

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 66.061.34

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ

*Бандура Валентина Миколаївна к.т.н., доцент
Коляновська Людмила Миколаївна к.т.н., ст.викладач
Вінницький національний аграрний університет
Bandura V.
Kolyanovska L.
Vinnytsia National Agrarian University*

Анотація: стаття присвячена інтенсифікації процесу екстракції. На сьогоднішній день існує багато методів видобутку для вилучення цільового компоненту із системи «твердого тіла». Екстрагування цільових компонентів з рослинної сировини характеризується складним механізмом масоперенесення.

Ключові слова: інтенсифікування, екстрагування, кінетика, мікрохвильовий вплив, псевдозріджений шар, низькочастотні коливання, ультразвук, іонізуюче випромінювання.

Вступ

Як правило, новітні технології виникають слідом за формуванням нових вимог до якості продукції. В даний переломний час переходу від кількісних показників до якісних це стосується в повній мірі перш за все харчової промисловості. Останнім часом зросла увага до розробок сучасних технологічних процесів в т.ч. процесу екстрагування, про що свідчить велика кількість наукових робіт в цій області.

Задачі досліджень

Метою роботи є дослідження та узагальнення методів інтенсифікування процесів екстрагування із рослинної сировини.

Результати досліджень

Найбільша можливість інтенсифікувати процес екстрагування пов'язана з дією на коефіцієнт масовіддачі, який залежить від гідродинаміки процесу, тобто від швидкості відносного руху твердої фази. Цю швидкість називають ще швидкістю обтікання. Зі збільшенням швидкості руху екстрагента відносно частинок сировини молекулярний механізм перенесення змінюється на конвективний і різко зменшує величину дифузійного пограничного шару. Вибір доцільних гідродинамічних умов дає змогу замінити дорогі екстрагенти на більш доступні і, зрозуміло, зменшити витрати, пов'язані з подрібненням сировини.

Одним із факторів, що впливає на інтенсифікування процесу екстрагування, що застосовуються у промисловості, є вплив вологості матеріалу. Вологість впливає на змочування матеріалу розчинником і на дифузію олії всередині частин. Підвищена вологість

погіршує змочування поверхні як внутрішньої так і зовнішньої. Це призводить до набухання частин і зменшення пористості, що є причиною значного злежування матеріалу.

При низькій вологості під час підготовки жмихової крупки чи пелюстка утворюється велика кількість мілких часток, в результаті чого підвищується відстій в місцелі. На сьогоднішній день для форпресового пелюстка при переробці його на лінії НД-1250 вологість повинна складати 8,0%...9,0%.

Вагомим є вплив ступеню подрібнення рослинної сировини на інтенсифікування процесу екстрагування, метою якого є збільшення сумарної поверхні контакту сировини і розчинника, від якої залежить ступінь вичерпності сировини. Багато авторів займалися дослідженнями з приводу оптимізації ступеню подрібнення [1-4] і з'ясували, що ця величина становить не менше 0,25-0,5 мм для рослинної сировини. Причиною цього є повне порушення структури клітини у зв'язку із подрібненням до стану «рослинного борошна», яке разом із позитивним результатом дає й негативний: при вилуговуванні разом із цільовими компонентами в розчин переходить і велика частина баластних речовин [4]. Автори Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. стверджують, що гідродинамічні умови фільтрування екстрагента через шар часток в міру зменшення їх розміру значно погіршуються. Це означає, що для кожного виду сировини та умов протікання процесу екстрагування існує певний оптимальний розмір часток, при якому сумарний внутрішній і зовнішній дифузійний опір є мінімальним.

Механічні методи в процесі екстрагування необхідні для поліпшення умов масовіддачі від поверхні частинок до екстрагента. Вони запобігають блокуванню поверхні одних частинок іншими, забезпечуючи участь всієї поверхні частинок в процесі. У деяких випадках, як стверджує Абиєв Р.Ш. доцільно використовувати метод механохімічної активації, при якому одночасно відбуваються процеси подрібнення та екстракції.

Авторами Молоховою Л.Г. та Решетіловою А.Є. проведена розробка наукових основ і математичне моделювання процесів тепло- і масоперенесення в капілярно-пористих колоїдних матеріалах процесів виробництва олій. Їх праці присвячені вдосконаленню технології процесу екстрагування біологічно активних речовин із лікарської сировини. Автори пропонують вищезазначену нову технологію механохімічної екстракції, що полягає в механічній обробці порошкових сумішей рослинної сировини і твердих адсорбентів різноманітної хімічної природи.

