

Автори
0-72

Одеська державна академія харчових технологій

Осадчук Петро Ігорович



УДК 664.34.061.34

КІНЕТИКА ЕКСТРАГУВАННЯ МАСЕЛ З НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ
СИРОВИНИ

Спеціальність 05.18.12 - процеси та апарати харчових виробництв

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса - 2000

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій Міністерства освіти та науки України

Науковий керівник -

доктор технічних наук, професор Бурдо Олег Григорович, Одеська державна академія харчових технологій, завідувач кафедри процесів та апаратів.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник Верхівкер Яков Григорович, Одеський консервний завод дитячого харчування, головний технолог.

кандидат технічних наук, професор Оніщенко Володимир Петрович, Одеська державна академія холоду, директор інституту теплофізики, завідувач кафедри теплофізики.

Провідна установа -

Державний університет "Львівська політехніка", кафедра хімічної інженерії і промислової екології, Міністерство освіти та науки України, м. Львів.

Захист відбудеться "26" травня 2000 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 при Одеській державній академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської державної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий "21" квітня 2000 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, доктор технічних наук

Моргун В. О.

ОНАХТ 19.06.12
Кінетика екстрагуван



v017409

I

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Рослинні масла, тваринні та рибацькі жири - базові продукти харчування людей, за рахунок яких забезпечується близько 30% калорійного раціону. Приблизно 77% загального виробництва масложирової продукції складають харчові рослинні масла.

Україна імпортує деякі рослинні масла та сировину для їх виробництва. Витрати на імпортування какао масла і какао бобів щорічно складали понад 30 млн. доларів США. Тому актуальною є проблема пошуку шляхів виробництва свого імпортозамінного масла.

В нашій країні ростуть рослини, сім'я яких містить відносно високий відсоток жирів, що за своїми характеристиками не поступаються маслам широкого використання. Однією з таких рослин є амарант. Його зерно, нарівні з іншими цінними продуктами, містить (7-10) % жиру.

Крім того Україна закуповує сировину для виробництва інших видів харчових продуктів, що містить у своїй структурі жири. При виробництві розчинної кави вторинною сировиною є кавовий шлам, який становить (70-75)% маси імпортованих сирих зерен. Він накопичується, забруднює навколишнє середовище та потребує витрат на утилізацію. При цьому шлам містить у собі (10-20)% жиру, який, певно, може частково замінити масло какао.

Тому в пошуках шляхів виробництва імпортозамінного масла об'єктами дослідження прийняті: кавовий шлам та зерно амаранту. До цього часу практично відсутні роботи по використанню даних сировинних ресурсів для виробництва рослинних масел.

Ключове місце в технологічному процесі вилучення рослинних масел займає процес екстрагування. Сировина, яка підлягає екстрагуванню, відрізняється різноманітністю форм, розмірів, механічних, теплофізичних і фізико-хімічних властивостей, які також змінюються у процесі екстрагування. Тому спроби використати екстракційні апарати, що добре зарекомендували себе при обробці одного виду сировини для інших видів, без достатніх наукових обґрунтувань не приводять до бажаних результатів. Для вилучення масла з кавового шламу, зерна амаранту, а також іншої нетрадиційної рослинної сировини, відсутні дослідження впливу режимних параметрів на умови фазової рівноваги, інтенсивність масообмінних процесів, а також відсутня методика проектування екстракційних апаратів для реалізації даних технологій.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Дисертація виконана відповідно до держбюджетної тематики науково-дослідницьких робіт (6/97-П "Розробити концепцію перетворення нетрадиційної рослинної сировини в харчові продукти" № 0197U016058), а прикладна частина - для вирішення задач, щодо пропозицій Одеського комбінату харчових концентратів.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є методика проектування екстракційних апаратів колонного типу, а також режими процесу екстрагування для отримання імпортозамінного рослинного масла на прикладі кави та амаранту

Для досягнення цієї мети необхідно було вирішити такі задачі:

- отримати модель зміни концентрації цільового компонента в твердій речовині і в потоці екстрагенту;

- в системі "масло - екстрагент" визначити фазову рівновагу при різних режимних параметрах проведення процесу;

- визначити коефіцієнт дифузії, та провести дослідження кінетики масообмінних процесів і визначити вплив режимних параметрів на інтенсивність масообміну;

- виконати узагальнення експериментальних даних та розробити методику розрахунку екстракційних апаратів колонного типу для екстрагування з нерухомого шару твердої речовини;

- розробити комп'ютерну програму для розрахунку екстракторів по заданим режимним параметрам;

- створити пілотну установку і провести її випробування для отримання дослідних зразків продукту.

Наукова новизна отриманих результатів.

На основі загально прийнятого аналітичного апарату процесу екстрагування розширені уяви по взаємодії нерухомого шару дрібнодисперсної сировини з екстрагентом;

Отримані нові дані по умовам фазової рівноваги та по коефіцієнту дифузії в системі "кавовий шлам - нефрас";

Вперше встановлені закономірності екстрагування масла з кавового шламу та зерна амаранту і одержане критеріальне рівняння, структура якого отримана методом "аналізу розмірностей".

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблена методика і комп'ютерна програма дають можливість значно скоротити затрати часу, а також зменшити похибки при виконанні розрахунків екстракційних апаратів колонного типу для екстрагування масел з дрібнодисперсної рослинної сировини.

При незначних доповненнях програма може бути використана для проектування інших екстракційних апаратів.

Пілотна установка для отримання дослідних зразків рослинного масла дозволяє моделювати процес екстрагування в умовах виробництва.

Розрахований екстракційний апарат і отримані робочі режими для екстрагування масла кави низької собівартості із кавового шламу, які передано для впровадження Одеському харчокомбінату.

