

А. Р. Глуханюк, Т. А. Кузьмінчук, Р. А. Чижович, Є. М. Семенишин, О. С. Івашук  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімічної інженерії

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЯ ПОДРІБНЕННЯ ТА ПРИРОДИ ПОЛЯРНИХ РОЗЧИННИКІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИЛУЧЕННЯ ОЛІЇ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЕКСТРАКЦІЙНИМ МЕТОДОМ

<https://doi.org/>

У статті наведено результати експериментальних досліджень процесу екстракції рослинної олії із сої та ріпаку у стаціонарному шарі в апараті Сокслета. Як екстрагенти були використані полярні розчинники: хлористий метилен та етанол. Досліджено вплив ступеня подрібнення частинок рослинної сировини на вихід екстрагованої олії. Встановлено вплив розчинників на ефективність процесу. Результати кількісного аналізу представлено у вигляді графічних залежностей з наявністю основних параметрів процесу. Наведено графічні залежності зміни концентрації олії в об'ємі розчинника зі збільшенням тривалості процесу та виходу цільового продукту від зміни розміру сепарованих фракцій.

**Ключові слова:** екстракція, рослинна сировина, ступінь подрібнення, полярні розчинники, апарат Сокслета, соєва олія, ріпакова олія.

### Вступ

Використання олії в світових галузях промисловості проявляє тенденцію зростання необхідності вдосконалення технологій вилучення цільових компонентів із рослинної сировини, спричинене не тільки збільшенням тоннажності виробництв, а й політикою мінімізації відходів останніх [1].

Рослинні олії – основна сировина не тільки у харчовій промисловості, а й перспективне джерело енергії, які можна використовувати для виробництва біодизеля [1]. Стрімкий розвиток біодизельної промисловості потребує додаткових обсягів ріпакової, соєвої і пальмової олій [2, 3].

В основному жири та олії на сучасних виробництвах отримують трьома способами: рендеринг (вологий/сухий), механічне пресування та використання екстракції розчинниками [4].

Принцип хімічного вилучення (екстрагування) полягає у використуванні інертного розчинника для виведення олії з структури насіння, що знаходиться в порах матеріалу і є складно придатною до вилучення лише механічною силою [5].

Проблематика вилучення олії здебільшого зумовлена структурою насіння, що нерідко характеризується наявністю тонкої плівки, яка

захищає зерно від навколишнього середовища. Найтипівішим прикладом такого насіння є ріпак, амарант, соя та інші. Тому видалення цільових компонентів із рослинної сировини порівняно з мінеральними речовинами є набагато складнішим процесом і потребує відповідної технології для підвищення ефективності [6]. Перевага методу пресування – порівняно проста технологія виробництва, ефективність якого може досягати максимального значення 80 %, як результат – значні втрати олії [5]. Головним недоліком є високий вміст залишкової олії у шроті (близько 20 %). Методи утилізації чи переробки таких відходів виробництва рослинних олій не забезпечують достатньої ефективності для запобігання екологічного забруднення. Тому важливо вилучати якомога більше олії із сировини не тільки в економічних цілях, а й задля захисту навколишнього середовища від забруднень [7].

На противагу, метод екстракції забезпечує високу ефективність (до 99 %), але це спричиняє значне ускладнення технології та збільшує втрати на здійснення процесу, реагенти та обладнання. Вилучення цільових компонентів із рослинної сировини є складним процесом, оскільки наявність слабопроникної зовнішньої пористої структури призводить до того, що

тривалість цього процесу для такої рослинної сировини, як насіння амаранту, ріпаку, соняшнику та інших, становить кілька днів [8]. Цільовий компонент, що знаходиться в порах твердого скелета, рухається до поверхні фазового контакту за рахунок внутрішньої дифузії, і від поверхні фазового контакту до основної маси розчинника за рахунок зовнішньої. Ці процеси відбуваються за різної швидкості. Внутрішнє дифузійне перенесення компонента відбувається найповільніше та визначає швидкість усього процесу [6].

Зважаючи на це одним із пріоритетних напрямів досліджень є пошук умов інтенсифікації внутрішнього масообміну.