Авторами наукової школи Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького на чолі із д.т.н., професором Білоногою Ю.Л. запропоновано інтенсифікувати процес екстрагування термолабільних субстанцій в апаратах з псевдозрідженим шаром поверхнево-активними речовинами. Зміна гідродинамічних показників системи та зменшення дифузійного опору дозволило мінімізувати середню товщину приповерхневого ламінарного шару та збільшити вихід екстракту.

Температура процесу – фактор інтенсифікування екстрагування, що впливає на швидкість та повноту процесу. При збільшенні температури посилюється тепловий рух молекул, знижується в'язкість розчинника і олії, підвищується швидкість дифузії. Температура процесу визначається із фракційного складу чистого розчинника. На стадії підготовки сировини до екстрагування термічні методи направлені на зменшення внутрішнього дифузійного опору. Вони знижують стійкість цитоплазматичних мембран, призводять до розриву клітин сировини, екстрагент більш вільно проникає в клітину і збільшується контакт сировини з розчинником [5]. Термічні методи інтенсифікування на

стадії проведення процесу спрямовані на збільшення коефіцієнта дифузії речовини, що екстрагується. Проте, вплив високих температур може призвести до погіршення якості одержуваного екстракту або зміни фізичних властивостей частинок. Так, наприклад, під дією високих температур можуть змінюватися пружні властивості сировини, що може призвести до погіршення умов масовіддачі і відповідного збільшення зовнішнього дифузійного опору, внаслідок чого сумарний дифузійний опір виявиться не меншим, а більшим. Тому термічні методи на даній стадії не можна вважати істотним засобом інтенсифікування процесу [5].

Вплив об'єму розчинника і різниці концентрацій – це потенційна сила дифузії. Чим вищий градієнт концентрації, тим швидше проходить екстрагування. В оптимальному варіанті це різниця концентрацій олії в вихідному матеріалі і нуль в чистому розчиннику, тобто олійність [5].

Поряд із традиційними методами інтенсифікації процесу екстрагування (подрібнення, перемішування, нагрівання) останнім часом широко почали застосовувати й нові способи, такі як накладення поля коливань механічних (низькочастотних), звукових і ультразвукових, високовольтних розрядів рідини. Як стверджують автори Молчанов Г.І., Стабніков В.П. застосування даних впливів дозволяє значно підвищити ефективність процесу навіть при кімнатній температурі, зменшити масообмінні характеристики обладнання, вагомо зменшити величину витрат електричної енергії. Під час застосування механічних низькочастотних (інфразвукових) коливань у системі тверде тіло — рідина проходить вимивання зі зруйнованих клітин внутрішньоклітинного вмісту і його розчинення.

Із досліджень Орлова В.А., Хмелева В.Н. є дані про обробку плодової мезги ультразвуком. Ультразвук завдає руйнівної, подрібнювальної дії на рослинні клітини. Сировину обробляють ультразвуком з використанням магнітострікторів, робота яких заснована на створенні вібрації за рахунок зміни лінійних розмірів деяких матеріалів (нікелю і його сплавів) під впливом магнітного поля. Негативними сторонами даного впливу є порівняно велика витрата енергії.

У випадку використання як екстрагентів зріджених газів відкривається можливість принципово нового способу подрібнення, що відрізняється від традиційних (розколювання, стирання, роздавлювання), який висвітлюють науковці Задерякіна З.Г. та Ветров П.Г. Він полягає в тому, що деформація здійснюється вибухом (різким скиданням тиску) і ґрунтується на здатності зріджених газів за нормальних умов досить швидко випаровуватись з усього об'єму сировини.

Значної інтенсифікації масообміну в системі тверде тіло - рідина можна досягти, застосовуючи імпульсну обробку рослинної сировини. Поряд із механічним і гідравлічним способами існують електроімпульсні, які у свій час досліджував Папченко А.Я., магнітоімпульсні – автор Гієтік Г.Ф. і лазерні (оптикоімпульсні) методи інтенсифікації екстрагування з рослинної сировини – автори Чаплінська М.Г., Голов Є.В., які мають свої переваги. Проте основним недоліком цих методів є великі енерговитрати.