Особистий внесок здобувача. Здобувач провів теоретичні та експериментальні дослідження процесу екстрагування масла з кавового шламу і зерна амаранту. Отримав аналітичні залежності зміни концентрації масла в твердому тілі і рідині, а також критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнту масовіддачі. Виконав дослідження статичних і динамічних закономірностей процесу екстрагування, узагальнив одержані результати. Розробив методику розрахунку екстракційних апаратів і комп'ютерну програму на її основі. Запропонував екстракційний апарат для технологічної лінії виробництва масла з кавового шламу.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи докладалися на щорічних науково-технічних конференціях професорсько -

викладацького складу та наукових співробітників ОДАХТ в 1997 - 1999 рр., на міжнародній конференції "Проблеми і перспективи розвитку виробництва і споживання хлібопродуктів" (м. Одеса, 1997 р.), на міжнародній меморіальній і науково - практичній конференції пам'яті акад. Б.Л. Флауменбаума (м. Одеса, 1997р.), на конференції "Перспективні напрями розвитку екології, економіки, енергетики" (м. Одеса, 1999 р.), на X міжнародній конференції "Удосконалення процесів і апаратів хімічних і харчових виробництв" (ICSE-99) ("Львівська політехніка" м. Львів, 1999 р.), на конференції "Обладнання і технологія харчових виробництв" (ДонДУЕТ, м. Донецьк, 1999 р.), на 6-й міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо - та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості" (УДУХТ, м. Київ, 1999 р.).

Публікації. Згідно з матеріалом дисертації опубліковано 9 наукових праць, серед них: 3 статті в наукових журналах, 5 статей в збірниках наукових праць і одні тези доповідей.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, бібліографій і додатків. Зміст роботи викладено на 138 сторінках, включаючи 43 рисунки (21 стор.), 15 таблиць (9 стор.), 4 додатки (12 стор.). Список використаних бібліографічних джерел включає 152 найменування (15 стор.)

Основний зміст роботи.

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульовані цілі і задачі дослідження, представлена новизна і практичне значення роботи.

У першому розділі зроблений огляд ситуації на ринку рослинних масел. Представлена динаміка виробництва рослинних масел в світі та в Україні, а також класифікація рослинних масел використовуваних в харчовій промисловості України.

Зроблено аналіз технологічних схем вилучення рослинних масел. Приведена класифікація основних процесів виробництва рослинних масел і технологічних схем. Виділено перспективний напрямок розвитку процесу екстрагування в даній області. Зроблено огляд конструкцій екстракторів, виділені і проаналізовані позитивні якості і недоліки різних їх видів.

Розглянуті масообмінні процеси і кінетичні закономірності екстрагування в системі "тверде тіло - рідина".

Представлені модельні об'єкти дослідження (кавовий шлам і зерно амаранту), які можуть бути використані як сировина для виробництва імпортозамінних рослинних масел. Наведені дані, що підтверджують доцільність їх використання.

Все це дозволило сформулювати мету і задачі дослідження.

У другому розділі приведені результати математичного моделювання процесу екстрагування з нерухомого шару дрібнодисперсної твердої речовини. Процес масообміну нерухомого шару часток (для визначеності - сферичної форми) з потоком, що фільтрується через цей шар (рис.1), по класичній схемі описується системою диференціальних рівнянь:

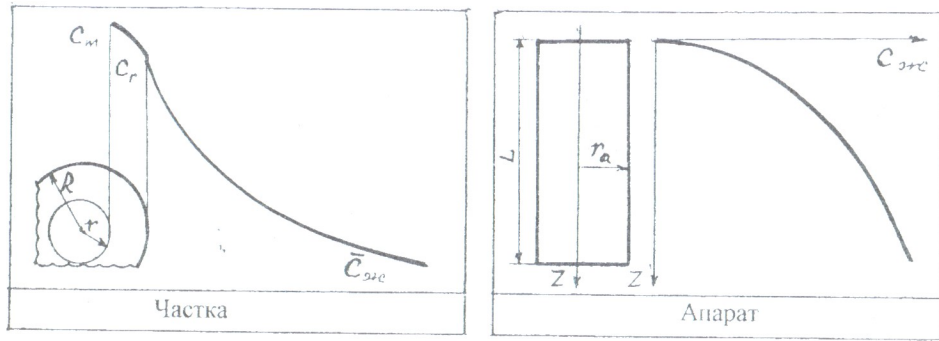


Рис. 1 Дифузійна модель процесу.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial c_m}{\partial \tau} &= D \left(\frac{\partial^2 c_m}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c_m}{\partial r} \right) \\ c_m|_{\tau=0} &= c_{m_0}(r), \quad c_m|_{r=0} - \text{обмежена} \\ \beta(c_r|_{r=R} - c_{жс}) &= -D \frac{\partial c_m}{\partial r} \Big|_{r=R} \\ \varepsilon \frac{\partial c_{жс}}{\partial \tau} + (1 - \varepsilon) \frac{\partial \bar{c}_m}{\partial \tau} &= D \frac{\partial^2 c_{жс}}{\partial Z^2} - \omega \frac{\partial c_{жс}}{\partial Z} \\ \omega c_{жс_0} &= \omega c_{жс} \Big|_{Z=0} - \varepsilon D \frac{\partial c_{жс}}{\partial Z} \Big|_{Z=0} \\ c_{жс} \Big|_{\tau=0} &= c_{жс_0}, \quad \frac{\partial c_{жс}}{\partial Z} \Big|_{Z=L} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де D - коефіцієнт дифузії, β - коефіцієнт масовиддачі, $C_{жс}$ - концентрація масла в екстракті, C_m - концентрація масла в об'ємі частки, τ - час, ε - пористість, ω - швидкість переміщення екстрагенту, Z - висота шару сировини.

