

2. Перколяционный метод извлечения масла рациональнее и экономичнее контактного метода, т.к. уменьшается расход растворителя, время осуществления операции и число стадий процесса.

Список литературы: 1. *И. Н. Демидов.* Использование этанола в масложировой промышленности. Научно-виробничий журнал «Олійно-жировий комплекс»: Днепропетровск, №1(4),2004,с. 27-29. 2. *А.А. Савус, С.Н. Мольченко, И.Н.Демидов.* Извлечение жиров из отработанного адсорбента производства пищевых растительных масел. Вестник НТУ «ХПИ». - Харьков, № 9, 2011, с. 7-9. 3. *Технология производства растительных масел.* Под общ. ред. В. М. Копейковского. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982г. – 416с.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

УДК 615.012.014

Є.М. СЕМЕНИШИН, докт.техн.наук, проф., НУ«Львівська політехніка», Львів

Р.В. СТАДНИК, асп., НУ«Львівська політехніка», Львів

МЕХАНІЗМ ТА КІНЕТИКА ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З АМАРАНТУ В УМОВАХ НЕРУХОМОГО ШАРУ

Розглянуто кінетику екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту гібриду в умовах нерухомого шару. В основу такої моделі положено рівняння (1) кінетики екстрагування цільового компонента з пористих структур. Визначено час повного вилучення цільових компонентів, а також коефіцієнт стислої дифузії. Показано, що експериментальні дані задовільно узгоджуються з теоретичними уявленнями.

Ключові слова: екстракція олії, дифузія.

Рассмотрена кинетика экстрагирования масла из измельченных семян амаранту гибриду в условиях неподвижного слоя. В основу такой модели положено уравнение (1) кинетики экстрагирования целевого компонента из пористых структур. Определенно время полного исключения целевых компонентов, а также коэффициент сжатой диффузии. Показано, что экспериментальные данные удовлетворительно согласовываются с теоретическими представлениями.

Ключевые слова: экстракция растительного масла, диффузия.

The kinetics of oil extraction from Hybrid Amaranth ground seeds in conditions of remaining coat has been considered. The basis of the presented model lies in the formula (1) of kinetics of target component extraction from porous structures. The time of full target components extraction and constrained diffusion coefficient have been determined. There has been shown that the experimental data are adequately conformed with theoretical concepts.

Keywords: oil extraction, diffusion.

Екстрагування цільових компонентів, зокрема олії, з рослинної сировини широко застосовується в різних галузях промисловості (хімічна, фармацевтична, харчова). Однією з таких олієвмісних рослин є амарант гібрид (*Amaranthus hybridus*).

Вилучення амарантової олії проводилось нами екстракційним методом в умовах нерухомого шару. Процеси в шарі (рухомий, нерухомий) мають ряд суттєвих переваг над іншими. Однією з них є одержання порівняно чистих

розчинів. Що стосується процесу екстрагування, то як справедливо зазначає Шафер [1] в зваженому, агітаційному, киплячому шарі кількість вилучених цільових компонентів з одиниці об'єму апарата в декілька раз менша ніж в нерухомому шарі, це дає підстави вважати за доцільне використовувати процес в шарі при виборі технологічної схеми вилучення цільових компонентів методом екстрагування.

В експериментах проведених нами [2] встановлено, що процес екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту протікає за змішаним механізмом – зовнішньо- та внутрішньодифузійним, оскільки в процесі подрібнення руйнуються бар'єри на шляху проникнення цільового компонента з пористих структур в основну масу екстрагента. Тому та частина олії, яка знаходиться на новоутвореній поверхні в процесі подрібнення переходить в розчин за зовнішньодифузійним механізмом, в той час, коли друга частина екстрагується за внутрішньодифузійним механізмом (рис. 1)

Тому, якщо позначити загальну масу олії, що міститься в насінні – M_0 , масу олії, що знаходиться в пористих частинках – M_{01} , а масу олії, що знаходиться на поверхні – M_{02} , то

$$M_0 = M_{01} + M_{02}$$

Зменшення розміру зерна пов'язане з збільшенням фазового контакту, що сприятиме збільшенню долі цільового компонента, який вилучається за зовнішньо дифузійним механізмом. Якщо позначити $M_{01}/M_{02} = \alpha$, то встановити область, в

якій проходить процес екстрагування можна за методикою [3]. На рис. 2 показано залежність $1 - \alpha = f(d)$. З рис. 2 видно, що для частинок зерна розміром менше 0,08 мм $\alpha = 1$ і процес протікає за зовнішньодифузійним механізмом; для частинок розміром 0,08 – 0,7 мм характерним є змішаний (зовнішньо- та внутрішньодифузійний) механізм; а для частинок, в яких $d_{\text{сеп}} > 0,7$ мм процес протікає за внутрішньодифузійним механізмом.