Під час механічного способу накладення на середовище коливальних силових полів прискорення дифузійного механізму перенесення добре проявляється в межах низьких частот 3-50 Гц при малих розмірах частинок.

Вміст розчинних речовин в екстракті значно підвищується, якщо попередньо обробити рослинну сировину змінним електрострумом, як стверджує автор Шулика В.А., що призводить до часткової мацерації тканин, денатурації білкових речовин протоплазми

клітин, збільшення проникності клітинних оболонок, полегшуючи дифузію їх вмісту в навколишнє середовище.

Подібним чином на рослинну сировину діє обробка іонізуючими випромінюваннями, яку проводять в спеціальних апаратах-опромінювачах – автор Голов Є.В.

У лабораторії екологічних ресурсів ІМПБ РАН та Департаменті харчової та переробної промисловості МСХПРФ науковці Алеїніков І.Н. та Сергєєв В.Н. вивчали електро-вибухову екстракцію високого тиску, засновану на використанні електрогідралічного ефекту Юткіна, з метою застосування її у харчовій промисловості (при переробці лушпиння гречки, цибулиння, жому різних ягід і т.д.).

Також запропоновано екстрагування за допомогою надкритичних флюїдів, заснована на унікальній властивості розчинників в надкритичному стані, що досліджував Дадашев М.Н. Технологія базується на аномально високій розчинності надкритичних флюїдів при температурах і тиску, близьких до критичних. У порівнянні з рідкими розчинниками надкритичні флюїди відрізняються більш високим коефіцієнтом дифузії і більш низькою в'язкістю і коефіцієнтом поверхневого натягу, що дозволяє в 2-3 рази пришвидшити екстракцію.

Останнім часом все більш широке застосування знаходять вакуумно-імпульсні технології переробки рослинної сировини, які дозволяють одержувати досить концентровані екстракти за короткий термін з найменшими витратами сировини та енергії – автор Венгер Л.О. В основу принципу дії вакуумно-імпульсної екстракції покладена попередня дегазація сировини під вакуумом, її просочування екстрагентом під атмосферним тиском, періодичне прогрівання з подальшим імпульсним вакуумуванням до залишкового тиску, рівного тиску пари розчинника при даній температурі, і з'єднанням з атмосферним тиском.

Також проблемам інтенсифікації масообмінних процесів в умовах вакуумування присвячені праці Я.М. Гумницького зі співавторами. При цьому утворюється трифазна система тверде тіло - рідина - газ, яка характеризується високим значенням коефіцієнта масовіддачі. Під час екстрагування цільового компонента з твердих частинок в умовах вакуумування бульбашки пари, які утворюються на поверхні твердої частинки, відриваючись, руйнують пограничний дифузійний шар. Особливістю цього методу є створення розрідження в системі, що приводить до кипіння рідини при відносно невисоких температурах.

Масообмін під час екстрагування розчинних речовин із частинок рослинної сировини під вакуумом вивчався у роботах О. В. Стратієнко. Показано, що екстрагування в умовах вакууму дає можливість збільшити швидкість процесу в 6-8 разів порівняно з механічним перемішуванням. Разом з тим слід зазначити, що метод вакуумування має певні недоліки (витрата енергії, необхідність спеціального обладнання та ін.). Однак подальше вдосконалення цього методу дасть можливість вийти на промислові масштаби.

Великого поширення набувають технології CO₂ екстракції (автор Аверін К.М.), їх позитивні сторони наступні: отримання нативних екстрактів, виключення високих температур, підвищення якості цільових продуктів, універсальність розчинника CO₂ (не горючий, не є вибуховою речовиною, є у великих кількостях, має невисоку вартість). Для збільшення швидкості екстрагування використовують каталізатори, поверхнево активні речовини, хімічні модифікатори.

Віброекстрагування є порівняно новим технологічним процесом і сьогодні має певний розвиток на кафедрі процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій. Провідними науковцями НУХТ В.Л. Зав'яловим та В.С. Бодровим

набуто глибоких уявлень про гідродинаміку і масообмін неперервного та періодичного віброекстрагування.