Екстракція передбачає можливість підбору великої кількості розчинників, що матимуть найвищу селективну здатність до визначеного типу олії: гексан, ефір, хлороформ, ацетонітрил, хлористий метилен, бензол та етанол [9].

У процесі екстрагування олій на виробництвах найчастіше використовують розчинники – гексан і н-гексан, оскільки вони призводять до найвищого (95%) кінцевого виходу олії [10]. Але застосування цих органічних розчинників зумовлює занепокоєння щодо безпеки здоров'я та навколишнього середовища, а тому, незалежно від їх високої ефективності видобутку, використання не тільки шкідливе та токсичне, але й призводить до забруднення повітря [11, 12]. Незважаючи на те, що Європейська комісія та Управління харчовими продуктами та лікарськими засобами (FDA) не забороняє використання гексану в харчовій промисловості, його, як і раніше, вважають та класифікують як небезпечний, а деякі міжнародні органи не рекомендують його використовувати для вилучення олії [13]. Тому проблема пошуку розчинників, що забезпечуватимуть достатній ступінь вилучення та одночасно не матимуть негативного впливу на якість цільових компонентів і навколишнє середовище, є актуальною.

#### **Матеріали та методи досліджень**

Об'єктами дослідження обрано зразки насіння ріпаку та сої, адже використання рослинних олій з цієї сировини в глобальних масштабах займає лідируючі позиції серед інших джерел рослинних олій [14]. Також ці культури широко розповсюджені на території нашої країни.

Середній вміст олії в соєвій сировині – 18–22 %, ріпаковій – 48–52 %. Варто зазначити, що наведені дані є довідковими та можуть змінюватися залежно від умов, в яких були вирощені олійні культури [15].

Соеву та ріпакову олії широко вико ристовують у харчовій промисловості, легко піддають обробці, утримують рідкий стан у широкому температурному інтервалі, що зумовлює їх придатність до вилучення методом екстракції з використанням різноманітних розчинників при великому діапазоні температур [16].

Ефективність екстрагування переважно залежить від розчинника та сировини – а саме основних параметрів: розчинної здатності першого та поверхні контакту другого. Із них з'являються похідні впливові умови процесу: температура (переважно визначається методом реалізації екстракції), вологість та ступінь подрібнення сировини, тривалість та термодинамічні умови. Увесь комплекс важелів інтенсифікації ефективності призводить до збільшення ступеня вилучення олії, але важливо проводити вибіркоче дослідження впливу кожного та комбінувати найбільш детермінуючі для визначення оптимальних умов екстрагування необхідного виду рослинної олії.

Критеріями вибору розчинників для промислового застосування є їхня вартість, характеристики розчинності, фізичні властивості, а також термічна та хімічна стійкість. Важливим фактором також є температурний діапазон вилучення, які характеризують ці розчинники. Температури кипіння цих розчинників дають змогу екстрагувати за оптимальної температури під атмосферним тиском (виняток – пропан), і розчинник може бути регенований дистиляцією, враховуючи парову дистиляцію. Визначено найперспективніші розчинники, що мають високу селективність та роздільну здатність – полярні [17]. Різний механізм міжмолекулярної взаємодії в екстракційних системах зумовлює відмінність між розчинністю та селективною здатністю у неполярних і полярних розчинників.

Здатність розчинника змішуватись із цільовим компонентом є головним критерієм вибору екстрагентів для проведення досліджень, основним параметром для яких є співвідношення полярностей олії та розчинника. Полярність характеризується діелектричною проникливістю

$\epsilon$  [17], яка для вибраних розчинників: хлористий метилен –  $\epsilon = 9,08$ , етанол –  $\epsilon = 25$ .

Етанол широко використовують як розчинник завдяки своїй невисокій вартості, легкості отримання та розповсюженості. Він має хорошу розчинність за відносно низької температури, неагресивний до металу та інертний до олії. Температура кипіння етанолу –  $78,37^\circ\text{C}$ . Хлористий метилен має, на відміну від етанолу, нижчу температуру кипіння –  $39,6^\circ\text{C}$  та вищий показник вилучення. Він стабільний в робочих умовах, не змішується з водою, що забезпечує легке відділення води від олії, і легко видаляється з продукту з низькою затратою енергії.

