

IMPROVING THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF OIL EXTRACTION

L. Kolianovska

Vinnitsia National Agrarian University

Key words:

*Rapeseed oil
Soybean oil
Extraction
Intensity of mass transfer
Mathematical model
Extractor with
microwave intensifier*

Article history:

Received 28.09.2016
Received in revised form
03.10.2016
Accepted 23.10.2016

Corresponding author:

L. Kolianovska
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the intensification of extraction process of soybean and rapeseed oil production from the industrial seeds under the action of microwave field. The influence and recommended parameter indications for maximum extraction of the main component under the electromagnetic interference were researched. The experimental methods of modeling have been used for obtaining the diffusion mass impact coefficients and summarizing the experiment results of extracting oil from rapeseed and soybean under microwave field. The importance of mass impact coefficients according to the extracting conditions has been proved. The ratio of the dimensionless similarity numbers was determined to calculate the intensity of mass transfer in the extractor with microwave intensifiers. The methods of engineering calculation of the extractor with solenoid intensifier and technological scheme of the process have been obtained.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРАКЦІЙНИХ ОЛІЙ

Л.М. Коляновська

Вінницький національний аграрний університет

У статті досліджено інтенсифікацію процесу екстрагування олії з насіння промислового призначення сої та ріпаку дією мікрохвильового поля. Досліджено вплив і визначено рекомендовані показники факторів для максимального вилучення цільового компонента при електромагнітному впливі. Розроблено методи експериментального моделювання, що дають змогу визначити коефіцієнти дифузії та масовіддачі, а також узагальнити результати експериментів екстрагування олії з насіння ріпаку та сої під впливом мікрохвильового поля. Визначено значення відповідних до умов проведення екстрагування коефіцієнтів масовіддачі, а також співвідношення в безрозмірних числах подібності для розрахунку інтенсивності масоперенесення в екстракторі з мікрохвильовим інтенсифікатором. Розроблено методіку інженерного розрахунку екстрактора з електромагнітним інтенсифікатором і технологічну схему процесу.

Ключові слова: ріпакова олія, соєва олія, екстрагування, інтенсивність масо-перенесення, математична модель, екстрактор з мікрохвильовим інтенсифікатором.

Постановка проблеми. Олійно-жирова галузь у нашій країні посідає провідне місце в агропромисловому комплексі, що пов'язано із широким впровадженням у харчову промисловість досягнень науки і техніки, інтенсифікацією виробництва і високим попитом 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 у чистому (незміненому) вигляді, так і у вигляді продуктів переробки: маргарину, кухонного жиру, майонезу тощо.

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

У виробництві рослинної олії завдання створення ресурсозберігаючих процесів, високоефективного устаткування та ліній доречно розглядати, поперше, з точки зору удосконалення існуючих процесів, обладнання, агрегатів, установок і ліній, а також оптимізації конструктивно-технологічних параметрів; по-друге, розробки нових ресурсозберігаючих процесів, обладнання і ліній [1—9].

Основними способами отримання рослинних олій є віджим (пресування) і екстрагування (органічними розчинниками або зрідженим вуглекислим газом).

Пресовим способом неможливо домогтися повного знежирення макухи. На частинках макухи, яка виходить з преса, завжди залишаються тонкі шари олії, що утримуються великими поверхневими силами, які у багато разів перевищують тиск, що розвивається в сучасних пресах. Після пресів з максимальним вилученням олії олійність макухи залишається на рівні 4...7%, а після форпресів макуха має олійність 15...17% [1—9]. Екстрагування — спосіб, який забезпечує максимально повне вилучення олії, заснований на властивості деяких речовин розчиняти в собі жири. Це більш сучасний спосіб порівняно з пресуванням.

Процес екстрагування рослинних олій проводять способом занурення екстрагованого матеріалу в рухомий розчинник або способом ступеневого зрошення розчинником протитечієвого перемішуваного оброблюваного матеріалу. Інші способи екстрагування поширені менше [1—9].

Незважаючи на сучасний рівень екстракційних апаратів конструкцій (вертикально-шнекових, стрічкових, вежових, кошикових, двоярусних роторних карусельних, ротаційних тощо), їх технічні показники все ж потребують удосконалення.

Недоліками способу занурення, при якому використовують конструкції вертикально-шнекового і вежового екстрактора, є низькі концентрації кінце-

вих місцел (15—20%); відносно високий вміст домішок у місцелі і пов'язана з цим складність системи фільтрації; великі розміри екстракторів за висотою; можливість вимивання і винесення з місцелою часток екстрагованого матеріалу і його спливання, тоді як щільність матеріалу нижча за щільність кінцевих місцел [1—9].

