікрохвильової технології. Ступінь інтенсифікації процесів масопередачі із застосуванням бародифузійних технологій направленої енергетичної дії може на порядок перевищувати можливості традиційних технологій [7].

Професором Фарідом Хемат (Університет Авіньйона, Франція), запропоновано мікрохвильовий екстрактор, який заснований на мікрохвильовій технології бародифузії та гравітації (МНГ), новий та органічний метод екстрагування ефірних олій, що добуваються з різних видів ароматичних рослин, розроблений спільним партнерством між Milestone та Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Франція, що призвело до надання Європейського патенту EP 1 955 749.

Мікрохвильова технологія бародифузії та гравітації (МНГ) - це оригінальна мікрохвильова піч, яка «перевернута догори дном», поєднання мікрохвильового нагріву та сили земного тяжіння при атмосферному тиску. Ця технологія дозволяє ароматизаторам дифундувати із рослинної сировини і завдяки гравітації самотоком виходити із мікрохвильового реактора. Система охолодження із зовні, мікрохвильова піч постійно конденсує екстракт.

Процес вилучення відбувається без необхідності перегонки та випаровування, однієї з найбільш енергетично затратних операцій. Враховуючи, що традиційні процеси здійснюються протягом 3 годин і більше, бародифузія без мікроорганізмів плюс гравітація потребує менше 30 хвилин [8].

4. Методика проведення дослідження

Для проведення експериментальних досліджень був розроблений експериментальний стенд – екстрактор із мікрохвильовим інтенсифікатором для отримання олій із рослинної сировини потужністю 0,45кВт, частотою 2450МГц (Рис. 9).

В якості вимірювальних приладів використовували: рефрактометр ИРФ-454Б; аналітичні ваги AS 220/С з відносною похибкою 0,0001 %; набір сит з діаметром отворів у межах від 0,05 до 2 мм; термостат ТС – 24 з абсолютною похибкою ± 2 °С потужністю 0,5 кВт; шафа сушильна лабораторна SPT - 200; колби скляні об'ємом 250 мл, 500 мл; циліндр мірний 100 мл; спирт; н-гексан; нефрас.

Експериментальний стенд, на якому проводили досліди, складається із мікрохвильової камери, зворотного водяного холодильника та колби, в яку поміщали зразок.



Рис. 8. Фото експериментальної установки

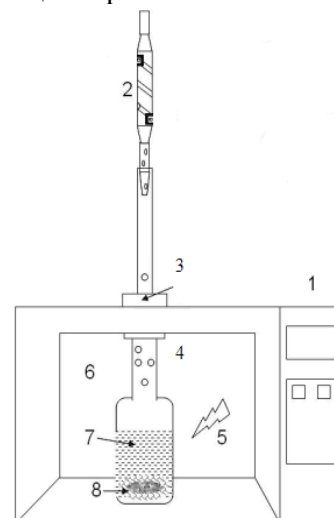


Рис. 9. Експериментальний стенд:
1 – мікрохвильова камера, 2 – зворотній
водяний холодильник, 3 – гумова пробка,
4 – скляна трубка, 5 – мікрохвильове поле,
6 – реакційна ємність, 7 – розчинник,
8 – зразок, що досліджується



Принцип дії експериментального стенду мікрохвильового нагрівання наступний: у ємності з продуктом проходить процес екстрагування під дією мікрохвильового поля в НВЧ камері. Пари екстрагенту потрапляють у зворотний холодильник, конденсуються і стікають назад у реакційну ємність. Однією з головних умов для створення експериментального стенду є повна герметизація. Екстрагент є досить легколеткою речовиною і при розгерметизації установки виникають великі витрати, внаслідок чого збільшується похибка за рахунок зменшення частки екстрагенту в суміші при відборі проб.

5. Результати досліджень

Основні фактори, що впливають на процес екстрагування – розмір фракцій сировини, наявність та величина потужності імпульсного електромагнітного поля, гідромодуль екстракту, температура, час екстрагування, розчинник. Гідромодуль ми прийняли оптимальний 1:3, що було доведено експериментальними дослідженнями [9].

Дана група досліджень (рис. 10) була проведена із застосуванням термостату потужністю 0,5кВт. Результати досліджень вказують на інтенсифікування процесу екстрагування різними температурними режимами. Зі збільшенням температури підвищувалась швидкість екстрагування, що пов'язано з ростом швидкостей хімічних реакцій та коефіцієнтів дифузії, відбувався позитивний вплив на кінетичний, внутрішньо- та зовнішньо дифузійний осередок, збільшувалась рушійна сила процесу та зменшувалась опір його протікання. Витрати енергії за 5 годин проведення досліджень наприклад екстрагування жмиху сої розчинником гексаном при температурі 500С складала 2,5кВт, що досить енергозатратно.