Приведена система диференціальних рівнянь з відповідними граничними умовами є повним описом процесу екстрагування з шару дрібнодисперсної твердої речовини кулеобразної форми в екстракційному апараті колонного типу.

Математична модель конвективної дифузії має такий вигляд:

$$\frac{\partial c_{жс}}{\partial \tau} + \left(\frac{\partial c_{жс}}{\partial r_a} + \frac{c_{жс}}{r_a} \right) \omega_r + \frac{\partial c_{жс}}{\partial Z} \omega_Z = D \left(\frac{\partial^2 c_{жс}}{\partial r_a^2} + \frac{1}{r_a} \frac{\partial c_{жс}}{\partial r_a} + \frac{\partial^2 c_{жс}}{\partial Z^2} \right) \quad (2)$$

$$\beta(c_n - c_{жс}) = -D \left(\frac{\partial c_r}{\partial n} \right)_n, \quad c_n \approx c_r|_{r=R}, \quad (3)$$

де C_n - концентрація на межі фаз в твердому тілі, C_r - концентрація на межі фаз в рідині, інші позначення наведено вище.

Права частина рівняння (2) характеризує швидкість зміни концентрацій в деякій точці простору згодом і по мірі переміщення точки. Ліва частина характеризує просторовий розподіл концентрацій поблизу цієї точки. Рівняння (3) є математичним формулюванням граничної умови третього роду.

Виведено рівняння, яке описує розподіл концентрації в твердому тілі (об'ємі частки):

$$c_m(r, \tau) = \frac{4c_{m_0}}{r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_n R - \mu_n R \cos \mu_n R}{\mu_n (2\mu_n R - \sin 2\mu_n R)} e^{-\mu_n^2 D \tau} \sin \mu_n r, \quad (4)$$

де c_{m_0} - початкова концентрація в твердому тілі, $\mu_n = x_n/R$, x_n - корінь

характеристичного рівняння $A \sin x_n + B x_n \cos x_n = c$, $A = \frac{4c_{m_0}}{R} A_n \beta$,

$B = \frac{4c_{m_0}}{R^2} D A_n$, інші позначення наведено вище.

Виведено рівняння обчислення середньої концентрації в твердому шарі часток:

$$\bar{c}_m = \sum_{i=1}^{\infty} c_i e^{-\mu_n^2 \tau}, \quad (5)$$

$$\text{де, } c_i = \frac{12 c_{m_0}}{R^3} \frac{(\sin \mu_n R - \mu_n R \cos \mu_n R)^2}{\mu_n^3 (2\mu_n R - \sin 2\mu_n R)}, \quad (6)$$

де \bar{c}_m - середня концентрація в твердому шарі часток, c_i - концентрація у точці простору шару.

Аналітично одержано рівняння розподілу концентрації цільового компоненту в потоці екстрагенту по апарату:

$$c_{жс}(Z, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(U_n - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \right) e^{-\mu_n^2 D \tau}, \quad (7)$$

де U_n - комплексна змінна.

За допомогою отриманих аналітичних рішень визначення зміни концентрацій цільового компонента в твердій (4) та рідкій (7) фазах можна розраховувати необхідний час екстрагування і доцільну товщину шару матеріалу, що екстрагується. Однак, для цього необхідно знайти ряд невідомих параметрів, які входять в дані рівняння.

Основною невідомою змінною для рішення отриманої аналітичної залежності є коефіцієнт масовіддачі. Він характеризує умови протікання процесу на межі фаз, що розглядаються. Методом "аналізу розмірностей" був визначений загальний вигляд критеріального рівняння: $Sh = APe^n$

Методи експериментальних досліджень:

- метод визначення коефіцієнта дифузії. Конкретне виявлення дифузії визначається початковими і граничними умовами, за допомогою яких може бути проінтегровано рівняння дифузії (2) з метою отримання виразів для концентрації C як функції часу τ , положення x і коефіцієнта дифузії. Коефіцієнт D в цьому випадку обчислюється з експериментальної кривої залежності C від x в різні моменти часу. Результати, отримані при декількох концентраціях і екстрапольовані до $C = 0$, дають середню величину D . Кінцевий вигляд розрахункового рівняння такий:

$$\frac{A}{h_{\max}} = (4\pi D \tau)^{1/2}, \quad (8)$$

де A - площа під кривою залежності градієнта концентрації від відстані від межі фаз, h_{\max} - екстремум кривої залежності градієнта концентрації від відстані від межі фаз.

За допомогою формули (9) і необхідних для її розрахунку експериментальних кривих забезпечується зручний і точний шлях для визначення коефіцієнта дифузії.

- метод визначення умов фазової рівноваги. Екстракція з твердих тіл є процесом вирівнювання концентрацій розчинів у середині і зовні часток матеріалу, або досягнення фазової рівноваги. Тривалість вирівнювання концентрацій є важливим критерієм оцінки ефективності процесу екстрагування. В розділі привведена методика і розрахункова формула матеріального балансу. Розраховувалися рівноважні концентрації для різних режимних параметрів.

При дослідженні кінетики масообміну використані чотири основних етапи: вплив природи розчинника, вплив гідромодулю, вплив температурних режимів, вплив швидкості проходження екстрагенту.

У третьому розділі приведені результати експериментальних досліджень процесу екстрагування з дрібнодисперсного твердого матеріалу. Описана експериментальна установка, яка складається з ємкості для екстрагента, пристрою, що дозує його подачу; термостата ТС-24; екстракційної колони; приймача екстракту; контролюючих приладів. Для регенерації екстрагенту використовували лабораторний прилад для відгонки розчинників. Очищали дослідні зразки масла від слідів екстрагенту методом вакуумування.