Недоліками способу ступеневого зрошення (перколяційного), з використанням конструкції стрічкового екстрактора, є невисокий коефіцієнт використання геометричного об'єму екстрактора (не вище 45%); можливість утворення вибухонебезпечних концентрацій сумішів парів розчинника та повітря всередині апарата; складні комунікації циркуляційної системи розчинника й місцели і велика кількість насосів; складна кінематична схема приводу апарата [1—9].

Також технологічні схеми екстракційного вилучення олій є складними і непридатними для невеликих підприємств, оскільки обладнання, що застосовується, металоємне, ресурсозатратне, вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу, а традиційні розчинники є вибухо- та пожежонебезпечними.

За кількістю викидів теплоти, газових і водяних стоків у навколишнє середовище комбінати з отримання рослинних олій потребують необхідності пошуків нових технологій, які зменшать шкідливість впливу на екологію і модернізують процес вилучення олії. Допоможе в цьому розумне застосування сучасних уявлень, принципів і способів для комплексного вирішення вищезазначених проблем у виробництві рослинних олій. Важливим кроком на шляху до цього є вивчення процесу екстрагування, в результаті якого отримують олії з використанням властивостей досліджуваних об'єктів.

Мета дослідження: інтенсифікація процесу екстрагування олії, зниження енерговитрат при збільшенні її виходу під впливом мікрохвильового опромінення.

Виклад основних результатів дослідження. Дослідження кінетики екстрагування насіння сої та ріпаку, описані в [10; 11], показали, що при порівнянні інтенсивності дії розчинників під впливом мікрохвильового опромінення та без нього, з температурним режимом кипіння розчинників, інтенсифікуюча дія етилового спирту при екстрагуванні в МХ полі в 1,5 раза більша, ніж при кипінні без впливу поля. Це пояснюється полярністю етилового спирту й основного впливу в процесі масоперенесення числа енергетичної дії, числа Бурдо, на протиположний неполярному гексану. Дані показники надають можливість у подальшому для використання при екстрагуванні олії із сої та ріпаку в умовах мікрохвильового поля віддавати перевагу полярному, нетоксичному, більш безпечнішому (порівняно з гексаном) розчиннику — етиловому спирту, тому в запропонованій технологічній схемі для роботи невеликих виробництв з екстрагування олієвмісної сировини рекомендовано як розчинник етиловий спирт. У даній схемі також передбачається видобування олії нерафінованої без процесу дезодорації, який проводиться при температурі 210—240 °С і є необхідним для вилучення парів бензинів при традиційних технологіях. Уникнення «агресивних» температур для біологічно-активних речовин шляхом використання розчинника етило-

вого спирту надасть можливість зберегти натуральний смак та аромат, притаманний даній сировині, а також досягти максимального наближення до природного вмісту кількості видобутих складових вітаміну Е — токоферолів в отриманих зразках олії. Технологічна схема запропонована на основі теоретичних і практичних досліджень.

Основними елементами технологічної схеми є екстрактор з електромагнітним інтенсифікатором, випарна установка, ректифікаційна колона, сушарка, відстійник, випарник (рис. 1).

