

Городиський Н.І., Вітенько Т.М., д.т.н., проф.
ТНТУ ім. І. Пулюя, м.Тернопіль, Україна

КАВІТАЦІЙНА ОБРОБКА ВОДИ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЕКСТРАГУВАННЯ

Проаналізовано основні чинники, що впливають на кінетику вилучення цільових компонентів із зерен кави, зокрема температура, гідромодуль, тривалість. Розглянуто перспективні напрямки отримання екстрактів, що передбачають використання фізико-хімічного впливу як на екстрагент так і на систему в цілому. Експериментально досліджено масообмін при екстрагуванні в системі зерна кави-вода за умов використання активованого у кавітаційному пристрої гідродинамічного типу і неактивованого екстрагента за різних технологічних параметрів ведення процесу. Проаналізовано зміни які відбуваються в екстрагенті під впливом ефектів гідродинамічної кавітації. Запропоновано та обґрунтовано механізм інтенсифікації процесу вилучення цільових компонентів з обсмажених цілих зерен кави на основі аналізу можливого масообміну процесу. Експериментальні результати узагальнені на основі математичної моделі, що дозволяє визначати масообмінні коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього масообміну й дає змогу прогнозувати процес під час його реалізації на практиці. Проведено аналіз та порівняння масообмінних коефіцієнтів процесу. Обґрунтовано доцільність застосування запропонованого методу з використанням попередньої кавітаційної обробки екстрагента.

Ключові слова: екстрагування, кавітаційна активація, коефіцієнти дифузії, розчинна кави

Інтенсифікація процесів масоперенесення в системі капілярно-пористе тіло-рідина має велике значення у таких галузях промисловості як харчова, хімічна, фармацевтична. Останнім часом зростає інтерес до методів, за яких інтенсифікація процесу досягається використанням електроімпульсних технологій, що характеризуються високими, питомими за потужністю впливами на біомасу, що знаходиться в реакторі. До них можна віднести ультразвук, електромагнітне поле тощо. Застосування таких методів впливів дає змогу значно підвищити ефективність процесу навіть за кімнатних температур, зменшити масогабаритні характеристики обладнання, різко знизити величину витрат електричної енергії процесу на проведення. Використанням НВЧ-нагрівання інтенсифікують процес теплової обробки сировини і екстрагування стійких розчинних речовин водним середовищем. Набирає популярності гідрокавіційний вплив на систему. Відомі позитивні результати щодо використання імпульсного електромагнітного випромінювання у виробництві харчових барвників з буряка, плодово-ягідної сировини, розчинної кави тощо.

Як і в будь-якому масообмінному процесі, швидкість екстрагування визначається швидкістю протікання найповільніших стадій, і саме на ці стадії мають бути спрямовані інтенсифікуючі чинники впливу. Не є виключенням й процес вилучення цільового компоненту з мелених зерен кави. Характерною особливістю екстрагування під час виробництва розчинної кави є його тривалість (7-8 год). На превеликий жаль, на більшості підприємств процеси екстрагування ведуться в періодично діючих апаратах шляхом багатоступеневого протитечійного настоювання (перколяції), а то і простого настоювання (мацерації). Як недолік слід відзначити й низьку ступінь вилучення цільових компонентів з рослинної сировини. Тому часто у відходи потрапляє значна кількість біологічно активних речовин. Значний інтерес викликають роботи проведені в ОНАХТ під керівництвом Бурдо О.Г. В наукових роботах автори наводять шляхи удосконалення процесу з використанням мікрохвильового поля, наводять переваги й недоліки мікрохвильових систем, комплексні методи, що поєднують мікрохвильове екстрагування з ультразвуковим і термальним впливом тощо.

Попередні дослідження авторів пов'язані із кавітаційною активацією екстрагентів, тому метою роботи було експериментальне дослідження масообміну в системі тверде тіло (зерна кави) – рідина (вода) неактивованим та активованим у гідродинамічному кавітаційному пристрої екстрагентом. Методика експериментального дослідження

полягала в наступному. Цілі зерна кави сорту робуста, фракцією в діапазоні $8,5 \cdot 10^{-3}$... $10,5 \cdot 10^{-3}$ м масою 30г засипали в скляну ємність і заливали активованим екстрагентом масою 300г (гідромодуль 1:10). В якості екстрагенту було використано дистильовану воду. Екстрагент попередньо обробляли в кавітаційному пристрої статичного типу впродовж 5 хв. Режим обробки екстрагенту було вибрано виходячи з теоретичних досліджень гідродинамічних параметрів в кавітаційному модулі статичного типу проведених з допомогою програми SolidWorks модуля Flow Simulation. Після чого проводили інтенсивне перемішування зерен кави з екстрагентом за допомогою магнітної мішалки марки ММ-5 частота обертання 400-1200 об/хв. Екстрагування з зерен кави проводили за різних температурних умов 18°C, 40°C, 60°C.

Результати засвідчують, що за рахунок використання екстрагенту попередньо активованого в кавітаційному пристрої вихід цільових компонентів з сировини більший у порівнянні з екстрагуванням за звичайних умов. За умов використання активованого екстрагенту також спостерігається інтенсивніший перехід криволінійної ділянки у прямолінійну. Малі значення вилучених речовин пояснюються низькими температурами екстрагування та розмірами часток кави (використовували цілі зерна з метою обґрунтування самого принципу активації екстрагента).

Результати можна пояснити зміною властивостей екстрагента під час його кавітаційної обробки, що супроводжується зменшенням його в'язкості відносно початкової на 10%, поверхневого натягу, утворенням активних мономерних молекул. Оскільки в'язкість обернено пропорційна коефіцієнту дифузії, то її зменшення сприятиме його зростанню й відповідно інтенсифікації внутрішнього масообміну. Зміна поверхневого натягу підтверджується результатами дослідів щодо заповнення капілярів різних розмірів обробленим і необробленим екстрагентом. Активованій екстрагент заповнює капіляр швидше.

Результати щодо коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього масообміну наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Значення коефіцієнтів масовіддачі активованого екстрагента

Гідромодуль 1:10	Неактивований	k^* (зовнішній масообмін)	k (внутрішній масообмін)
	18°C	$1,76 \cdot 10^{-4}$	$4,71 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$3,83 \cdot 10^{-10}$
	60°C	$2,19 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$
	Активований	k^*	k
	18°C	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$4,94 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$2,44 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-8}$
	60°C	$2,68 \cdot 10^{-4}$	$6,72 \cdot 10^{-8}$
Гідромодуль 1:20	Неактивований	k^*	k
	18°C	$1,98 \cdot 10^{-4}$	$6,68 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$6,22 \cdot 10^{-9}$
	60°C	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$3,28 \cdot 10^{-9}$
	Активований	k^*	k
	18°C	$1,99 \cdot 10^{-4}$	$5,92 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$2,15 \cdot 10^{-4}$	$1,46 \cdot 10^{-8}$
	60°C	$2,99 \cdot 10^{-4}$	$9,22 \cdot 10^{-8}$

Аналіз отриманих результатів підтверджує доцільність застосування активованого екстрагента для збільшення вилучення цінних компонентів із кави. Водночас слід зазначити що для використання на виробництві запропонованого методу та опису механізму інтенсифікації необхідно провести додаткові дослідження.