Окрім зміни екстрагента, ефективним методом інтенсифікації масообміну вилучення олії є подрібнення рослинної сировини, оскільки водночас із руйнуванням бар'єрів на шляху проникнення розчинника збільшується поверхня фазового контакту, що сприяє переходу внутрішньодифузійного механізму в область зовнішньодифузійного, у якій гідродинаміка позитивно впливає на швидкість процесу вилучення цільового компонента [18–20].

Необхідно зазначити, що зменшення фракцій екстрагованої сировини хоч і сприяє інтенсифікації вилучення олії, однак пов'язане із зростанням енергозатрат на реалізацію подрібнення. Тому виникає необхідність виявлення впливу фракційного складу на механізм екстрагування, для обґрунтування оптимальної дисперсності сировини.

Для визначення впливу ступеня подрібнення на ефективність вилучення олії проведено експериментальні дослідження з ріпаковою олією в різних умовах (розмір фракцій 0,35 мм, 0,75 мм та 1,5 мм, за температур:  $20^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$  і  $60^\circ\text{C}$  [18] та фракції 0,25 мм за температури  $30^\circ\text{C}$  [19–20]. Тому за доцільне було вирішено провести досліді із наявністю меншої фракції.

Швидкість вилучення залежить від температури та вологості, а також від встановлення рівноваги між дифузією розчинника до частинок сировини для розчинення олії та дифузією олії з частинок у розчинник, для якої необхідний час [21]. Тривалість дослідів [18–19] в 12 год призводила до значних енергозатрат, тому для оптимізації останніх, в проведених експериментах затверджено використання апарату Сокслета, який зумовлює температуру процесу рівну температурі кипіння

розчинника, що значно інтенсифікує масообмін та водночас дає змогу зменшити тривалість процесу без втрати ефективності.

З огляду на це, перспективно провести дослідження фракцій насіння сої та ріпаку з використанням різних екстрагентів тривалістю 8 год. Температуру процесу встановлювали відповідно до температур кипіння розчинників.

Зразки насіння з початковим діаметром зерна сої  $d_0 = 5\text{--}11$  мм та ріпака  $d_0 = 1,5\text{--}2$  мм попередньо подрібнено.

Визначено гранулометричний склад зразків за допомогою ситового розподілу та розділено розсіюванням на фракції еквівалентного діаметра  $d_1 = 0,2$  мм,  $d_2 = 0,5$  мм,  $d_3 = 1,0$  мм та суміш подрібнених фракцій.

Розділені зразки були попередньо висушені до вологості 2–5 %.

Кожну фракцію в патроні зі щільного фільтрувального паперу поміщали в апарат Сокслета (рис. 1). Апарат приєднаний до колби з розчинником та оснащений зворотним холодильником. Для процесу використано 320 мл полярного розчинника, що наближено відповідає пропорції Т:Р = 1:10. Екстрагент під час кипіння утворює пари, що рухаються вгору та конденсуються в холодильнику. Він забезпечує стікання всієї сконденсованої пари в камеру з патроном. Камера, що містить твердий подрібнений матеріал, повільно наповнюється розчинником. Частина олії розчиняється в екстрагенті. Коли камера Сокслета повністю заповнена, вона автоматично спорожняється з поверненням розчинника до колби. Цикл періодично повторюється протягом всього досліді.

Перевага цієї системи в тому, що замість багатьох порцій розчинника, пропущеного через зразок, рециркулюється сталий об'єм розчинника. Хоча зауважимо, що метод не підходить для термолабільних сполук, коли безперервне нагрівання може призвести до деградації. Підтримується порівняно висока температура випарювання розчинника з колби. Жодна фільтрація екстракту не потрібна, а зміщення динамічної рівноваги часто здійснюється за допомогою свіжого розчинника в контакт з твердою сировиною [22].

У експериментах використовували електричні колбонагрівачі LTHS-500 для підвищення стабільності та ефективності нагріву.

Відбір проби здійснювали кожні 2 години і проводили подальше визначення концентрації олії за допомогою відділення розчинника сушінням за його температури кипіння. Після закінчення експерименту розчинник було відігнуто, здійснено концентрування екстракту, залишки якого випарювали в сушильній шафі. За кінцевою масою розраховано вихід продукту.