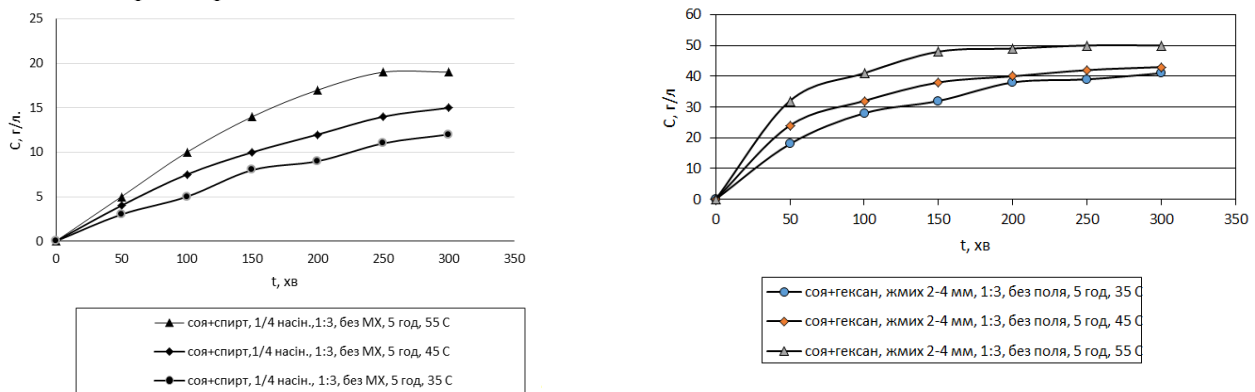


Рис. 10. Залежність концентрації від часу під впливом різних температур при екстрагуванні олії із сої

Наступна серія дослідів (рис. 11), показує вплив мікрохвильового поля на екстрагування сої. Досліди проведені у розробленому мікрохвильовому екстракторі. Потужність мікрохвильового екстрактора при якій проводились дослідження становила 0,45 кВт. Вилучення олії зі жмиху відбувається дещо інтенсивніше ніж із частинок зерна сої.

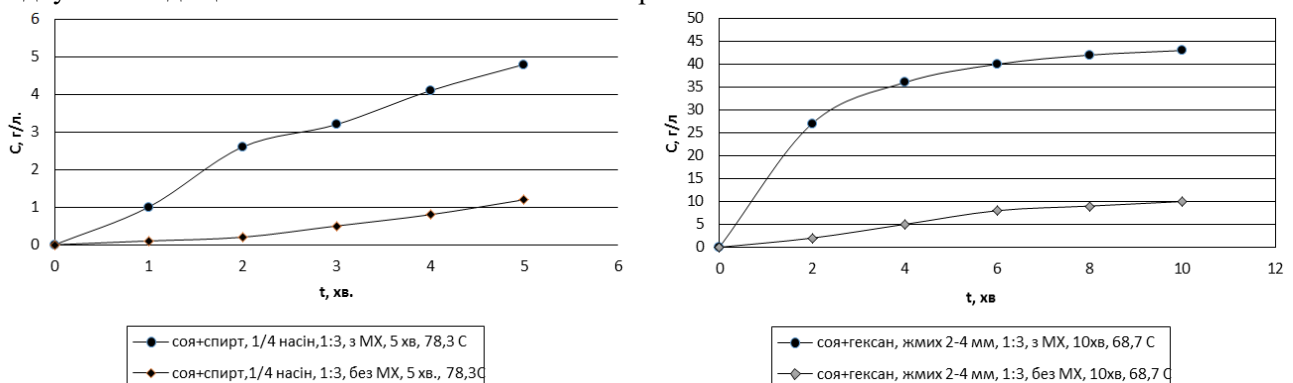


Рис. 11. Вплив електромагнітного поля на процес екстрагування олії із сої

Це пов'язано з порушенням клітинної цілісності жмиху після проходження технологічної схеми пресування, а отже значним полегшенням подальшого процесу екстрагування олії



розчинником. Інтенсифікування процесу екстрагування мікрохвильовим полем відбувається шляхом підвищення тиску всередині капілярів рослинної сировини, з подальшою їх руйнацією та максимальним надходженням цільового компоненту в екстрагент. Виникає бародифузійний потік, який сприяє значному скороченню часу процесу екстрагування і значному підвищенню вилучення із сировини цінних компонентів. Витрати енергії на проведення процесу екстрагування у мікрохвильовому полі для серії дослідів жмих сої, розчинник гексан, для досягнення концентрації розчиненої олії 40 г/л становить лише 0,045 кВт, так як процес екстрагування проходить лише 6 хвилин.