Для вивчення особливостей масопереносу в умовах нерухомого шару нами проведені експериментальні дослідження процесу екстрагування в апараті колонного типу.

В [4] показано, що при екстрагуванні речовини з пористих структур морфологічної будови в умовах нерухомого шару спостерігається два періоди.

Перший період характеризується наявністю речовини в пористих частинках і продовжується до того часу, поки в частинках у вхідному шарі не буде повністю

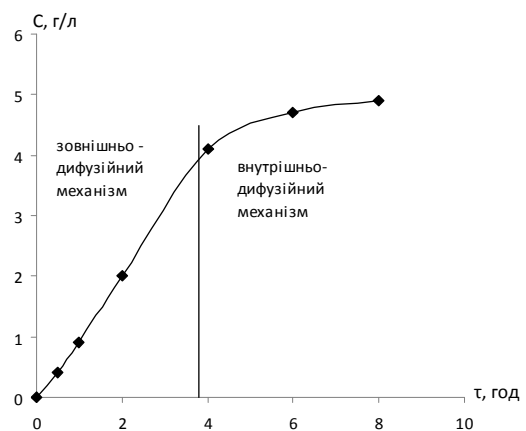


Рис.1. Залежність концентрації від часу для полідисперсної суміші подрібненого насіння $d_{\text{сеп}} = 0,5$ мм амаранту гібриду хлористим метиленом

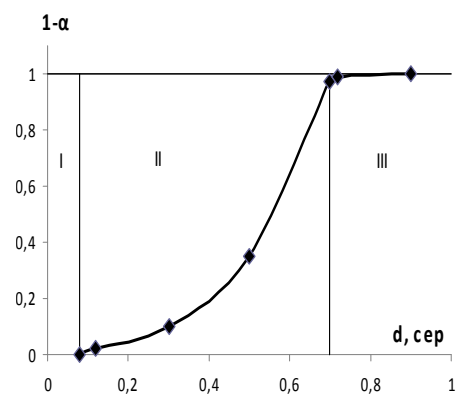


Рис. 2. Залежність $1 - \alpha = f(d_{\text{сеп}})$

вилучений цільовий компонент, (Рис. 3., зона А). В деяких випадках, коли процес протікає порівняно швидко (при екстрагуванні цільового компонента з частинок малого розміру) тривалістю першого періоду можна нехтувати. Для процесу, який протікає дуже повільно, тривалість цього періоду може бути досить значною і його необхідно враховувати при визначенні повного часу екстрагування T .

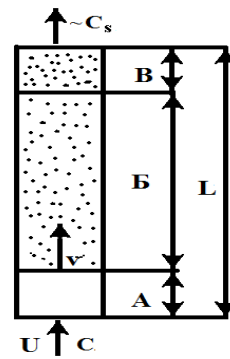


Рис. 3. Схема вилучення олії з шару подрібненого насіння амаранту, яка характеризується трьома зонами: А, Б і В

В зоні Б проходить насичення екстрагента цільовим компонентом, концентрація розчину в цій зоні збільшується від початкової концентрації до концентрації насичення C_s .

Зона В характеризується тим, що в процесі екстрагування концентрація розчину зберігає значення C_s при умові достатньої довжини шару L .

Таким чином, в другому періоді в шарі існує три зони. В першій цільовий компонент відсутній, в другій і третій зонах цей компонент ще знаходиться. Починаючи з моменту t_1 (час першого періоду), границя між двома зонами переміщається в напрямку руху екстрагента з деякою постійною швидкістю $-v$. З моменту часу (t_1) зона Б зменшується, а зона В залишається незмінною. Коли верхня границя зони Б досягне вихідного січення концентрація розчину C_1 починає зменшуватись і стає рівною початковій концентрації C в момент, коли границя, що розділяє зони А і Б досягне вихідного січення шару. Рух границі зони А і Б починається не відразу з початком руху розчинника, а через певний відрізок часу t_1 (час першого періоду).

Таким чином, час повного вилучення цільових компонентів з шару буде рівним $T=t_1+t_2$.