### Результати досліджень та їх обговорення

Результати кількісного аналізу вилучення олії з соєвої сировини наведено у табл. 1, 2.

Таблиця 1

#### Концентрації соєвої олії при екстрагуванні хлористим метиленом

Тривалість, хв	С, г/л			
	0,2мм	0,5мм	1мм	суміш
120	21,60	20,40	20,20	19,60
240	23,58	21,19	23,76	23,66
360	30,13	26,60	24,18	24,48
480	29,42	25,82	24,16	26,33

Таблиця 2

#### Концентрації соєвої олії при екстрагуванні етанолом

Тривалість, хв	С, г/л			
	0,2 мм	0,5 мм	1 мм	суміш
120	12,20	11,00	7,20	4,00
240	18,11	16,92	12,53	5,63
360	20,51	18,95	14,70	6,25
480	20,44	19,93	16,75	8,43

Результати відсоткового виходу олії у відношенні до сухої маси сировини наведено в табл. 3.

Таблиця 3

#### Вихід соєвої олії, %

Фракція	Хлористий метилен	Етанол
0,2 мм	22,91	15,53
0,5 мм	21,03	15,22
1 мм	21,38	16,12
суміш	21,78	14,66

Результати наведено у вигляді графічних залежностей концентрації від часу  $C = f(t)$  (рис. 1, 2) та виходу олії від розміру фракції для обох досліджуваних екстрагентів (рис. 3).

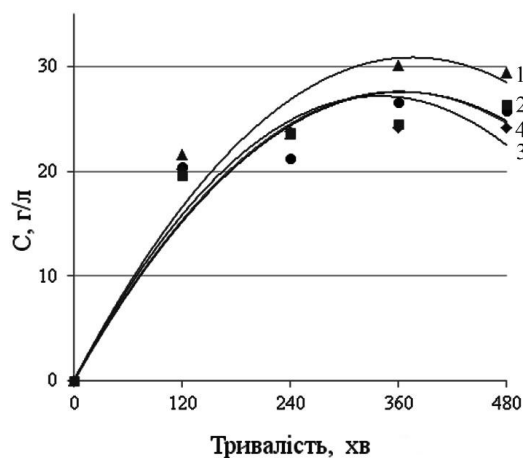


Рис. 1. Графічні залежності  $C = f(t)$  для сої, екстрагент – хлористий метилен (фракції: 1 – 0,2 мм; 2 – 0,5 мм; 3 – 1 мм; 4 – подрібнена суміш)

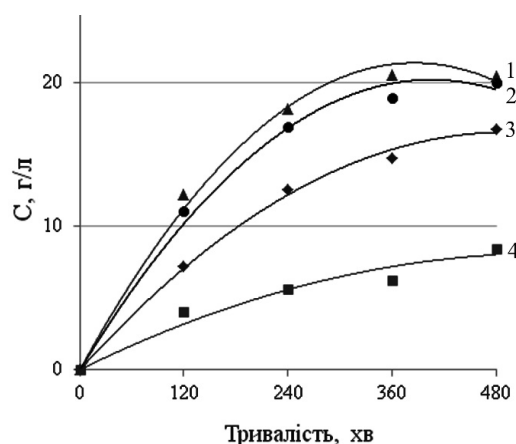


Рис. 2. Графічні залежності  $C = f(t)$  для сої, екстрагент – етанол (фракції: 1 – 0,2 мм; 2 – 0,5 мм; 3 – 1 мм; 4 – подрібнена суміш)

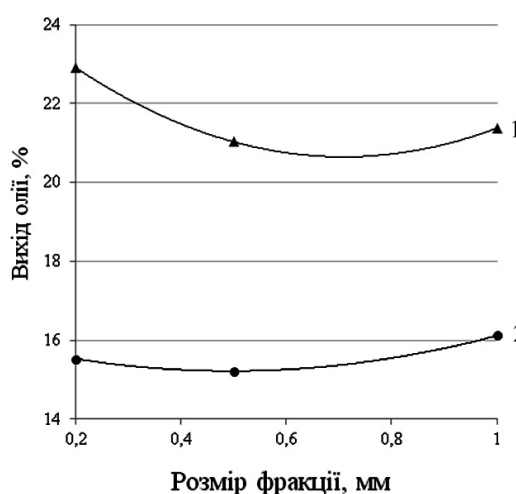


Рис. 3. Графічні залежності виходу олії від розміру фракції (1 – хлористий метилен; 2 – етанол) для сої

Аналогічно наведено результати зміни концентрацій олій для зразків ріпаку (табл. 4–5).