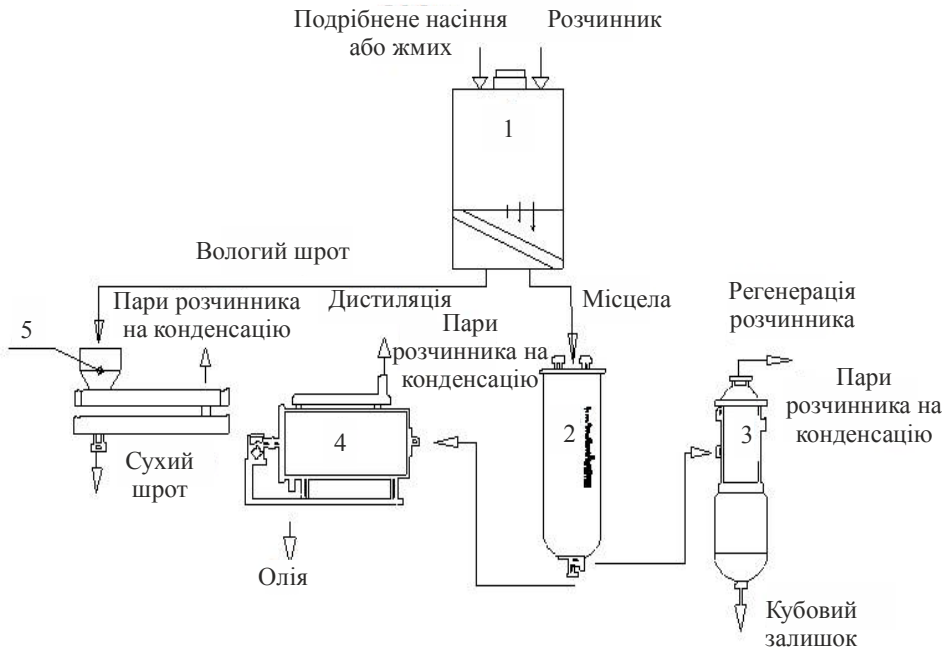


Рис. 1. Технологічна лінія для вилучення олії з насіння сої і ріпаку: 1 — вальцьовий прес; 2 — екстрактор з МХ інтенсифікатором; 3 — шнековий прес; 4 — відстійник; 5 — випарник; 6 — ректифікаційна колона; 7 — сушарка

Готовий жмих ріпаку чи сої або пропущене через вальцьовий прес насіння сої (як сировина, що переважно екстрагується прямою екстракцією) надходить на екстрагування до екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором, в який додаємо розчинник (спирт чи гексан).

Після екстрагування олії суміш зливаємо в бункер шнекового преса. До екстракційної камери завантажується свіжа сировина й розчинник і знову відбувається процес екстрагування. Місцела накопичується у відстійній колоні, де відбувається розділення олії від спирту протягом доби. Розділення відбувається мимовільно, тому що етиловий спирт при 20 °С не змішується з рослинними оліями. При охолодженні місцели і її відстоюванні спостерігається чітке розділення олії та спирту. Після розділення олії та спирту шляхом їх роздільного зливання з олії остаточно видаляємо розчинник у роторно-

вакуумному дисковому випарнику. Олію, вилучену за допомогою розчинника гексану, без відстоювання направляємо на випарювання, оскільки гексан навіть при низьких температурах не розділяється з олією. Характеристики по роторно-вакуумному дисковому випарнику: температура теплоносія в тепловому кожусі — 70—75 °С, остаточний вакуум — 0,5 мПа. Випарювання при вищих температурах призведе до зменшення біологічно активних речовин в продукті.

Розчинник після закінченню процесу відстоювання надходить на наступний цикл на екстрагування. Дослідження екстрагування насіння сої та ріпаку показали, що розчинник після відстоювання можна використовувати до тих пір, поки його концентрація не знизиться до 88—90%. Розсоли (кубовий залишок) охолоджуються і з них отримуються фосфоліпіди (основні складові біологічних мембран) та гліколіпіди (є складовими всіх плазматичних мембран — плівка, що відділяє клітину від зовнішнього середовища). Вміст фосфоліпідів у середньому складає 0,012—0,015 г/л. Вологий шрот висушується у шнековій сушарці при температурі 50 °С з постійним відведенням парів розчинника.

Важливим показником отриманих зразків ріпакової та соєвої олії є їх хімічний склад. Дослідження зразків проводилось у лабораторії ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат». Зразки повністю відповідали вимогам «ДСТУ 4534:2006 Олія соєва. Технічні умови» та «ДСТУ 46.072:2005 Олія ріпакова. Технічні умови» (табл. 1).

Таблиця 1. Відповідність досліджуваних зразків олій вимогам державних стандартів України (ДСТУ)

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 вологи та летких речовин	0,24...0,25	не більше 0,25	0,19...0,2	не більше 0,2
Перекисне число, 1/50 ммоль/кг	8,9...9,0	не більше 10,0	9,1...9,3	не більше 10,0
Масова частка фос- форовмісних речовин у перерахунку на стеаролецитин, %	1,8...1,9	не більше 2,0	4...4,4	не більше 6,0
Масова частка еруко- вої 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 C₂₉H₅₀O₂ (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст токоферолів у зразках ріпакової і соєвої олій

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

Вміст токоферолів, у досліджуваних в лабораторії ОНАХТ за допомогою високоефективного рідинного хроматографа HP 1100 (Agilent Technologies (США) зразках олій, що отримали за допомогою мікрохвильового інтенсифікатора, в 1,5—1,8 раза більший, ніж в оліях, отриманих традиційним методом. Такий результат пов'язаний із перевагою бародифузійних технологій, що суттєво полегшують вихід із капілярно-пористої структури олієвмісного насіння сої та ріпаку крупних молекул і з'єднань.

Висновки

Розроблено технологічну схему екстракційного вилучення олії із насіння ріпаку й сої за допомогою мікрохвильового інтенсифікатора та отримано продукт, що відповідає вимогам чинних державних стандартів і містить підвищену кількість токоферолів порівняно із класичною технологією екстрагування.