Проведено експериментальне вивчення фазової рівноваги. Експеримент полягав в тому, що до установки завантажувалися рівні наважки сировини та екстрагенту (гідромодуль 1:1). Після встановлювання температури 20 °С, через кожні 20 хвилин відбиралися проби отриманого екстракту і за допомогою рефрактометра РФ-454Б визначалася концентрація масла в екстракті. Проби відбиралися доти, поки концентрація екстракту змінювалася. Надалі змінювали співвідношення наважок сировини до екстрагенту (гідромодуль). Для кожного гідромодулю визначали стан рівноваги системи при різних температурах. Результати, одержані в ході даного експерименту, відображені на рис.2. Найбільше значення рівноважна концентрація має при проведенні екстрагування нефрасом, гідромодулі 1:1 та температурі 50 °С.

Для визначення коефіцієнту дифузії декілька бюреток (для кожної точки) заповнювалися п'ятьма мілілітрами чистого масла і п'ятьма мілілітрами чистого екстрагенту таким чином, щоб була чітка межа між двома фазами. Бюретки поміщалися в термощкаф, у якому встановлювалася температура 20 °С. Через кожен годину на різних рівнях бюреток по висоті відбиралися проби і визначалася концентрація в розчині. Коли зміна концентрації в розчині не спостерігалася відбір проб припинявся. Для проведення подальших дослідів змінювалася температура. За одержаними результатами будували графік залежності концентрації цільового компонента від висоти суміші. Отримані криві були продиференційовані з метою визначення графічної залежності градієнта концентрацій $\frac{\partial c}{\partial x}$ від висоти шару суміші (відстань від початку чіткої межі між фазами) для зручності подальшої обробки (табл. 1).

Таблиця 1

Розрахункові дані коефіцієнту дифузії.

Показники	Одиниці вимірювання	Значення		
		20	30	50
Температура	°С	20	30	50
Час	с	4,3* 10 ⁵	1,7* 10 ⁵	0,8* 10 ⁵
Коефіцієнт дифузії	м ² /с	2,1* 10 ⁻¹⁰	11* 10 ⁻¹⁰	19* 10 ⁻¹⁰

Загальний об'єм експериментального вивчення кінетики масовіддачі при екстрагуванні масел кави і амаранту приведений в табл.2.

На першому етапі досліджувався вплив природи екстрагента на кавовий шлам і зерно амаранту з метою визначення екстрагента, який володіє кращою здатністю відділяти цільовий компонент у даному матеріалі. При дослідженні застосовували екстрагенти: етиловий спирт, гексан, нефрас. По кривим, представленим на рис.3 можна зробити висновок, що кращим екстрагентом є нефрас.

Другим етапом дослідження впливу режимних факторів було визначення гідромодульних співвідношень. З рис.4 видно, що найбільша концентрація продукту в екстракті при гідромодулі 1:1. Але при такому гідромодулі не забезпечується достатнє вилучення масла з сировини. При гідромодулі 1:3 великі затрати на регенерацію екстрагенту. Тому робочим параметром вибрали гідромодуль 1:2.

Третім етапом дослідження було вивчення впливу температурного режиму проведення процесу, від якого залежить величина коефіцієнту дифузії D . 50 °C є доцільна температура проведення процесу екстрагування (рис.4), тому що подальше підвищення температури приводить до появи в екстракті парової фази. Крім того, були проведені досліди з різними комбінаціями сировини і екстрагенту, тобто отриманий в ході екстрагування екстракт подавався на свіжу сировину, або чистий екстрагент подавався на сировину, яка заздалегідь вже була знежирена.

Таблиця 2

Об'єм експериментальних досліджень

Показники	Одиниці вимірювання	Значення				
		10	20	30	40	50
Температура	°C	10	20	30	40	50
Швидкість проходження екстрагенту	м/с	$0,052 \cdot 10^{-4}$	$0,52 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$52 \cdot 10^{-4}$	
Гідромодуль	кг/кг	1:1	1:2	1:3	1:4	
Вид екстрагенту	-	нефрас	Гексан	етилловий спирт		

Четвертим етапом дослідження кінетичних закономірностей є визначення впливу швидкісних режимів на процес екстрагування. Для цього вимірювали концентрацію екстракту при різних швидкостях проходження екстрагента через нерухомий шар сировини (рис 5). Із рис. 4,5 видно, що швидкість протікання екстрагента впливає більше на масообмінні процеси в ході екстрагування, ніж температура. Швидкість проходження екстрагенту при екстрагуванні вибрали $5,2 \cdot 10^{-4}$ м/с, тому що подальше збільшення швидкості не збільшує значно концентрацію масла в екстракті, а енергозатрати збільшуються.

Проведений розрахунок виснаження твердої фази при певних режимних параметрах проведення процесу екстрагування з кавового шלאму і зерна амаранту (рис.6) показав, що найбільш інтенсивно процес екстрагування відбувається при швидкості $5,2 \cdot 10^{-4}$ м/с проходження екстрагенту крізь шар сировини.