Таблиця 4

**Концентрації ріпакової олії при екстрагуванні хлористим метиленом**

Тривалість, хв	С, г/л			
	0,2 мм	0,5 мм	1 мм	суміш
120	55,40	51,40	25,20	39,60
240	66,96	55,23	32,94	47,59
360	71,18	65,00	40,07	51,66
480	70,53	66,75	41,21	51,75

Таблиця 5

**Концентрації ріпакової олії при екстрагуванні етанолом**

Тривалість, хв	С, г/л			
	0,2 мм	0,5 мм	1 мм	суміш
120	6,20	8,40	5,00	6,80
240	11,37	13,91	10,38	11,46
360	12,65	15,54	11,41	12,87
480	14,89	17,70	14,31	14,29

Результати кінцевого виходу ріпакової олії подано в табл. 6.

Таблиця 6

**Вихід ріпакової олії, %**

Фракція	Хлористий метилен	Етанол
0,2 мм	59,21	27,78
0,5 мм	45,09	18,53
1 мм	36,44	11,37
Суміш	44,56	9,94

Результати наведено у вигляді кривих залежностей концентрації від часу  $C = f(t)$  (рис. 4, 5) та виходу олії від розміру фракції для двох екстрагентів (рис. 6).

Результати експериментів показують, що згодом концентрація олії збільшується для кожної фракції та розчинника (рис. 2, 3, 5, 6). У процесі екстракції інтенсивне вилучення компонентів олії відбувається до 360 хвилин. Далі концентрація олії у зразку практично не змінюється незначно. Це

свідчить про ефективність використання апарату Сокслета, а саме підвищення температури із сумісним зменшенням тривалості екстрагування без втрати ефективності.

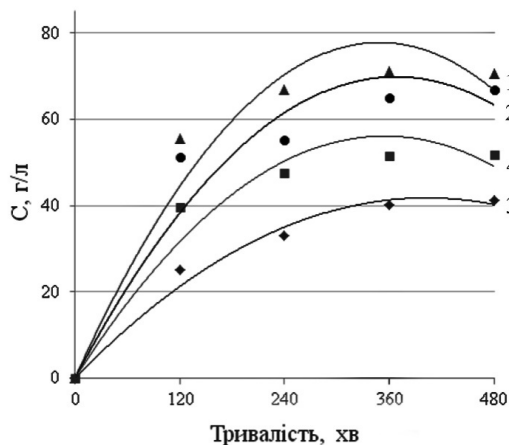


Рис. 4. Графічні залежності  $C = f(t)$  для ріпаку, екстрагент-хлористий метилен (фракції: 1 – 0,2 мм; 2 – 0,5 мм; 3 – 1 мм; 4 – подрібнена суміш)

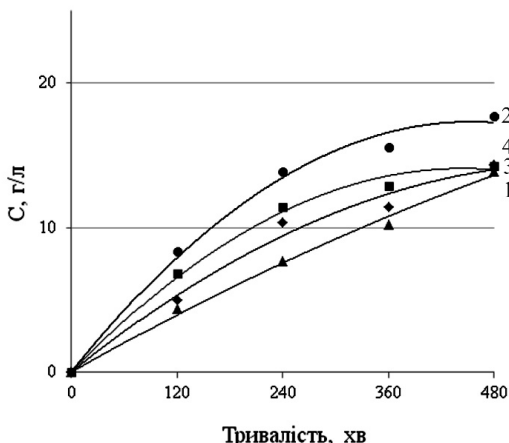


Рис. 5. Графічні залежності  $C = f(t)$  для ріпаку, екстрагент – етанол (фракції: 1 – 0,2 мм; 2 – 0,5 мм; 3 – 1 мм; 4 – подрібнена суміш)