На основі конструктивних і технологічних параметрів напівпромислової періодичної моделі екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором розроблено проект промислового екстрактора безперервної дії «Модуль» для системи «тверде тіло — розчинник». На розробленій установці було отримано зразки олій, що відповідали вимогам ДСТУ (табл. 1), також у 1,5—1,8 раза збільшено кількість цінного компонента вітаміну Е — токоферолу завдяки інтенсифікації процесу мікрохвильовим полем і розробленій технологічній схемі.

Література

1. Буйвол С.М. Особливості екстрагування амарантової олії різними розчинниками / С.М. Буйвол // Зб. наук. пр. молодих учених, аспірантів та студ. ОНАХТ. — 2011. — Т. 1. — С. 162—163.
2. Поперечний А.М. Удосконалення процесу екстрагування прянощів / А.М. Поперечний — Спецвипуск. — 2012. — № 7. — С. 20—23.
3. Поперечний А.М. Розробка конструкції та методики розрахунку вібраційного екстрактора / А.М. Поперечний, С.О. Боровков // Вісн. ДонНУЕТ. Серія: Технічні науки. — Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. — № 1 (41). — С. 15—23.
4. Зав'ялов В.Л. Дослідження кінетики процесу екстрагування з листової чайної сировини в апаратах періодичної дії з різними вібраційними системами перемішування / В.Л. Зав'ялов, Н.В. Попова, О.П. Лобок // Вісн. Харків. нац. техн. ун-ту с-г. ім. П. Василенка. — 2007. — С. 102—112.
5. Капетула С.М. Кінетика екстрагування олії із насіння амаранту в мікрохвильовому полі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / С.М. Капетула. — Одеса, 2012. — 20 с.
6. Пат. 2216574 Российская Федерация, МПК⁷ С 11 В 1/10. Способ экстракции ценных веществ из растительного сырья с помощью СВЧ-энергии / А.И. Марколия, Н.И. Малых,

Л.Г. Голубчиков, Е.С. Ямпольский, Г.И. Астапенко. — № 2002100236/13; заявл. 11.01.2002; опубл. 20.11.2003.

7. Пат. 2216575 Российская Федерация, МПК⁷ С 11 В 1/10. Промышленное устройство для экстракции ценных веществ из растительного сырья с помощью СВЧ-энергии / А.И. Марколия, Н.И. Малых, Л.Г. Голубчиков, Е.С. Ямпольский, Г.И. Астапенко, В.Г. Балашов, А.П. Жуков, Т.П. Топчий. — № 2002100237/13; заявл. 11.01.2002; опубл. 20.11.2003.

8. Пат. 2075214 Российская Федерация, МКИ⁶ С 11 В 1/10, 9/02. Способ микроволновой экстракции биологического сырья / О.И. Квасенков; ВНИИ консерв. и овоще-суш. пром-ти. — № 94036034/13; заявл. 27.09.94; опубл. 10.03.97, Бюл. № 7.

9. Пат. України, МКИ С12G1/02. Экстрактор / В.Г. Терзієв, Т.А. Начасєва, М.Д. Захаров, О.Г. Бурдо. — № 99095364; заявл. 29.09.1999; опубл. 15.09.2000, Бюл. № 4.

10. *Коляновська Л.М.* Інтенсифікування процесів екстрагування при виробництві олії із сої та ріпаку: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Л.М. Коляновська. — Вінниця, 2014. — 259 с.

11. Пат. 86703 Україна, С11В 1/10(2006.01) Спосіб одержання ріпакової олії / О.Г. Бурдо, В.М. Бандура, Н.В. Ружицька, Л.М. Коляновська. — № у 2013 07975; заявл. 25.06.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННЫХ МАСЕЛ

Л.Н. Коляновская

Винницкий национальный аграрный университет

Статья посвящена исследованию интенсификации процесса извлечения масла из семян сои и рапса промышленного назначения под действием микроволнового поля. Исследовано влияние и определены рекомендованные показатели факторов для максимального извлечения целевого компонента при электромагнитном воздействии. Разработаны методы экспериментального моделирования, которые дают возможность определить коэффициенты диффузии и массоотдачи, а также обобщить результаты экспериментов извлечения масла из семян рапса и сои под влиянием микроволнового поля. Определены значения соответствующих условий проведения экстрагирования коэффициентов массоотдачи, а также соотношение в безразмерных числах подобия для расчета интенсивности массопереноса в экстракторе с микроволновым интенсификатором. Разработан технологический процесс и методика инженерного расчета экстрактора с электромагнитным интенсификатором.

Ключевые слова: *рапсовое масло, соевое масло, экстрагирование, интенсивность массопереноса, математическая модель, экстрактор с микроволновым интенсификатором.*