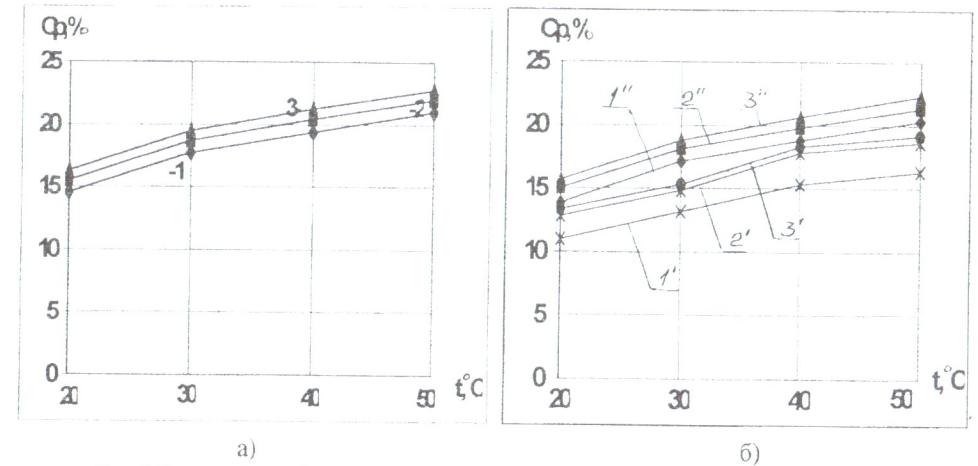


Рис.2 Залежність рівноважної концентрації екстракту від температури
а) – гідромодуль 1:1, б) – гідромодуль 1:2 (1'', 2'', 3''), 1:3 (1', 2', 3').
1, 1' – етиловий спирт, 2, 2' – гексан, 3, 3' – нефрас

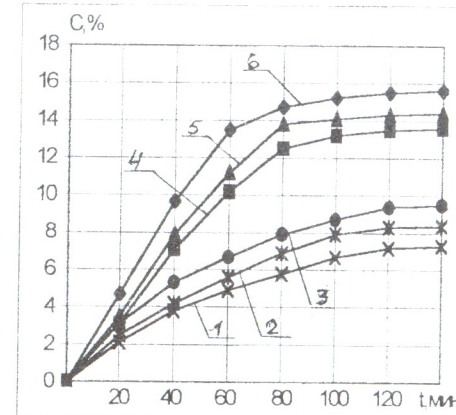


Рис.3 Залежність концентрації екстракту від часу екстрагування.
Зерно амаранту: 1- етиловий спирт, 2- гексан, 3- нефрас.
Кавовий шлам: 4 - етиловий спирт 5- гексан, 6- нефрас.

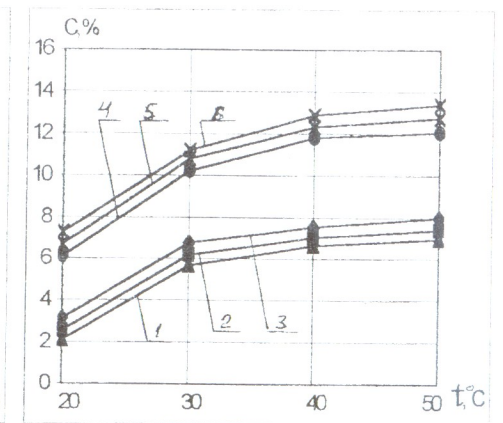


Рис.4 Вплив температурного і гідромодульного режимів (нефрас) на концентрацію екстракту.
Зерно амаранту: 1,2,3 – гідромодуль відповідно 1:3, 1:2, 1:1.
Кавовий шлам: 4,5,6 – гідромодуль відповідно 1:3, 1:2, 1:1.

Розраховані значення коефіцієнту масовіддачі при різних швидкісних і температурних режимах, визначено що більший вплив на коефіцієнт масовіддачі має швидкість проходження екстрагенту (рис. 7,8).

При обробці результатів експерименту на ПСВМ критеріальне рівняння прийняло вигляд:

$$Sh = 8,07 Pe^{0,41} \quad (9)$$

Це рівняння є основою методики розрахунку екстракційних апаратів.

У четвертому розділі розроблена інженерна методика розрахунку екстракційних апаратів колонного типу для екстрагування з дрібнодисперсної твердої речовини і алгоритм розрахунку, в якому початковими даними є маса сировини, вид екстрагенту, початкова концентрація масла в екстрагенті, діаметр колони, пористість шару, щільність твердої фази і початкова концентрація масла в твердій фазі. Розрахунковими параметрами є рівноважна концентрація, коефіцієнт масовіддачі, коефіцієнт дифузії, зміна концентрації в потоці екстрагента, зміна концентрації в твердій фазі. Кінцевим результатом є висота шару продукту, час екстрагування, швидкість проходження екстрагенту, температура екстрагування. Спираючись на приведені алгоритм, створена комп'ютерна програма розрахунку екстракційних апаратів.

Приведено графічний метод розрахунку за допомогою трикутної діаграми. Він необхідний для визначення кількості ступенів екстрагування до досягнення залишкової концентрації цільового компонента в сировині при заданому часі екстрагування і висоті шару сировини.

Використовуючи комп'ютерну програму, розраховали пілотну установку (рис.10), в якій повне знежирення сировини в шарі висотою 0,45 м настає через 1800 секунд. Схема установки включає екстракційну колону з касетою, висотою 0,45 м, ректифікаційну колону, дефлегматор, нагрівник, збірник екстракту, систему охолодження і контролюючі прилади.

Порівняння комп'ютерного розрахунку з результатами випробування пілотної установки (рис.9) показали, що розраховані результати та дані, одержані при проведенні експерименту, мають незначне розходження. Це говорить про адекватність розробленої методики розрахунку та проведеного експерименту.

За допомогою комп'ютерної програми розроблено проект екстракційного апарату (рис.11) для вилучення масла кави з кавового шלאму на Одеському харчокомбінаті. Для переробки кавового шלאму паралельно з виготовленням розчинної кави, необхідно використати екстракційну колону висотою три метри і діаметром 0,64 метри.

Проведено розрахунок планової собівартості виробництва однієї тонни масла кави відповідно до типового положення по плануванню, обліку та калькулюванню собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України. Дана сума не перевищувала 500 гривень на одну тонну готового продукту (на 01. 01. 1999 р.).