Використання НВЧ-нагріву дозволило інтенсифікувати процес теплової обробки сировини і екстрагування стійких розчинних речовин водним середовищем [5]. Позитивні результати використання електромагнітного імпульсного випромінювання були отримані: при виробництві харчових барвників з буряка, плодово-ягідної сировини, у схемі прискореного дозрівання коньячних спиртів [5], при добуванні кедрової олії з насіння сосни сибірської [6], в лабораторних умовах для прискорення вилучення фунгіцидів з деревних матеріалів [5], при отриманні соєвої та ріпакової олії [7], при добуванні олій з листя м'яти, розмарину, чайного дерева, сандала та інших рослин, при екстрагуванні нікотину з тютюнової сировини.

Із урахуванням того, що ефективність екстрагування в значній мірі залежить від способу підготовки сировини до процесу, методи екстрагування можна узагальнити за класифікацією (рис. 1).

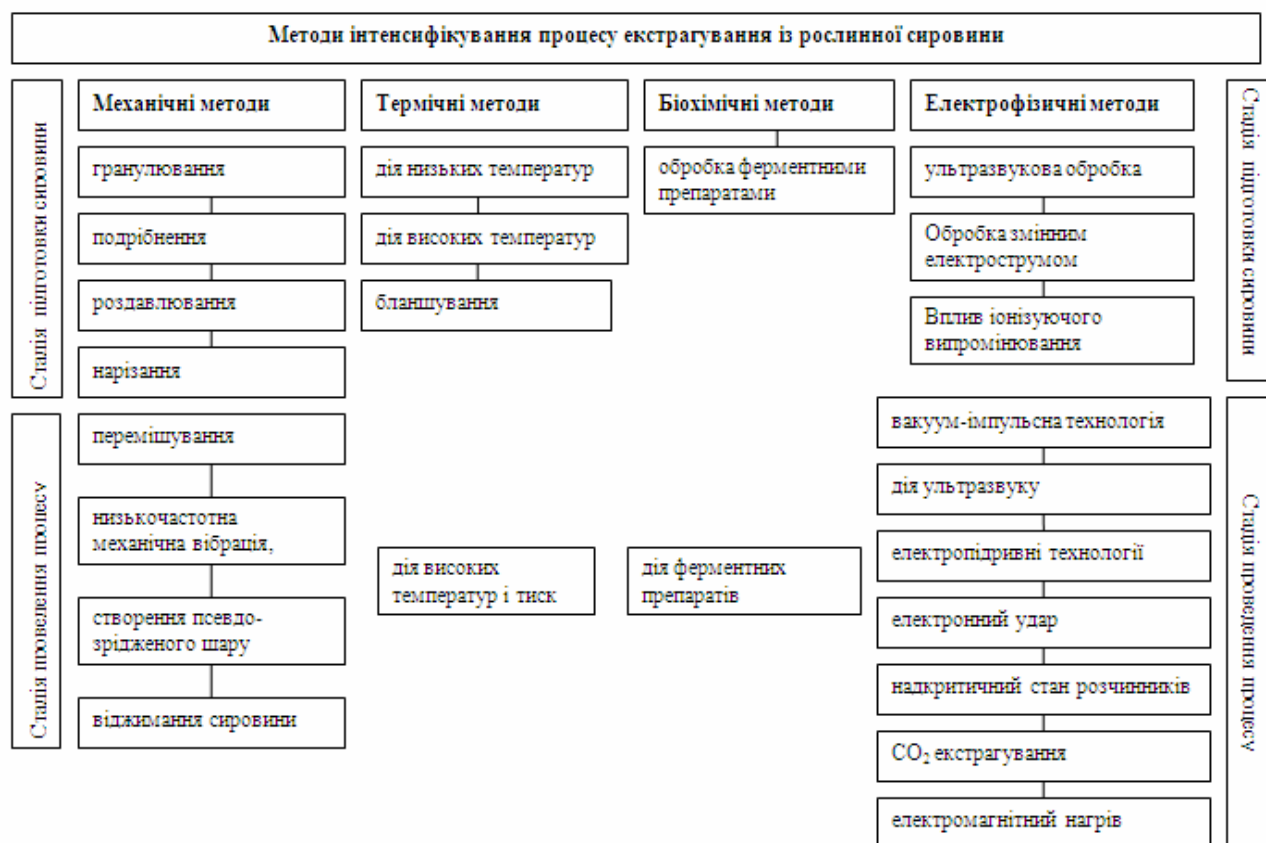


Рис. 1. Класифікація методів інтенсифікування процесу екстрагування із рослинної сировини

Висновки

Огляд літературних джерел з методів інтенсифікування процесу екстрагування рослинної сировини показав, що серед традиційних методів є ряд нових перспективних методів дослідження, які ґрунтуються на сучасних досягненнях науки і техніки.