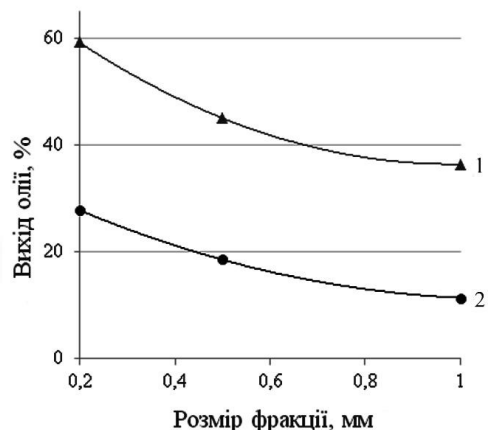


Рис. 6. Графічні залежності виходу олії від розміру фракції (1 – хлористий метилен; 2 – етанол) для ріпаку

З результатів залежності відсоткового виходу олії від розміру фракції (рис. 3, 6) спостерігається незначний позитивний вплив ступеня подрібнення сировини. Це свідчить про те, що з подрібненням збільшується поверхня контакту фаз. Із зменшенням розміру фракції збільшується концентрація олії в пробах та вихід продукту. Однак зменшення розміру фракцій сировини пов'язане із зростанням енергозатрат на реалізацію процесу, а саме на подрібнення. Тому необхідно визначити оптимальні умови процесу, враховуючи вплив дисперсності на механізм вилучення цільового компоненту.

Нерівноцінний вплив ступеня подрібнення під час використання двох різних розчинників пояснюється самою їх природою та здатністю до дифузії.

Насамперед цікавими є порівняння даних, одержаних із зразків із різними фракціями, подрібненою сумішшю – адже такі умови є найближчими до виробничих. Концентрація олії у подрібненій суміші з хлористим метиленом встановлюється на рівні значення усередненої досліджуваної фракції 0,5 мм, як серед зразків сої, так і ріпака (рис. 1, 4), що свідчить про допустимість використання такого подрібнення для промислової екстракції.

Щодо впливу етанолу спостерігається дещо інша залежність – насамперед відмітимо меншу ефективність його як екстрагента. З іншого боку – концентрація соєвої олії в пробах подрібненої суміші є істотно меншою порівняно з іншими фракціями (рис. 2). При екстракції ріпакової олії концентрація встановлюється близько значення усередненої досліджуваної фракції 0,5 мм (рис. 5). Причиною цього вочевидь є природа рослинного матеріалу – нерівномірний розподіл олії в об'ємі ядра зерна та захисної оболонки. Також на цей результат впливає і природа етанолу як розчинника.

Підсумовуючи сказане вище, очевидно, що найбільша концентрація та вихід продукту спостерігаються під час екстракції найменшої досліджуваної фракції  $d = 0,2$  мм та з використанням хлористого метилена як екстрагента. Оптимальний час процесу становить 360–480 хв. Збільшувати тривалість процесу не є однозначно доцільно, оскільки концентрація олії збільшується неістотно. Найактивніше вилучення цільового продукту проводиться в перші шість годин (рис. 1–2, 4–5).

Вміст олії в досліджуваних зразках дещо перевищує довідкові дані для ріпака (48–52 %) та сої (18–22 %), що цілком допустимо, адже цей параметр сировини напряму залежить від виду, територіального розміщення та умов, у яких вона була вирощена. Отримані дані кінцевого виходу олії свідчать про те, що у разі використання хлористого метилена досягається максимальний ступінь вилучення олії, а етанол є менш ефективним на 30 % для екстрагування соєвої олії, та на 50–70 % для ріпакової, що спричинене співвідношеннями полярностей між етанолом та екстрагованими оліями. Такі результати цілком очікувані, оскільки наявна велика різниця між значеннями діелектричної проникності двох досліджуваних розчинників. Ефективність полярних розчинників повинна бути досліджена додатково – а саме вплив величини діелектричної проникливості, особливості молекулярної структури, дипольного моменту тощо.