Константи, одержані хімічним аналізом (табл.3,4), і спектральна

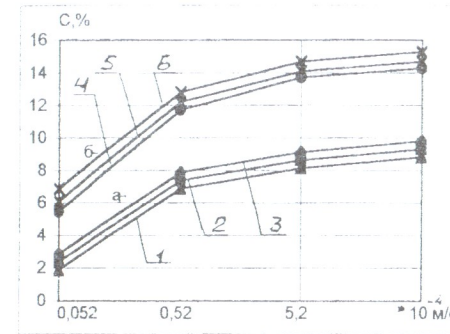


Рис.5 Вплив швидкості проходження екстрагенту на концентрацію екстракту
а) зерно амаранту, б) кавовий шלאм
1,2,3 – гідромодуль відповідно 1:3,1:2,1:1
4,5,6 - гідромодуль відповідно 1:3,1:2,1:1.

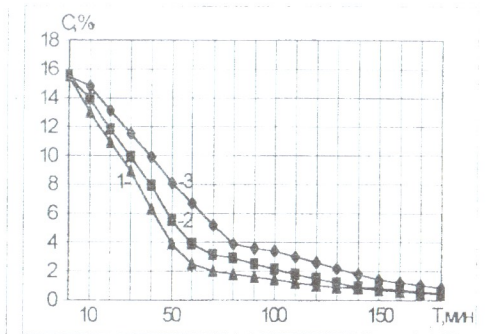


Рис.6 Зміна концентрації цільового компонента у твердій фазі.
1 – швидкість проходження екстрагенту $5,2 \cdot 10^{-4}$ м/с,
2 – швидкість $0,52 \cdot 10^{-4}$ м/с,
3 – швидкість $0,052 \cdot 10^{-4}$ м/с.

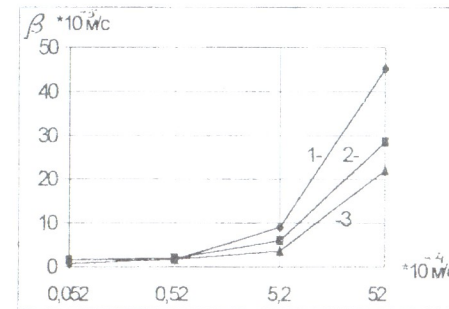


Рис.7 Вплив швидкості проходження екстрагенту на коефіцієнт масовіддачі.
1,2,3 – температура екстрагування відповідно 50 °C, 30 °C, 20 °C.

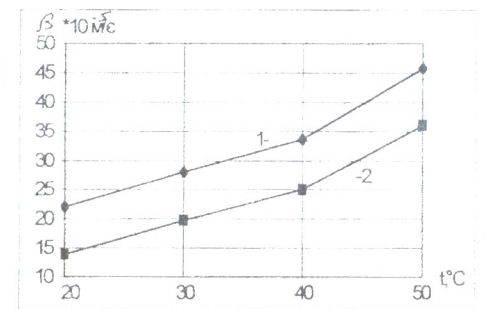


Рис.8 Вплив температури екстрагування на коефіцієнт масовіддачі, $\omega = 5,2 \cdot 10^{-4}$.
1 – кавовий шלאм, 2 – зерно амаранту.

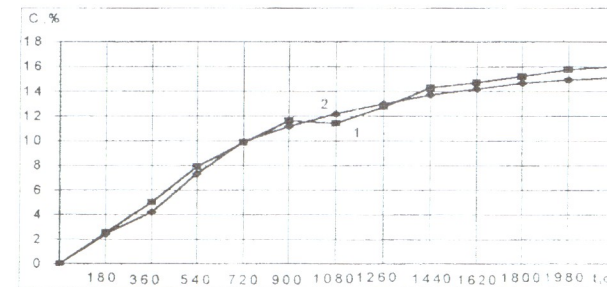


Рис.9 Характеристика вилучення масла одержана експериментально (1) та за допомогою комп'ютерної програми (2).

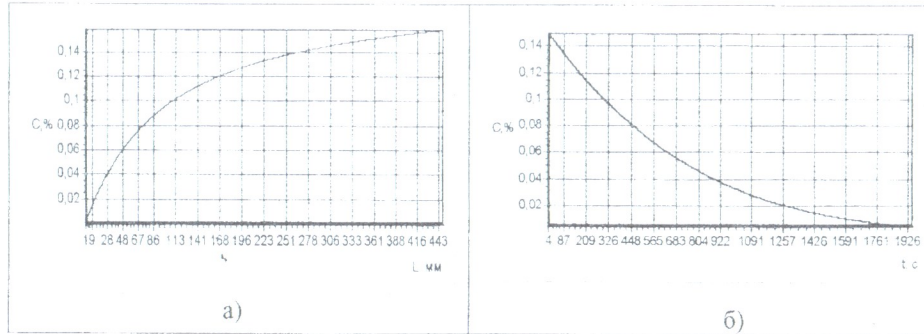


Рис.10 Комп'ютерний розрахунок пілотної установки

а) концентрація масла в потоці екстрагенту, б) концентрація масла в твердому тілі

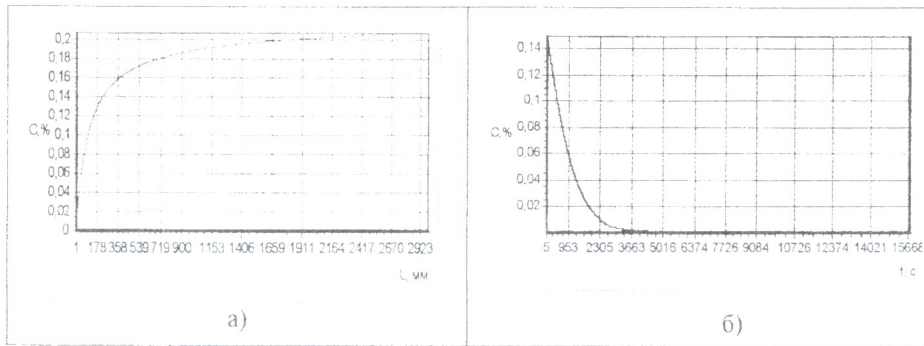


Рис.11 Комп'ютерний розрахунок екстрактора для ОКХК

а) концентрація масла в потоці екстрагенту, б) концентрація масла в твердому тілі

Таблиця 3

Аналіз масла кави на наявність важких металів і пестицидів.