Список літератури

1. Калинин Л. Г. Научно-технические аспекты широкого применения микроволновых технологий.

Состояние вопроса, проблемы, решения / Л. Г. Калинин // Микроволновые технологии в народном хозяйстве: Вprowadження. Проблеми. – Одеса : ОКФА, 1996. – С. 62–68.

2. Пономарев В. Д. Экстрагирование лекарственного сырья / Пономарев В. Д. – М. : Медицина, 1976. – 204 с.

3. Курочкина М. И. Экстрагирование и выщелачивание твердых материалов / Курочкина М. И. – Л. : Химия, 1978. – С. 39–40.

4. Тонкое измельчение растительного сырья и интенсификация фитохимических производств / [Нечипоренко Р. А., Амосов А. С. и др.]. – Рига : Знание, 1987. – Т. 2. – С. 41–43.

5. Бурдо О. Г. Экстрагирование в системе «кофе-вода» / О. Г. Бурдо, Г. М. Ряшко. – Одесса, 2007. – 176 с.

6. Ширеторова В. Г. Разработка основ технологического процесса получения кедрового масла СВЧ-экстракцией спиртом этиловым : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : 03.00.23 «Биотехнология» / В. Г. Ширеторова. – Улан-Удэ, 2002. – 19 с.

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

References

1. Kalinin L. G. Nauchno -tekhnicheskiye aspekty shirokogo primeneniya mikrovolnovykh tekhnologiy. Sostoyaniye voprosa , problemy , resheniya / L. G. Kalinin // Mikrovolnovyye tekhnologii v narodnom khozyaystve : Vnedreniye . Problemy. - Odessa : OKFA , 1996. - S. 62-68 .

2. Ponomarev V. D. Ekstragirovaniye lekarstvennogo syr'ya / Ponomarev V. D. - M. : Meditsina , 1976. - 204 s.

3. Kurochkina M. I. Ekstragirovaniye i vyshchelachivaniye tverdykh materialov / Kurochkina M. I. - L. : Khimiya , 1978. - S. 39-40 .

4. Tonkoye izmel'cheniye rastitel'nogo syr'ya i Intensifikatsiya fitokhimicheskikh proizvodstv / [Nechiporenko G. A., Amosov A. S. i dr.]. - Riga : Znaniye , 1987. - T. 2. - S. 41-43 .

5. Burdo O.G. Ekstragirovaniye v sisteme « koфе- voda » / O. G. Burdo , G. M. Ryashko . - Odessa , 2007. - 176 s.

6. Shiretorova V.G. Razrabotka osnov tekhnologicheskogo protsesssa polucheniya kedrovogo masla SVCH -ekstraktsiyey spirtom etilovym : avtoref. dis . na Soiskaniye uchen . stepeni kand. tekhn. nauk : 03.00.23 « Biotekhnologiya » / V. G. Shiretorova . - Ulan -Ude , 2002. - 19 s .

7. Kolyanovska L.M. Intensifikuvannya protsesiv ekstrahuvannya pry VYROBNYTSTVI Oliyi Iz soyi ta ripaku : dys ... kand . tekhn. nauk : 05.18.12 / Kolyanovska L.M. - Vinnytsya , 2014. - 259 s.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАГИРОВАНИЯ

Анотация: статья посвящена интенсификации процесса экстракции. В последнее время существует много методов добычи для извлечения целевого компонента из системы «твердого тела». Экстрагирование целевых компонентов из растительного сырья характеризуется сложным механизмом массопереноса.

Ключевые слова: интенсификация, экстрагирование, кинетика, микроволновое влияние, псевдооживленный слой, низкочастотные колебания, ультразвук, ионизирующее излучение.

ANALYSIS OF MODERN METHODS AND FACTORS AFFECTING THE PROCESS OF EXTRACTING

Summary: the article is devoted to the intensification of extraction process. Numerous extraction techniques have been used to extract analytes from solid samples. It is shown that extraction of target components from plant materials characterized by a more complex mechanism of mass transfer in comparison with the extraction of mineral resources due to the cellular structure.

Keywords: intensification, extracting, kinetics, soybean, microwave field, fluidized bed, low-frequency oscillations, ultrasound, ionizing radiation.