### Висновки

Аналіз результатів досліджень процесу екстрагування олії із різних фракцій подрібненої сировини вказує на те, що одним із найвпливовіших факторів інтенсифікації екстракції є ступінь подрібнення, метою якого є руйнування бар'єрів проникнення компонента. У разі використання хлористого метилена, екстрагування олії з подрібненої суміші є економічно доцільним, вихід олії досягає середнього значення між дослідженими сепарованими фракціями на рівні середнього еквівалентного розміру частинок 0,5 мм, у промислових умовах це забезпечить зменшення енергетичних затрат на подрібнення сировини до менших фракцій, що не сприяє достатньому збільшенню ефективності екстрагування для значного збільшення енергозатрат на подрібнення сировини до менших розмірів. У разі використання етилового спирту, як екстрагента, така залежність не спостерігається однозначно, що цілком пов'язано із природою самого розчинника та його дифузійними властивостями у відношенні до досліджуваних зразків.

Також помітна значна відмінність у результативності екстрагування між використаними розчинниками – хлористого метилена та етанолу. Така різниця вочевидь спричинена значеннями параметрів діелектричної проникливості розчинників, і для встановлення цих залежностей необхідно проводити детальніші дослідження.

Відмітимо також, що використання хлористого метилену не тільки збільшує вихід продукту, а й істотно зменшує витрати на енергію, оскільки процес відбувається за температури кипіння розчинника.

Отримані результати показують перспективність вилучення рослинних олій полярними розчинниками. З іншого боку, недостатньо інформації про вплив природи розчинника і доцільно ґрунтовніше вивчити вплив дипольного моменту та діелектричної проникності.

Необхідно також якісно проаналізувати одержувані олії, додатково зробивши висновок про вплив розчинника та способу одержання олії на якість продукту.

### References

1. Shehokin A. R., Kolesnyk YU. V., Kudrya S. O. (2001). "Tekhnolohiya vyrobnytstva biodyzel'noho palyva". *Pr. mizhn. konf. "Enerhetychna bezpeka Yevropy. Enerhozberezhennya ta vysokoefektyvnist'"*. *Ukrayins'ki entsyklopedychni znannya*, 221–225.
2. Semenishyn YE. M., Ivashchuk O.S., Rymar T. I. (2018) *Doslidzhennya kinetyky ekstrahuvannya oliyi z roslynnoi syrovyny ohranichnymy rozchynnykamy*, 177–183.
3. Myriam Lorena Melgarejo Navarro Cerutti, Antonio Augusto Ulson de Souza, Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza. (2012). *Food and bioproducts processing* 90, 199–204.
4. Kiple, K. F., K. C. Ornelas. (2000). *The Cambridge World History of Food*. Cambridge University Press, Cambridge, <https://doi.org/10.1079/BJN2001354>.
5. Harish, N., Anil Kumar, K., D. Srinivas & Sivala Kumar. (2017). Review on Oil Extraction Techniques. *International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)*, 567–576.
6. Semenishyn, Ye., Atamanyuk, A., Rymar, T., Ivashchuk, O., Hlukhaniuk, A. (2020) Mass transfer in the solid-liquid system: mechanism and kinetics of the extraction. *Chem. Chem. Technol.*, 121–128.
7. Ednilton Tavares de Andrade, Luciana Pinto Teixeira, Ivênio Moreira da Silva, Roberto Guimarães Pereira, Oscar Edwin Piamba Tulcan and Danielle Oliveira de Andrade, (2013) Facilities for Obtaining Soybean Oil in Small Plants, 48-52 DOI: 10.5772/52477.
8. Kolyanovs'ka, L.M., Bandura, V. M., Zehalyuk, O.V. (2012). Zastosuvannya teoriiy podibnosti v modelyuvanni protsesu ekstrahuvannya pid vplyvom mikrokhvyly'ovoho polya. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu*, 274–275.
9. Joana Gil-Chavez, G., Jos'e A. Villa, Fernando Ayala-Zavala, J. (2013). Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5–23.
10. Tan, Z. J., Yang, Z. Z., Yi, Y. J., Wang, H. Y., Zhou, W. L., Li, F. F., Wang, C. Y. (2016). Extraction of oil from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) using enzyme-assisted three-phase partitioning. *Applied biochemistry and biotechnology*, 179(8), 1325–1335.
11. Kumar, S. J., Kumar, G. V., Dash, A., Scholz, P., Banerjee, R. (2017). Sustainable green solvents and techniques for lipid extraction from microalgae: A review. *Algal Research*, 21, 138–147.
12. Konopka, I., Roszkowska, B., Czaplicki, S., & Tanska, M. (2016). Optimization of pumpkin oil recovery by using aqueous enzymatic extraction and comparison of the quality of the obtained oil with the quality of cold-pressed oil. *Food Technology and Biotechnology*, 54(4), 413–420.
13. Castejon, N., Luna, P., & Senorans, F. J. (2018). Alternative oil extraction methods from *Echium plantagineum* L. seeds using advanced techniques and green solvents. *Food Chemistry*, 244, 75–82.
14. Waboi Mwaurah P., Kumar S., Kumar N., Kumar Atkan A., Panghal A. (2019). Novel oil extraction technologies: Process conditions, quality parameters, and optimization, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 1–18.
15. Kazakov, Ye. D. (1973) *Zernovedeniye s osnovami rasteniyevodstva*. Moskva: Kolos.
16. Noor A. Febrianto, Tajul A. Yang. (2011). Producing High Quality Edible Oil by using Eco-Friendly Technology: A Review. *Advance Journal of Food Science and Technology* 3(4), 317–326.
17. Semenishyn, YE. M., Trots'kyi, V. I., Yatchyshyn, YU. Y., Koval's'ka, YU. V. (2008). Kinetyka ekstrahuvannya oliyi z nasinnya ripaku pid chas kypinnya rozchynnyka. "Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya". *Visnyk natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika"*, 215–218.
18. Semenishyn, Ê. M., Trots'kiy, V. I., Bodnar, P. N. (1993) Ekstraktsionnoye izvlecheniye tselevykh komponentov iz rastitel'nogo i mineral'nogo syr'ya. *Zhurnal prikladnoy khimii*. 2311–2314.
19. Semenishyn, YE. M., Rymar, T. I. (2017). Intensyfikatsiya protsesu ta kinetyka ekstrahuvannya tsil'ovyykh komponentiv z roslynnoi syrovyny. "Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya". *Visnyk natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika"*, 298–303.
20. Semenishyn, YE. M., Stadnyk, R. V., Fedorchuk-Moroz, V. I., Fesenko, S. V., Maslov, YU. V. (2013). Kinetyka i mekhanizm ekstrahuvannya oliyi z roslynnoi syrovyny. *Naukovi praktyky "Odes'ka natsional'na akademiya kharchovykh tekhnolohichnykh"*, 116–120.

