

ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОГО МАТЕРІАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ

*Огороднічук Інна Олександрівна** студентка
*Білоус Євгеній Олександрович** студент
Вінницький національний аграрний університет
Ogrodniczuk I.
Belous E.
Vinnytsia national agrarian University

Анотація: у статті розглянуто особливості масоперенесення під час екстрагування з рослинної сировини та види опорів, які виникають. Розглянуто параметри ультразвукової кавітації, як ефективного способу інтенсифікації процесу екстрагування та розкрито механізм впливу.

Ключові слова: екстрагування, кавітація, ультразвук, капіляри, рослинна сировина, модель.

Вступ

Значна частина корисних речовин необхідних для харчової промисловості містяться у рослинному матеріалі. Тому технологічні схеми виробництва продуктів харчування з використанням рослинних компонентів включають процес екстрагування в системі «тверде тіло – рідина».

Мета роботи

Провести аналіз теорії екстрагування та з'ясувати фактори, що визначають загальну швидкість масоперенесення. Обґрунтувати доцільність використання ультразвукових кавітаційних технологій для екстрагування рослинної сировини.

Викладення основного матеріалу

Загальний опір масоперенесення під час екстрагування з рослинної сировини складається з:

- внутрішнього опору всередині клітини на межі напівпроникливої перегородки;
- опору дифузійного шару, товщина якого залежить від в'язкісних властивостей дифундуючих через клітинну оболонку розчинів речовин;
- гідродинамічних умов середовища;
- конвективного опору, який лімітується факторами зовнішньої дії на середовище (перемішування, нагрівання, частотні коливання).

Причому внутрішній опір є визначальним, оскільки масоперенесення здійснюється молекулярною дифузією речовин через клітинну мембрану.

Існуюча теорія екстрагування з рослинної сировини передбачає здійснення процесу трьома етапами:

1. проникнення екстрагента в клітину з одночасним розчиненням її вмісту;
2. дифузії екстрагованих речовин через клітинну мембрану;
3. дифузії речовин в основну масу розчину.

Цей підхід розкриває суть процесу екстракції, але не дає змоги визначити рушійні сили процесу. Процес дифузії речовин із рослинної клітини ускладнений тим, що значна частина перенесень маси речовин здійснюється через природні пори, які мають менші розміри, ніж довжина пробігу молекул. Тобто молекули частіше зіштовхуються зі стінками капіляру, ніж між собою. Під час екстрагування одночасно відбувається проходження окремих стадій: проникнення екстрагента в клітину і виведення речовин із неї.

Отже, процес екстрагування ускладнюється взаємодією двох взаємопротилежних потоків рідини. Проте, оскільки масоперенесення проходить через одні й ті ж пори, то загальна швидкість екстрагування буде визначатися, як різниця між швидкістю руху речовин і швидкістю руху екстрагента.

Загальний опір масоперенесення під час екстрагування з рослинної сировини складається з суми внутрішнього опору всередині клітини на межі напівпроникливої перегородки; опору

*Науковий керівник: к.т.н, доцент Берник І.М.



дифузійного шару, товщина якого залежить від в'язкісних властивостей дифундуючих через клітинну оболонку розчинів речовин і гідродинамічних умов середовища; конвективного опору, який лімітується факторами зовнішньої дії на середовище (перемішування, нагрівання, частотні коливання). Причому внутрішній опір є визначальним, оскільки масоперенесення здійснюється молекулярною дифузією речовин через клітинну мембрану.

Інтенсифікація процесу екстрагування в системі «тверде тіло – рідини» досить складна задача, вирішення якої можливо шляхом використання кавітаційних технологій. Найбільш перспективними з яких є ультразвукові кавітаційні технології.

Ультразвукові коливання проявляються в імпульсній енергетичній дії. Енергія звукової хвилі у процесі коливань періодично – з періодом $T/2$ – переходить з потенційної (в ділянці стискування) у кінетичну (рух частинок та утворення зони зрідження). Оскільки частинки коливаються навколо свого положення рівноваги, то в класичному хвильовому процесі відбувається передача енергії без перенесення речовини [4].

Величина середньої кінетичної енергії в одиниці об'єму з урахуванням середнього значення квадрата косинуса (рівний $1/2$):

$$\overline{E_k} = \frac{1}{4} \rho \omega^2 A^2, \quad (1)$$

де $\overline{E_k}$ – середня кінетична енергія в одиниці об'єму; ρ – густина середовища, у якому розповсюджується хвиля; ω – колова частота ультразвукових коливань; A – амплітуда зміщення частинки.

Середнє значення потенційної енергії – виражається тією ж величиною. Звідси, середня енергія звукової хвилі в одиниці об'єму:

$$\begin{aligned} \overline{E_\Sigma} &= \overline{E_k} + \overline{E_{II}} \\ \overline{E_\Sigma} &= 2\pi^2 \rho f^2 A^2 = \frac{1}{2} \rho U^2 \end{aligned} \quad (2)$$

де $\overline{E_\Sigma}$ – повна середня енергія звукової хвилі в одиниці об'єму; $\overline{E_{II}}$ – середнє значення потенціальної енергії в одиниці об'єму; f – частота ультразвукових коливань; U – амплітуда коливальної швидкості.

Акустичне поле характеризується енергетичним параметром – інтенсивністю випромінювання:

$$I = \overline{E_\Sigma} c = \frac{1}{2} \rho c \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} \rho c U^2 = \frac{p_a^2}{2\rho c}, \quad (3)$$

де c – швидкість звуку у середовищі; p_a – звуковий тиск, що створюється звуковим полем.