Порівнюючи отримані результати екстрагування в термостаті та із застосування мікрохвильового екстрактора, при досягненні концентрації розчиненої олії 40г/л енергоефективність становить 98%.

5. Висновки

В результаті узагальнення проведених дослідів доказано, що на кінетику екстрагування олії із сої впливає дія імпульсного електромагнітного поля, температура, час екстрагування, вид розчинника.

Що ж до інтенсифікування кінетики екстрагування дією МХ поля, та використання МХ-технологій є реальним і дуже перспективним оскільки в процесі екстрагування полегшено вихід цільового компоненту зі значним збільшенням показнику концентрації (в середньому у 2 рази) та значним зменшенням часу вилучення олії.

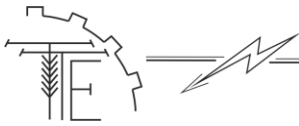
Застосування мікрохвильових технологій має безінерційність нагріву і можливість повної автоматизації процесу (нагрівання можна швидко розпочати і швидко призупинити). Про високий к.к.д. процесу екстрагування свідчать результати експериментальних досліджень, так як виникає бародифузійний потік, який сприяє значному скороченню часу проведення та зменшує втрату тепла в навколишнє середовище.

Список використаних джерел

1. Рубин А. Б. Основы проектирования предприятий микробиологической промышленности: учеб. пособ. М.: Агропромиздат, 1990. 303 с.
2. Домарецький, В. А. Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів: підручник. К.: НУХТ, 2003. 527 с.
3. Технологія продукції харчових виробництв: навч. посіб. / Перцевий Ф.В. та ін. Харків, 2006. 318с.
4. Бурдо О. Г., Ряшко Г. М. Экстрагирование в системе «кофе-вода»: монографія. Одесса: 2007. 176 с.
5. Бандура В. Перспективи комбінованих методів переробки олійних культур. *Зб. Наук. пр. Вінницького національного аграрного університету, Сер.Технічні науки*. 2011. №8. С.32–36.
6. O. G. Burdo, V. N. Bandura, Yu. O. Levtrinskaya Electrotechnologies of targeted energy delivery in the processing of food raw materials. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2018/3/1. Vol. 54, № 2. P. 210–218.
7. Бурдо О. Г., Терзиев С. Г., Бандура В. Н. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях. *Problemele energeticii regionale*. 2015. № 1. С.79-86.
8. Chemat F., Cravotto G. Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compound. *Springer, NewYork*, 2013. 238 p. ISBN 978-1-4614-4829-7.
9. Бандура В. М., Коляновська Л. М. Обробка експериментальних даних процесу екстрагування рослинних олій мікрохвильовим полем. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2013. Вип. 43 (2). С.66–69.

References

- [1] Rubin, A. B. (1990). *Osnovy proyektirovaniya predpriyatiy mikrobiologicheskoy promyshlennosti. [Product distribution policy]* Moskau.: Agropromizdat [in Russian].
- [2] Domaretskyu, V.A., Ostapchuk, M. V., Ukrayinets, A. I. (2003). *Tekhnolohiya kharchovykh produktiv [Product innovative policy]*. Kyiv: NUKHT [in Ukrainian].
- [3] Pertsevyy, F. V., Kamsulina, N. V., Kolesnikova, M. B., Yancheva, M. O., Hurskyu, P. V., Tishchenko, L. M. (2006). *Tekhnolohiya produktsiyi kharchovykh vyrobnystv [Modern trends in retail*



- network in Ukraine]. Kharkiv: Kharkiv DUHT [in Ukrainian].
- [4] Burdo, O. G., Ryashko, G. M. (2007). *Ekstragirovaniye v sisteme «kofe-voda»: monografiya [Modern trends in retail network in Ukraine]*. Odessa [in Ukrainian].
- [5] Bandura, V. (2011). Perspektivy kombinovanykh metodiv pererobky oliynykh kul'tur. [Prospects of combined methods of oilseed processing]. *Zb. Nauk. pr. Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu, Ser. Tekhnichni nauky*. №8, 32–36 [in Ukrainian].
- [6] Burdo, O. G., Bandura, V. N., Levtrinskaya, Yu. O. (2018). Electrotechnologies of targeted energy delivery in the processing of food raw materials. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 54, 2, 210–218 [in USA].
- [7] Burdo O. G., Terziyev S. G., & Bandura V. N. (2015) Printsipy napravlenogo energeticheskogo deystviya v pishchevykh nanotekhnologiyakh. [Principles of directed energy action in food nanotechnology]. *Problemele energeticii regionale, 1*, 79–86 [in Ukrainian].
- [8] Chemat, F., Cravotto, G. (2013). Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compound. Springer, New York. ISBN 978-1-4614-4829-7. [in USA]
- [9] Bandura, V. M., Kolyanovska, L. M. (2013). Obrobka eksperymental'nykh danykh protsesu ekstraktsiyi roslynnykh oliy mikrokhvylovym polem [Processing of experimental data of the process of extraction of vegetable oils with a microwave field]. *Naukovi pratsi Odes'koyi natsional'noyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy*, 43(2), 66–69 [in Ukrainian].

