

УДК 629.114.2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ З НЕРУХОМОГО ШАРУ ДРІБНОДЕРСПЕРСТНОГО МАТЕРІАЛУ

П.І. Осадчук, канд. техн. наук, Я.О. Вітковський, студент магістратури
Одеський державний аграрний університет

В ході проведених аналітичних досліджень було визначено ряд факторів, що впливають на інтенсивність масообмінних процесів при екстрагуванні. Одним з найбільш важливих, є визначення коефіцієнта масовіддачі, який характеризується числами подібності Sh і Pe вираженими в критеріальному рівнянні.

Ключові слова: екстрагування, масообмін, експеримент, коефіцієнт.

Вступ. Екстрагування з твердих тіл є процесом вирівнювання концентрацій розчинів всередині і зовні частинок матеріалу, тобто досягнення так званого фазового рівноваги. Тривалість вирівнювання концентрацій є найважливішим критерієм оцінки його ефективності. У зв'язку з цим проведені дослідження з визначення умов фазової рівноваги при зміні гідромодульного і температурного режиму.

Проблема. В статті розглянуто рішення задачі визначення режиму проведення технологічного процесу екстрагування з дрібнодисперсного твердого речовини рослинного походження, при якому спостерігається найвищий вихід олії, а також буде можлива, розробка методики розрахунку екстракційних апаратів колонного типу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Процеси екстрагування розчинних речовин із твердих тіл відносяться до числа найбільш поширених в харчовій технології. З числа 20-25 основних процесів харчових виробництв по своєму поширенню і значенню в харчовій технології екстрагування слід відразу ж після процесів нагрівання, сушіння, випарювання та отримання холоду. Воно є основним процесом в олійно - екстракційному виробництві. В процесі екстрагування з твердих або квазитвердих тіл, якими є більшість матеріалів рослинного походження, з допомогою рідкого розчинника витягуються компоненти, які використовуються в основному виробництві для отримання кінцевого продукту або мають вторинне значення, але забезпечують замкнутий технологічний цикл - безвідходне виробництво. Сировина харчової промисловості, піддається екстрагування, відрізняється величезною різноманітністю форм, розмірів, механічних, теплофізичних і фізико-хімічних властивостей, які до того ж сильно змінюються в процесі екстрагування. Тому спроби використовувати апарати, що зарекомендували себе для одного виду виробництва, в іншому, без достатніх наукових обґрунтувань не приводили до бажаних результатів. Розвиток фундаментальних наук і особливо теорії масо - і

теплообміну створило передумови для більш глибокого аналізу процесу екстрагування, розробки сучасних методів його інженерного розрахунку та пошуків шляхів його інтенсифікації і оптимізації. Оволодіння цими методами дозволить більш глибоко аналізувати роботу екстракторів і оптимізувати режим роботи обладнання у відповідності з фактичним станом сировини, що надійшла на переробку.

Мета досліджень. Розробка процесу екстрагування з нерухомого шару дрібнодерсперстного матеріалу.

Результати досліджень. Для вивчення кінетики процесу, а зокрема для визначення характеристик описують закономірності міжфазового переходу були проведені наступні дослідження. На першому етапі досліджувався вплив природи екстрагента на кавовий шлам. З метою визначення такого виду екстрагента, який володіє кращими здібностями відокремлювати цільовий компонент. При дослідженні застосовували екстрагенти трьох видів. Перший - етиловий спирт, другий - гексан, третій - нефрас. Умови проведення процесу екстрагування були наступними: гідромодуль становив 1:2, температура екстрагування становила 20 °С, швидкість протікання екстрагента 0,52 м/с. Отримані залежності виходу цільового компонента від виду екстракту наведені в таблицях. Другим етапом дослідження впливу режимних факторів було визначення гідромодульних співвідношень, тобто відношення маси екстрагента до масі сировини (кавовий шлам). Діапазон досліджень у даному напрямі, т. е. зміна ставлення мас "сировина - екстрагент" відповідно становив від 1:1 до 1:4. Умови проведення експерименту були наступними: в якості екстрагента застосовувався нефрас, температура екстрагування становила 20 °С, швидкість проходження екстрагента становила 0,52 м/с. Найважливішими факторами, що впливають на процес екстрагування, є температурний і швидкісний режими. У зв'язку з тим, що ці режимні параметри є основними змінними, від яких залежать два кінетичних коефіцієнта - коефіцієнт дифузії і коефіцієнт масовіддачі. А вони в свою чергу, є найважливішими критеріями оцінки ефективності проведення процесу екстрагування. У відповідності з цим третім етапом дослідження було вивчення впливу температурного режиму проведення процесу, від якого залежить величина коефіцієнта дифузії. Температурний режим екстрагування змінювався з дискретністю 10 в діапазоні від 10 до 50 °С. При цьому умови проведення експерименту були наступними: в якості екстрагента використовувався нефрас, швидкість проходження екстрагента становила 5,2 м/с, гідромодульне співвідношення спочатку складало 1:1. Даний експеримент проводився для сировини двох видів - кавового шламу та зерна амаранту. За отриманими результатами була побудована залежність концентрації цільового компоненту в екстракті від температури екстракції. Надалі аналогічні залежності були отримані для різних гідромодулів: 1:2 - 1:4. Крім того, були проведені досліді з різними комбінаціями сировини і екстрагента, тобто отриманий в ході екстрагування екстракт подавався на свіжий продукт, або чистий екстрагент подавався на продукт, який попередньо вже був знежирений. При цьому умови експерименту залишалися колишні, за