Найменування показників	Виявлена концентрація, мг/кг	ІТД на методи дослідження
Мідь	0,3	ГОСТ 26931 86
Свинець	0,001	ГОСТ 26932 86
Кадмій	0,009	ГОСТ 26933 86
Цинк	0,3	ГОСТ 26934 86
Миш'як	< 0,007	ГОСТ 26930 86
Ртуть	< 0,001	ГОСТ 26927 86
Афлатоксин В ₁	< 0,001	МУ № 4082 90
ДДТ	не виявлено	МУ МІНЗДОРОВ'Я

характеристика масла кави в порівнянні з константами (із літературних джерел)

Таблиця 4

Аналіз масла кави у відповідності з ДЗСТАми на рослинні масла.

Найменування показника	Результати
Колір	Ясно - коричневий
Прозорість	При 40 °С - прозоре
Запах	Властивий сирій кави
Кислотне число, мКОН	0,72
Масова частка неомылованих речовин, %	1,92
Масова частка нежирових домішок, %	0,004
Масова частка води і летючих речовин, %	2,13
Температура повного розплавлення, °С	33,6
Число омилювання, мКОН/г	171,3,
Йодне число, I/100г	78,0,
Ефірне число, мКОН/г	99,3,

масел широкого використання (соняшникове, бавовняне, соєве, оливкове, какао, кукурудзяне і т. д.) і амаранту показують доцільність подальшого вивчення цих продуктів і впровадження їх у виробництво. Наявність важких металів і пестицидів не перевищує допустимих концентрацій в рослинних маслах.

Висновки.

1. На основі теоретичних досліджень науково обґрунтовано, що кавовий шлам і зерно амаранту є цінною сировинною базою виробництва масел екстрагуванням.
2. Отримані аналітичні залежності (4,7), які дають можливість розрахувати в твердому тілі і в рідині зміну концентрації цільового компоненту в часі та просторі.
3. Встановлено, що рівноважна концентрація в системі "масло - екстрагент" залежить від температури екстрагування, із збільшенням температури (не більше 50 °С) росте здібність екстрагенту вилучати цільовий компонент.
4. Визначений коефіцієнт дифузії системи "масло - нефрас" знаходиться в межах $2,1 \cdot 10^{-10}$ - $19 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ в залежності від температури екстрагування.
5. Отримано критеріальне рівняння, яке описує процес екстрагування масла кави з кавового шламу. Коефіцієнт масообміну $\beta = 0,7 \cdot 10^{-4} \dots 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$, в залежності від режимних параметрів.
6. Науково обґрунтовані робочі режимні параметри проведення процесу екстрагування масла кави і амаранту: екстрагент - нефрас, гідромодуль 1:2, температура екстрагування - 50 °С, швидкість проходження екстрагенту - $5,2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$.

7. Розроблена методика розрахунку екстракційних апаратів для екстрагування з твердої дрібнодисперсної сировини, на її основі створена комп'ютерна програма, розрахунки якої співпадають з експериментальними даними.

8. На основі хімічних і спектрометричних методів аналізу встановлено, що масло кави та амаранту можна рекомендувати для подальшого вивчення і впровадження у виробництво.

9. Одеському харчокомбінату запропоновано проект екстракційного апарату для технологічної лінії виробництва масла кави з кавового шלאму і проведений розрахунок планової калькуляції виробництва однієї тонни продукту.

Перелік робіт, що опубліковані за темою дисертації.

1 Осадчук П. И., Шведов В. В., Терзиев С. Г. Утилизация кофейного шлама для получения импортозамещаемого масла. // 36. наук. пр., ОДАХТ. Проблемы та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів, Енерго і ресурсозберігаючі техніки і технології. Моделювання енерготехнологій. – Одеса, 1997.- Т. 6. - С.57-59.

2 Осадчук П. И., Терзиев В. Г., Бурдо О. Г. Методика и экспериментальное моделирование массопереноса в процессе экстрагирования. // Науч. тр. междунар. мемориальной и науч.-практ. конф. памяти акад. Б.Л.Флауменбаума.- Часть 2.- Одесса: Астропринт, 1997. - С.390-394.

3 Осадчук П. И., Шведов В.В., Терзиев В. Г. Моделирование массопереноса при экстрагировании масла кофе. // Придніпровський вісник. Технічні науки - Дніпропетровськ, 1998.-№123. - С. 7-11.

4 Утилизация отходов пищевых производств. / П.И. Осадчук, В. В.Шведов, П. И. Светличный, А. К. Войтенко / Сб. науч. ст., ОЦНТИ Перспективные направления развития экологии, экономики, энергетики: - Одесса, 1999. - С. 140-146.

5 Масообмін при екстрагуванні із харчової сировини. /О. Г. Бурдо, П.І. Осадчук, В. В. Шведов, В. Г. Терзиев./ Праці X міжнар. конф. “Вдосконалення процесів та апаратів хімічних та харчових виробництв” (ІССЕ-99). – Львів: “Львівська політехніка”. – 1999. - С. 43-44.