Для визначення часу t_1 і t_2 використано нами рівняння виду [5]:

$$\tau = \frac{t}{T} = \frac{D_c \cdot t}{R^2} \cdot \frac{C_1}{\eta} = \frac{1}{6} - \frac{\varphi_0^2}{2} + \frac{\varphi_0^3}{3}; \quad (1)$$

$$\frac{\beta \cdot \rho_T}{C_s - C_1} \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{\varphi_0^2}{2} + \frac{\varphi_0^3}{3} \right) = \frac{D_c \cdot t}{R^2}; \quad (2)$$

де τ – безрозмірний час; φ_0 - безрозмірний радіус частинки; β - вміст олії в одиниці маси насіння; C_1 – концентрація олії в розчині, що відповідає часу t ; R – радіус насіння; D_c – коефіцієнт стислої дифузії; ρ_T – густина насіння; η – маса насіння в одиниці об'єму; C_s – концентрація насичення; C – початкова концентрація розчину.

Для умов повного вилучення цільових компонентів ($\varphi_0=0$) час t_1 можна визначити з рівняння (2). Згідно рівняння (2) час першого періоду t_1 буде рівним:

$$t_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{\beta \cdot \rho_T \cdot R^2}{(C_s - C_1) \cdot D_c} \quad (3)$$

Швидкість переміщення границі між зонами ϑ , з врахуванням пористості насіння, можна визначити:

$$\vartheta = \frac{C_s - C_1}{\rho} \cdot \frac{U \cdot \rho_T}{\eta \cdot m} \quad ; \quad (4)$$

де $m = \beta \cdot \frac{\rho_T}{\rho}$ – пористість частинок насіння; U – швидкість фільтрації екстрагента; ρ – густина олії.

Тому час другого періоду визначається з рівняння:

$$t_2 = \frac{v}{L} = \frac{\eta \cdot \rho \cdot L \cdot m}{\rho_T \cdot (C_s - C_1) \cdot U} \quad (5)$$

де L – довжина шару.

Таким чином, час повного вилучення цільового компонента становить:

$$T = t_1 + t_2 = t_1 + \frac{\eta \cdot \beta}{C_s \cdot U} \cdot L \quad ; \quad \text{при умові } C = 0 \quad (6)$$

Рівняння (6) є рівнянням прямої, яка відтинає на осі ординат (при $L \rightarrow 0$) відрізок t_1 і має кут нахилу до осі абсцис під кутом α , тангенс якого:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\eta \cdot \beta}{C_s \cdot U} \quad (7)$$

Порівнюючи (7) та (4) знаходимо

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{v} \quad (8)$$

З рівняння (7) і (8) слідує, що $\operatorname{tg} \alpha$ являє собою час, який витрачається на вилучення цільового компонента з одиниці довжини шару.

Таким чином залежність $t-L$ дає можливість шляхом інтерполяції експериментальної прямої $t=f(L)$ до перетину з віссю t визначити час першого періоду t_1 і другого періоду t_2 , а відтак визначити час T і коефіцієнт стислої дифузії D_c згідно рівняння виду:

$$D_c = \frac{1}{6} \cdot \frac{\rho \cdot R^2}{C_s \cdot t_1} \quad (9)$$

Дослідження по вивченню кінетики екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту в умовах нерухомого шару проводились на експериментальній установці рис. 4, згідно наступної методики: з ємності 1 за допомогою насоса 2 подається екстрагент в напірний бак 3, звідки насосом 6 подається в екстрактор колонного типу 7.

В екстракторі колонного типу екстрагент фільтрується через шар подрібненого насіння $d_{\text{сер}}=0,5$ мм і екстрагує олію, яка міститься в шарі. На виході з екстрактора 7

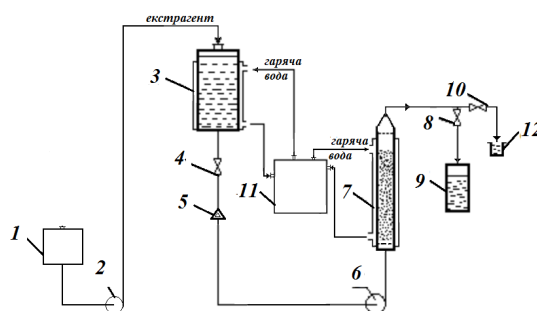


Рис. 4. Схема експериментальної установки: 1 – ємність з чистим екстрагентом; 2, 6 – насоси; 3 – напірний бак; 4, 8, 10 – крани; 5 – витратомір; 7 – екстрактор колонного типу; 9 – ємність для збору відпрацьованого екстрагента; 11 – термостат; 12 – ємність для відбору проб.