винятком того, що гідромодуль не змінювався і становив пропорцію 1:2. Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Концентрація масел кави і амаранту при різній температурі екстрагування.

Показники	Одиниці виміру	Значення				
		10	20	30	40	50
Температура	°C	10	20	30	40	50
Швидкість	м/с	5,2*10 ⁻⁴				
Гідромодуль	кг/кг	1:2				
Концентрація масла в кофе екстракті	%	$\frac{15,6}{5,2}$	$\frac{18,2}{4,1}$	$\frac{19,5}{3,2}$	$\frac{20,3}{1,9}$	$\frac{21,7}{0,9}$

У чисельнику останньої колонки знаходяться значення концентрації за умови подання екстракту на новий не знежирений продукт, свого роду рівноважна концентрація при різних температурах екстрагування. Порівнюючи отримані результати з даними, наведеними у параграфі (3.2) не важко помітити практичну схожість результатів. Це у свою чергу підтверджує достовірність отриманих даних. У знаменнику знаходиться концентрація при подачі чистого екстрагента, з нульовою концентрацією цільового компоненту на попередньо знежирену тверду фазу. Четвертим етапом дослідження кінетичних закономірностей, є визначення швидкісних режимів проведення процесу. Для даних досліджень проводили експеримент, змінюючи швидкість проходження екстрагента через нерухомий шар сировини в межах від 0,052 м/с до 52 м/с. Інші режимні параметри представляли собою наступне: в якості екстрагента використовувався нефрас, гідромодуль становив 1:1, температура екстрагування встановлювалася 50. Такого роду експерименти були проведені для різних співвідношень витрат мас твердої і рідкої фаз, які в свою чергу складали від 1:2 до 1:4 відповідно. За отриманими даними будувалася графічна залежність концентрації цільового компоненту в екстракті від швидкості проходження екстрагента, через шар сировини. Також за аналогією з дослідженням температурних залежностей проводився експеримент з різними комбінаціями сировини і екстрагента. Його результати наведені в таблиці 2. Швидкість протікання екстрагента надає більший вплив на масообмінні процеси в ході екстрагування. Спостерігається різке збільшення концентрації цільового компоненту з збільшенням швидкості протікання екстрагента. З цього можна судити про прямий взаємозв'язок між швидкісним фактором і коефіцієнтом масовіддачі. Спираючись на проведений аналіз розмірностей аналітичного опису процесу екстрагування з нерухомого шару дрібно дисперсного матеріалу в ході, якого було визначено загальний вигляд критеріальної залежності, для розрахунку коефіцієнта масовіддачі.

Таблиця 2. Концентрація масел кави і амаранту при різній швидкості проходження екстрагента через шар продукту.

Показники	Одиниці вимірювання	Значення			
Температура	°C	50			
Швидкість	м/с	0,052 10 ⁻⁴	0,52 10 ⁻⁴	5,2 10 ⁻⁴	52 10 ⁻⁴
Гідромодуль	кг/кг	1:2			
Концентрація масла в кофє екстракті	%	$\frac{11,2}{6,1}$	$\frac{17,7}{4,2}$	$\frac{21,9}{0,8}$	$\frac{21,8}{1}$

Був проведений розрахунок виснаження твердої фази при певних режимних параметрів проведення процесу екстрагування з кавового шламу та зерна амаранту. Керуючись отриманими результатами, з'являється можливість теоретичного розрахунку коефіцієнта масоотдачі при різних швидкостях руху екстрагента через шар сировини і різних температурних режимах. За допомогою даної формули:

$$\beta = \frac{dM}{dF(c_n - c_1)d\tau}, \quad (1)$$

де: - концентрація цільового компонента в прикордонному шарі, - концентрація цільового компонента в потоці екстракту.

