

СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАГУВАННЯ

Гончаренко К.В.¹, Авдєєва Л.Ю.²

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, k.honcharenko-bi24@iit.kpi.ua

²Інститут технічної теплофізики НАН України

Abstract

This research assesses modern extraction technologies like supercritical CO₂, ultrasonic, and microwave-assisted methods, focusing on their efficiency, environmental benefits, and economic impact across industries such as pharmaceuticals and food production. The study underscores their role in enhancing sustainability and product quality in modern industrial applications.

Keywords: *supercritical CO₂ extraction, ultrasonic extraction, industrial sustainability.*

Вступ. Процес виділення біологічно активних речовин (БАР) з рослинних або тваринних тканин для найрізноманітніших потреб відомий здавна. Використання різноманітних екстрактів з високим вмістом БАР постійно зростає у фармацевтичній, хімічній, медичній, косметичній і харчовій промисловості. Таким чином, на сучасному етапі використання сучасних інтенсивних методів обробки і енергоефективного обладнання для проведення процесу екстрагування БАР для України є надзвичайно актуальним [1].

Екстракція – процес виділення розчинниками відповідних речовин з різноманітних об'єктів. Об'єкти, з яких виділяють досліджувані сполуки, можуть бути твердими речовинами або рідинами. Тому процеси виділення поділяють на екстракцію в системі «тверде тіло – рідина» і на екстракцію в системі «рідина – рідина» (рідинну екстракцію). Метод екстрагування залежить від двох основних чинників: вибору екстрагенту та методу екстрагування [2].

Метою нашої роботи були аналітичні дослідження останніх технологічних досягнень процесу екстрагування, вивчення сучасного екстракційного обладнання, зосереджуючись на розумінні принципів його роботи, конструктивних особливостей і потенціалу застосування.

Матеріали та методи. Систематизація та аналіз сучасного обладнання для екстрагування.

Результати та обговорення. Апарати екстрагування (екстрактори) – апарати для проведення процесів екстрагування. Для класифікації цих апаратів застосовують різні підходи, наприклад: в залежності від організації контакту між фазами і в залежності від глибини вилучення БАР з вихідного розчину. За принципом взаємодії або способом контакту фаз екстрактори поділяють на: ступінчасті і диференціально-контактні. У середині цих груп екстрактори часто підрозділяють на гравітаційні (без механічних перемішуючих пристроїв, колонні апарати), в яких швидкість фаз обумовлена різницею густини цих фаз) і механічні (за рахунок введення зовнішньої енергії шляхом механічного перемішування, дією відцентрової сили, поршневым пульсатором та ін.). Для збільшення поверхні контакту між фазами і покращення умов масообміну, різними способами відбувається диспергування однієї з фаз і її розподілення в суцільній фазі. Після кожного перемішування фаз в апаратах проходить їх

сепарація, що є необхідним для регенерації екстрагенту. В промисловості найчастіше використовують екстрактори безперервної дії [3].

В залежності від заданої глибини вилучення БАР з вихідного розчину, вимог до екстрагенту і екстракту, процес екстрагування обов'язково має включати дві основні стадії: змішування розчинника з вихідною сумішшю для створення контакту між фазами і розподіл утвореної суміші на екстракт і виснажену сировину [4].

Ступінчасті екстрактори – група апаратів, які складаються з окремих дискретних ступенів, в кожному з яких відбувається контакт фаз, після чого вони розподіляються і рухаються протитечією на наступні ступені. Кожна ступінь такого екстрактора складається зі змішувача, в якому відбувається процес екстракції при інтенсивному перемішуванні фаз, і відстійника, в якому здійснюється відділення екстракту від виснаженої сировини. У змішувачі відбувається повне змішування фаз (тобто цей апарат працює за моделлю ідеального змішування і внаслідок цього у змішувачі зазвичай досягається стан рівноваги між фазами. Таким чином, в одному ступені фази рухаються прямоютоком по відношенню один до одного, тоді як в цілому в установці створюється протитечийний рух фаз.

До переваг змішувально-відстійних екстракторів відносяться їх висока ефективність (ефективність кожного ступеня може наближатися до однієї теоретичної ступені поділу), можливість швидкої зміни числа ступенів, придатність для роботи в широких інтервалах зміни фізичних властивостей і об'ємного співвідношення фаз, відносно легке масштабування і ін. Недоліками цих екстракторів є велика займана виробнича площа, наявність змішувачів з індивідуальними приводами, великі обсяги гравітаційних відстійних камер.