відпрацьований екстрагент попадає в ємність 9. Для визначення концентрації олії в екстрагенті через певні проміжки часу відбирали проби, які фільтрували на фільтрувальному папері під вакуумом, відганяли екстрагент, а залишок упарювали в сушильній шафі до постійної ваги.

Масу олії визначали гравіметричним методом за різницею маси бюкса з олією і порожнього бюкса. Досліди проводились при температурі 25 °С, постійній швидкості фільтрації $U=7,7 \cdot 10^{-1}$ м/с, яку вимірювали за допомогою ротаметра 5, при різних висотах шару 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 м. В якості екстрагента використовували хлористий метилен.

Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 3 і рис. 4 в виді залежностей концентрації від часу $C=f(\tau)$ і $t=f(L)$. Аналіз результатів досліджень показав, що дослідні дані задовільно співпадають з теоретичними прямими, які були побудовані згідно рівнянь (6) і (7).

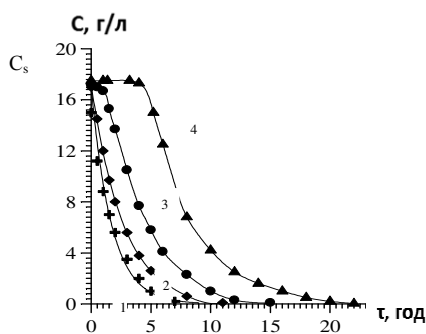


Рис. 5. Залежність концентрації олії від часу при екстрагуванні олії з подрібненого насіння $d_{\text{сер}}=0,5$ мм в нерухомому шарі при $t = 25$ °С і різних висотах шару: 1 – $L=0,1$ м; 2 – $L=0,2$ м; 3 – $L=0,3$ м .4 – $L=0,5$ м – довжина шару, яка забезпечує досягнення C_s .

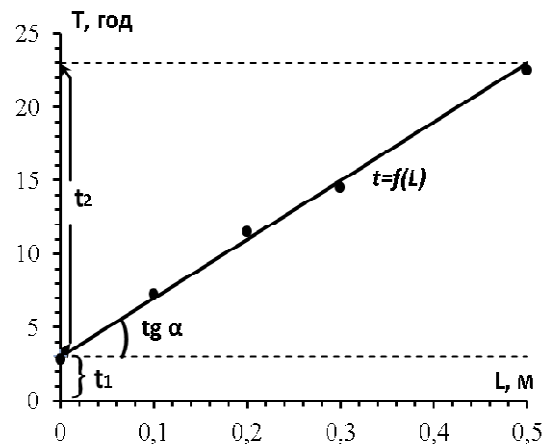


Рис. 6. Залежність $t=f(L)$. Залежність t від L побудована згідно рівнянь (6) і (7); точки – експериментальні дані.

Визначено коефіцієнт стислої дифузії, згідно рівняння (9) згідно вказаної методики, при вилученні олії з насіння подрібненого насіння амаранту гібриду ($d_{\text{сер}}=0,5$ мм) при температурі 25 °С, який становить $D=4 \cdot 10^{-11}$ м²/с та визначено час повного вилучення цільового компонента (олії), який для шару висотою $L=0,1$ м становив $T=8$ год; для шару $L=0,2$ м становив $T=12$ год; для шару $L=0,3$ м становив $T=15$ год; для шару $L=0,5$ м становив $T=23$ год.

Список літератури: 1. Shafer H. Chem.Ing.tech. 33, 551, 1961 . 2. Семенишин Є.М., Ятчишин Й.Й., Стадник Р.В. Амарантова олія. Проблема вилучення цільових компонентів з насіння амаранту гібриду (amaranthus hybridus) екстрагуванням // Хімічна промисловість України. – Київ, № 2(97) 2010. – с.19 – 22. 3. Семенишин Є.М., Стадник Р.В. асп., Троцький В.І. Федорчук-Мороз В.І. Вплив дисперсності насіння амаранту на механізм екстрагування олії // Наук. Пр. Одес. Нац. акад. харчових технологій. – 2011. – Вип. 39. – Т. 2. – С. 159-163. 4. Аксельруд Г.А., Семенишин Е. М., Дацко Р.П., Дурандин К.И. Массообмен при извлечении серы из слоя частиц серной руды// ИФЖ. – 1971. –Т.XXI, № 3. – с. 447-451 5. Семенишин Є.М. Кинетика экстрагирования твердой фазы из пористых структур: Автореф. дис. ... док. техн. наук. – Ленинград, 1983 г.

Поступила в редколлегию 06.12.2011