Отримані результати наведені в таблиці 3. Надалі було проведено комп'ютерний експеримент, в якому була проведена обробка результатів у вигляді залежності:

$$Sh = APe^n, \quad (2)$$

З метою отримання констант даного критеріального рівняння, а також порівняння розрахункового масообменного числа Шервуда і експериментального для оцінки розбіжності даних значень. Після проведення даного експерименту критеріальне рівняння прийме вид:

$$Sh = 8,07Pe^{0,41}, \quad (3)$$

Як видно з таблиці 3 коефіцієнт масовіддачі має тенденцію до збільшення зі збільшенням швидкості протікання екстрагента, що підтверджує раніше нами висловлене припущення. Також помітна тенденція зростання коефіцієнта масовіддачі при збільшенні температури, однак вона слабо виражена і не має вирішальної ролі, що в свою чергу підтверджує слабкий вплив зміни температурних режимів на процес екстрагування.

Інші дані розрахунку наведені у таблиці 4.

Таблиця 3. Значення коефіцієнта масообміну при різних швидкісних і температурних режимах.

Показники	Одиниці виміру	Значення			
Температура	$^{\circ}C$	50			
Швидкість	м/с	$0,052 \cdot 10^{-4}$	$0,52 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$52 \cdot 10^{-4}$
Коефіцієнт масовіддачі	м / с	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-5}$	$5,44 \cdot 10^{-4}$
Температура	$^{\circ}C$	30			
Коефіцієнт масовіддачі	м / с	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$3,32 \cdot 10^{-4}$
Температура	$^{\circ}C$	20			
Коефіцієнт масовіддачі	м / с	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$

Таблиця 4. Експериментальна і теоретична порівняльна характеристика чисел подібності.

Re	Sh (експеримент)	Розрахунок по формулі (3.3)	Абсолютна погрішність
25	76	31	45
250	81	80	1
2500	171	207	36
25000	520	536	16
4,7	14	15	1
47	18	40	22
470	84	103	19
4700	300	268	32
2,7	4	12	8
27	9	32	23
270	29	82	53
2700	280	213	67

Висновки: Аналізуючи результати, наведені в таблиці 4 можна відзначити порівняно невелика розбіжність між експериментальними і теоретичними результатами. Найбільше відхилення спостерігається при малих швидкостях протікання екстрагента, це пояснюється похибкою експерименту. Так як в цих умовах час екстрагування збільшується, і тим самим збільшуються втрати екстрагента, за рахунок витоку парів, що при визначенні концентрації цільового компонента в рідкій фазі збільшує її значення. І тим самим вносить похибку в подальші розрахунки, але так як за отриманими результатами масобмінні процеси, що проходять інтенсивніше при високих швидкостях, ця розбіжність не має вирішального значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло- и массообмена. Процессы переноса в движущейся среде – М.: ЛКИ, 2010. – 330 с.
2. Кудинов В. А., Карташов Э. М., Стефанюк Е. В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Юрайт, 2011. – 560 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ИЗ НЕПОДВИЖНОГО СЛОЯ МЕЛКОДЕРСПЕРСТНОГО МАТЕРИАЛА

Осадчук П.И., Витковский Я.О.

Ключевые слова: экстрагирование, массообмен, эксперимент, коэффициент.

Резюме

В ходе проведенных аналитических исследований было определено ряд факторов влияющих на интенсивность массообменных процессов при экстрагировании. Одним из наиболее важных, является определение коэффициента массоотдачи, который характеризуется числами подобия Sh и Pe выраженными в критериальном уравнении.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF EXTRACTION OF THE FIXED LAYER OF MATERIAL TREBERSPURG

Osadchuk P.I., Vitkovskiy Y.O.

Key words: extracting, by mass, experiment, factor.

Summary

In the course of analytical studies have identified several factors affecting the rate of mass transfer processes during the extraction process. One of the most important is the determination of the coefficient of mass transfer coefficients, which is characterized by the similarity of Sh and Pe expressed in the criterion equation.