21. Rashid, U., Anwar, F., Ansari, T. M., Muhammad Arif Mushta Ahmad, M. A. (2009). "Optimization of alkaline transesterification of rice bran oil for biodiesel production using response surface methodology». *Wiley Interscience. Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 1364–1370.

22. Joana Gil-Ch'avez, G., Jos'e A. Villa, Fernando Ayala-Zavala, J. (2013). Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5–23.

**A. R. Hlukhaniuk, T. A. Kuzminchuk, R. A. Chyzhovych, Ye. M. Semenyshyn, O. S. Ivashchuk**  
Lviv Polytechnic National University,  
Department of Chemical Engineering

**RESEARCH OF GRINDING DEGREE INFLUENCE AND POLAR SOLVENTS NATURE  
ON THE EFFICIENCY OF OIL WITHDRAWAL FROM VEGETABLE RAW MATERIAL USING  
EXTRACTION METHOD**

The article presents results of experimental data of a study of the extraction process of vegetable oil from soybean and rapeseed in a stationary layer, held using a Soxhlet apparatus. Polar solvents such as methylene chloride and ethanol were used as the extractants. The influence of the grinding degree of the particles of vegetable raw material on the oil yield were investigated. Solvents' nature impact on the efficiency of the process is established. The results of quantitative analysis are presented in the form of graphical dependencies with the presence of basic process parameters. The dependences of the change in the concentration of oil in the volume of the solvent with increasing the duration of the process and the yield of the target product on the change in the size of the separated fractions are given.

**Key words:** extraction, vegetable raw materials, grinding degree, polar solvents, Soxhlet apparatus, soybean oil, rapeseed oil.