Диференційно-контактні екстрактори відрізняються безперервним контактом між фазами і плавною зміною концентрації по висоті апарату. У таких екстракторах (на відміну від ступеневих) рівновага між фазами по перетину апарату не досягається. Диференційно-контактні екстрактори компактніше ступеневих і займають меншу виробничу площу.

У гравітаційних екстракторах рух фаз проходить внаслідок різниці їх густини. До гравітаційних екстракторів відносяться розпилювальні, насадкові і тарілчасті колони. Найбільш простими представниками гравітаційних екстракторів є розпилювальні колони. Важливою перевагою розпилювальних екстракторів є можливість обробки в них забруднених рідин. Іноді ці апарати застосовують для екстрагування з пульп. Досить широке поширення в промисловості отримали насадкові екстрактори, які за конструкцією аналогічні до насадкових абсорберів [3].

Роторні екстрактори розрізняються в основному конструкцією перемішування. Так, замість гладких дисків застосовують різного виду мішалки, іноді секції заповнюють насадкою. До основних переваг роторних екстракторів відносяться висока ефективність масопереносу, мала чутливість до твердих домішок у фазах, можливість створення апаратів великої одиничної потужності та ін. Разом з тим роторним екстракторам притаманний серйозний недолік -

нерівномірності поля швидкостей по висоті і поперечному перерізу апарату, в утворенні застійних зон, байпасуванні, що сприяють посиленню поздовжнього перемішування і порушення рівномірної структури потоків в зі збільшенням діаметра апарату. [5]

Механічні методи та екстрагування на водній основі, є альтернативою методам на основі органічних розчинників. Ці методи, як правило, менш дорогі і цінуються за їх простоту та мінімальний вплив на навколишнє середовище. Однак вони, як правило, трудомісткі та дають нижчу ефективність порівняно з підходами на основі розчинників [6].

Перспективними для інтенсифікації процесів тепло- і масо-переносу при екстрагуванні є методи із застосуванням імпульсної, вакуумно-імпульсної і електроімпульсної обробки, мікрохвильової або ультразвукової екстракції, а також екстрагування за допомогою використання надкритичних флюїдів.

При екстракції з використанням мікрохвильових печей електромагнітна енергія мікрохвиль поглинається матеріалом і перетворюється на теплову енергію, в результаті спостерігається прискорення і підвищення повноти екстракції БАР з рослинної сировини [7].

В ультразвукових генераторах при екстрагуванні застосовують дію інтенсивних високочастотних звукових хвиль. Під дією ультразвуку відбуваються фізичні, хімічні та механічні ефекти, які призводять до руйнування клітинних мембран. В результаті БАР з рослинних клітин швидко дифундують з твердої фази в екстрагент [8].

Висновок. Були проаналізовані сучасні технології і обладнання для екстрагування, розглянуті принципи їх роботи і конструктивні особливості. Виявлено, що сучасне екстракційне обладнання, використовуючи методи із застосуванням імпульсної, електроімпульсної обробки, мікрохвильової або ультразвукової екстракції, а також екстрагування за допомогою використання надкритичних флюїдів забезпечує високу ефективність та якість продукції, сприяючи екологічній безпечності виробництва.

Список використаної літератури:

1. Ю. І. Сидоров, І. І. Губицька, Р. Т. Конечна, В. П. Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2005. – 464 с.: іл. – ISBN 966-7890-71-6.
3. Екстрагування. Загальні відомості. Будова екстракторів. – Лекції. Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 28 с.
4. Understanding the Real Costs of Extraction Equipment, David Larussa, 2021
5. Milena Popova, Vasya Bankova, Contemporary methods for the extraction and isolation of natural products, 2023
6. Ana Jurinjak, Dunja Shamech, Modern Techniques for Flavonoid Extraction—To Optimize or Not to Optimize. 2022
7. Akhtar I., Javad S., Yousaf Z. Microwave assisted extraction of phytochemicals an efficient and modern approach for botanicals and pharmaceuticals. Pak. J. Pharm. Sci., Vol.32, No.1, January 2019, pp.223-230.
8. Cares MG, Vargas Y, Gaete L, Sainz J, Alarcon J. Ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from Quillaja Saponaria Molina. 2009. Physics. Procedia. 3: 169-178.