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ СОИ

Ключевым процессом при изъятии масел из сырья является экстрагирование. При этом экстрагирование является сложным и трудоемким процессом. Процесс экстрагирования характеризуется низкой интенсивностью. Одним из перспективных и инновационных методов извлечения растительного сырья является применение микроволновых технологий. Общепринятых рекомендаций по режимам микроволнового экстрагирования и свойств экстрактов нет, что не дает возможности создать соответствующую технологию и разработать микроволновой экстрактор для получения целевых веществ.

В статье проведен обзор существующего оборудования для экстрагирования различного сырья. Показано, что импульсное электромагнитное поле является эффективным инструментом реализации микроволновой технологии. Степень интенсификации процессов массопередачи с применением бародиффузионных технологий направленного энергетического воздействия может на порядок превышать возможности традиционных технологий. Приведены исследования ученых, традиционные процессы осуществляются в течение трех и более часов, а процесс бародиффузии плюс гравитация требует меньше 30 минут.

В статье приведены результаты исследования инновационного процесса экстрагирования сои с использованием микроволновых технологий. С увеличением температуры повышалась скорость экстрагирования, что связано с ростом скоростей химических реакций и коэффициентов диффузии, происходило положительное влияние на кинетический, внутри- и внешне диффузный центр, увеличивалась движущая сила процесса и уменьшалось сопротивление его протекания. Интенсификация процесса экстрагирования микроволновым полем происходит путем повышения давления внутри капилляров растительного сырья с последующим их разрушением и максимальным поступлением целевого компонента в экстрагент. Возникает бародиффузионный поток, который способствует значительному сокращению времени и повышению извлечения из сырья ценных компонентов.

Использование микроволновых технологий является реальным и перспективным поскольку в процессе извлечения облегченно выход целевого компонента со значительным увеличением показателя концентрации (в среднем в 2 раза) и значительным уменьшением времени извлечения масла.

Ключевые слова: соя, экстрагирования, оборудование, микроволновые технологии.

Рис. 11. Лит. 9.

**INNOVATIVE ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES OF THE SOYE
EXTRACTION PROCESS**

The key process for extracting oils from raw materials is extraction. In this case, extraction is a complex and time-consuming process. The extraction process is characterized by low intensity. One of the most promising and innovative methods of extracting plant material is the use of microwave technologies. As there are no generally accepted recommendations for microwave extraction regimens and extract properties, this makes it impossible to create the appropriate technology and to develop a microwave extractor to obtain the target substances.

The article reviews the existing equipment for extraction of various raw materials. It is shown that pulsed electromagnetic field is an effective tool for the implementation of microwave technology. The degree of intensification of mass transfer processes with the application of directional energy diffusion technologies can be much higher than the possibilities of traditional technologies. Scientists study that traditional processes take 3 hours or more, and the process of barodiffusion plus gravity takes less than 30 minutes.

The results of the study of the innovative process of soybean extraction using microwave technologies are presented in the article. With increasing temperature, the extraction rate increased, which was associated with an increase in the rates of chemical reactions and diffusion coefficients, a positive effect on the kinetic, internally and externally diffusive nucleus, the driving force of the process increased, and the resistance to its course decreased. The intensification of the extraction process by the microwave field occurs by increasing the pressure inside the capillaries of the vegetable raw materials, with their subsequent destruction and maximum flow of the target component into the extractant. There is a flow of diffusion, which contributes to a significant reduction in time and increase the extraction of valuable components from raw materials.

The use of microwave technologies is real and promising as the extraction process facilitates the release of the target component with a significant increase in the concentration (an average of 2 times) and a significant reduction in the oil extraction time.

Key words: soybean, extraction, equipment, microwave technologies.

Fig. 11. Ref. 9.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Бандура Валентина Миколаївна – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу, Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: bandura_3@ukr.net)

Бандура Валентина Николаевна – кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедры "Агроинженерии и технического сервиса" Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: bandura_3@ukr.net).

Bandura Valentyna – Professor, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Agricultural Engineering and Technical Service, Vinnitsa National Agrarian University (3, Sonychna St., Vinnitsia, 21008, Ukraine, e-mail: bandura_3@ukr.net)