Найбільш успішне використання ультразвуку пов'язане з обробкою рідинних середовищ, оскільки саме в них виникає явище – ультразвукової кавітації, що є ефективним механізмом концентрації енергії звукової хвилі низької щільності у високу щільність енергії, яка зумовлена пульсаціями та захопленням кавітаційних бульбашок [5].

При накладанні зовнішнього ультразвукового поля структура рослинна сировини піддається силіній термомеханічній дії, яка відбувається за рахунок захоплення несферичних кавітаційних бульбашок, що призводить до створення локальних високотемпературних зон та формування ударних хвиль та мікроструменів [6].

Модель характеризується сукупністю процесів у капілярах і на рівні частинок, при якій кавітаційні бульбашки будуть відігравати роль мікротрансформаторів, що перетворюють акумульовану потенціальну енергію системи в кінетичну енергію рідини, що розподілена в просторі та в часі. Енергія виділяється одночасно у великій кількості малих локальних зон, що рівномірно розподіленні по об'єму.

Процеси у капілярах характеризуються кавітацією та звукокапілярним ефектом, що значно підвищує інтенсивність внутрішньої дифузії, яка за рахунок формування направлено сформованого потоку рідини з молекулярної перетворюється у конвективну. Розчинена речовина інтенсивно переміщується вздовж капіляра та виводиться з нього. У результаті затягування та введення нових



кавітаційних кластерів у капіляр надходять нові порції екстрагенту і процес повторюється.

На рівні частинок відбуваються сферичні та несферичні захопування та пульсації кавітаційних бульбашок. Під дією ударних хвиль, мікроструменів та мікротечій відбувається змивання примежового дифузійного шару та інтенсивний рух рідини навколо частинки, що сприяє інтенсифікації масопередачі та підведенню нових порцій екстрагенту до частинок матеріалу.

Висновки

1. Проведений аналіз розкриває механізм процесу екстрагування та окреслює основні підходи що до його ефективної реалізації.

2. Обґрунтовано використання ультразвукових кавітаційних технологій для екстрагування в системі «рослинна сировина – екстрагент». Механізм ефективної реалізації такого виду обробки полягає у впливі енергетичного поля на мікро- та макрорівнях шляхом формування направленого потоку речовин у капілярі та інтенсивного руху екстрагента навколо частинки та шару середовища, тобто створення умов конвективного масопереносу.

Список літератури

1. Аксельруд Г. А. Экстрагирование. Система твердое тело – жидкость. / Г. А. Аксельруд, В. М. Лысянский – Л.: Химия, 1974. – 256 с.
2. Романков П. Г. Экстрагирование из твердых материалов. / П. Г. Романков, М. И. Курочкина – Л.: Химия, 1983. – 256 с.
3. Теоретические основы тепло- и влагообменных процессов пищевой технологии / В.М. Харин, Г.В. Агафонов. – М.: Пищевая промышленность, 2001. – 343 с.
4. Берник І.М. Дослідження параметрів кавітаційного процесу обробки технологічних середовищ // І.М. Берник / Науково-технічний журнал Техніка будівництва. – К.: КНУБА. – 2014. – № 33. – С. 21 – 26.
5. Луговской А.Ф. Ультразвуковая кавитация в современных технологиях / А. Ф.Луговской, Н. В. Чухраев. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2007.
6. Луговський О.Ф. Фізична модель ультразвукового кавітаційного вилучення пектину з вторинної рослинної сировини // О.Ф. Луговський, І.М. Берник / Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2010. – №1 (5) – С. 25-30.

References

1. Akselrud H. A. Ekstrahirovaniye. Sistema tverdoe telo – zhydkost. / H. A. Akselrud, V. M. Lysianskyi – L.: Khymiya, 1974. – 256 s.
2. Romankov P. H. Ekstrahirovaniye yz tverdykh materyalov. / P. H. Romankov, M. Y. Kurochkyuna – L.: Khymiya, 1983. – 256 s.
3. Teoreticheskiye osnovy teplo- y vlahoobmennyykh protsessov pyshchevoi tekhnolohyy / V.M. Kharyn, H.V. Ahafonov. – M.: Pyshchevaia promyshlennost, 2001. – 343 s.
4. Berynk I.M. Doslidzhennia parametriv kavitatsiinoho protsesu obrobky tekhnolohichnykh seredovyshch // I.M. Berynk / Naukovo-tekhnichnyi zhurnal Tekhnika budivnyistva. – K.: KNUBA. – 2014. – № 33. – S. 21 – 26.
5. Luhovskoi A.F. Ultrazukovaia kavytatsiia v sovremennykh tekhnolohiyakh / A. F.Luhovskoi, N. V. Chukhraev. – K.: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr “Kyivskiy universytet”, 2007.
6. Luhovskiy O.F. Fizychna model ultrazukovoho kavitatsiinoho vyluchennia pektynu z vtorynnoi roslynnoi syrovyny // O.F. Luhovskiy, I.M. Berynk / Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut» seriia «Khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberezhennia». – 2010. – №1 (5) – S. 25-30. Экстрагирования

РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Аннотация: в статье рассмотрены особенности массопереноса при экстракции из растительного сырья и виды сопротивлений, которые возникают. Рассмотрены параметры ультразвуковой кавитации, как эффективного способа интенсификации процесса экстрагирования и раскрыт механизм воздействия.

Ключевые слова: экстрагирования, кавитация, ультразвук, капилляры, растительное сырье, модель.

EXTRACTION OF PLANT MATERIAL USING ULTRASONIC CAVITATION

Summary: the article discusses the features of mass transfer during extraction from plant material and type of resistance arising. Ultrasonic cavitation parameters considered as an effective way to intensify the process of extracting and revealed the mechanism of action.

Keywords: extraction, cavitation, ultrasound, capillaries, herbs model.