6 Терзиев В. Г., Осадчук П. И., Бурдо О. Г. Интенсификация экстрагирования у харчових технологіях. // Харчова і переробна промисловість. – 1999. - № 9. - С.30-31.

7 Техніко-економічні аспекти екстрагування в харчових технологіях. / П. И. Осадчук, В. Г. Терзиев, В.В. Шведов, О. Г. Бурдо / 36. наук. пр., Донецьк, ДонДУЕТ. Обладнання та технології харчових виробництв. – 1999. – Вип. 3. - С.290-295.

8 Осадчук П. И., Гамоліч В. Я., Бурдо О. Г. Математичне моделювання процесу екстрагування з нетрадиційної рослинної сировини. // Холодильна техніка і технологія, Одеса, - 1999. – Вип. 64. - С.96-100.

9 Осадчук П.И., Кінетика екстрагування при переробці кавового шלאму. // 36. наук. пр., Одеса, ОДАХТ. – 1999. – Вип. 20. - С.237-242.

АНОТАЦІЯ

Осадчук П. И. Кінетика екстрагування масел з нетрадиційної рослинної сировини. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.18.12 - процеси та апарати харчових технологій. Одеська державна академія харчових технологій. Одеса, 2000.

Дисертація присвячена проблемі пошуку шляхів отримання рослинних масел, вивченню процесу екстрагування в системі “тверде тіло - рідина” при екстрагуванні з нерухомого шару сировини, розробці методики розрахунку екстракційних апаратів колонного типу для екстрагування рослинних масел з дрібнодисперсної твердої речовини. В роботі досліджується кавовий шлам і зерно амаранту. Представлені режимні параметри проведення процесу екстрагування масла з кавового шלאму і зерна амаранту, умови фазової рівноваги, коефіцієнт дифузії, кінетичні закономірності. Створена комп'ютерна програма розрахунку екстракційних апаратів колонного типу. Приведені результати хімічних аналізів для отриманого продукту у відповідності з ДЗСТАми на рослинні масла, а також на наявність важких металів і пестицидів. Отримана спектрометрична характеристика масла кави. Представлено розрахунок планової собівартості виробництва однієї тонни масла кави.

Ключові слова: екстрагування, рослинні масла, фазова рівновага, коефіцієнт дифузії, кінетичні закономірності, коефіцієнт масовіддачі.

АННОТАЦИЯ

Осадчук П. И. Кінетика экстрагирования масел из нетрадиционного растительного сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых технологий. – Одесская государственная академия пищевых технологий. Одесса, 2000.

Диссертация посвящена проблеме поиска путей получения растительных масел, изучению процесса экстрагирования в системе “твердое тело – жидкость” при экстрагировании из неподвижного слоя сырья, разработке методики расчета экстракционных аппаратов колонного типа для экстрагирования растительных масел из мелкодисперсного твердого вещества. По данным изученного химического состава в качестве исследуемого материала выбраны кофейный шлам и зерно амаранта. Кофейный шлам является вторичным сырьем, которое требует затрат на его утилизацию. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований представлены режимные параметры проведения процесса экстрагирования данных материалов. Изучены фазовые равновесия в системе “масло - экстрагент” в зависимости от вида экстрагента, гидромодуля, температуры экстрагирования, которые показали, что с увеличением температуры улучшается способность экстрагента извлекать масло кофе и амаранта. Определен коэффициент диффузии в системе “масло - экстрагент”. Его изменение подтвердило прямую зависимость от температуры экстрагирования. Кинетические закономерности, учитывающие скоростные режимы прохождения экстрагента, показали, что влияние скоростного фактора на интенсивность массообменных процессов превосходит температурное. На основании полученных аналитических решений, выведенной

критериальной зависимости разработана методика и создана компьютерная программа расчета экстракционных аппаратов колонного типа с помощью, которой была рассчитана и смонтирована пилотная установка для получения масел кофе и амаранта. Представлены результаты химических анализов для полученного экспериментального продукта в соответствии с ГОСТами на растительные масла, а также на наличие тяжелых металлов и пестицидов. Спектрометрический анализ, выявил идентичность в составе масла кофе и какао. Представлен расчет плановой себестоимости производства одной тонны масла кофе по статьям калькуляции.

Ключевые слова: экстрагирование, растительные масла, фазовое равновесие, коэффициент диффузии, кинетические закономерности, коэффициент массоотдачи.

ABSTRACT

Osadchuk P. I. Butters extracting kinetics from untraditional vegetable raw materials. Manuscript.

Thesis on competition of scientific degree candidate of technical sciences on specialty 05.18.12 - processes and apparatus of food technologies. - Odessa state academy of food technologies, Odessa, 2000.

Thesis sacred to receipt way searches problem import-replace of butters, to study of extracting process in system "solid - liquid" attached to extracting from immovable layer of raw materials, to computation methods elaboration of extracting apparatus of colonnade type for extracting of vegetable butters from fine-dispersed hard matter. In quality of explored raw materials select spent coffee and amaranth grain. On foundation of seen out theoretical and experimental researches are represented the extracting process regime laying parameters, condition of phase balance, diffusion coefficient, kinetic conformities to natural laws, on basis, which worked up methods and created computer computation program of extracting apparatus of colonnade type. Are represented the chemical analyses for got experimental product in accordance with States standards on vegetable butters, and also on presence of heavy metals and pesticides. Are seen out researches by the medium of spectrometer methods. Is represented a computation of planned production cost price of one coffee butter ton on calculation articles.

Key words: extracting, vegetable butters, phase balance, diffusion coefficient, kinetic conformities to natural laws, coefficient transfer.

