

## АПРОБАЦІЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З НАСІННЯ АМАРАНТУ

© Семенишин Є.М., Троцький В.І., Федорчук-Мороз В.І., 2006

**Виконано аналіз запропонованих математичних моделей для екстрагування олії з амарантової сировини.**

**The analysis of the offered mathematical models is executed for extracting of butter from amaranth raw material.**

**Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями.** Цільові компоненти, які містяться в амарантовій рослинній сировині, знаходять широке використання в медицині, харчовій, парфумерній та інших галузях завдяки унікальним за біохімічними характеристиками властивостями. Амарант відзначається високим вмістом протеїну, збалансованим амінокислотним складом, містить мінеральні речовини – кальцій, магній, залізо, фосфор та інші мікроелементи. Овочеві форми амаранту містять аскорбінові кислоти, каротин та оксалатну кислоту. З рослин амарантових виділені й інші сполуки: тіамін (вітамін В<sub>1</sub>), рибофлавін (В<sub>2</sub>), токоферол (вітамін Е), вітаміни групи Р, хлорофіл, спирти, стероїди (фітостерини) тощо.

Особливу цінність має амарантова олія. Сьогодні виділено олію з багатьох сортів амаранту. Унікальною амарантовою олію роблять передусім три компоненти: сквален, вітамін Е і високий вміст ненасичених жирних кислот (так званий комплекс вітаміну F) Омега-серії [1].

Зважаючи на перспективу розробки технології вилучення олії з рослинної сировини родини амарантових, досліджено механізм та кінетику екстрагування та запропоновані математичні моделі для цього процесу [2, 3].

**Мета роботи.** Мета роботи – апробація розроблених математичних моделей [2, 3] для розрахунку кінетики екстрагування олії з насіння амаранту.

Модель [2] ґрунтується на припущенні, що олія як цільовий компонент рівномірно розподіляється по об'єму зерна амаранту, весь опір при екстрагуванні зосереджений в зовнішній оболонці, а зміна концентрації відбувається тільки у часі. Схему розподілу концентрацій, що відповідає цій моделі, показано на рис. 1, а рівняння кінетики, що описує процес, має вигляд (1)

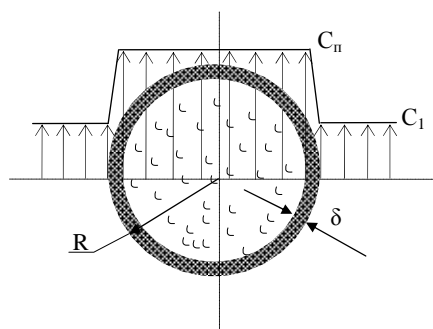


Рис. 1. Схема розподілу концентрації олії в об'ємі зерна амаранту

$$\frac{C_1}{C_k} = 1 - e^{-\mu \cdot \tau}, \quad (1)$$

$$\text{де } \mu = 3 \cdot \frac{K}{R} \cdot \frac{C_n}{C_n - C_k}.$$

Для використання рівняння [1] здійснюють обробку експериментальних даних з метою визначення константи  $\mu$ . Слід зазначити, що після визначення  $\mu$  та за відомих значень розміру зерен  $R$ , початкової та кінцевої концентрації олії  $C_n, C_k$  можна визначити кінетичну константу  $K$ . Отже,  $\mu$  має певний фізичний зміст, оскільки впливає на кінетику екстрагування таких параметрів, як розмір частинок та співвідношення  $T:P$  в досліді.

Модель [3] ґрунтується на аналізі мікрофотографій сколу зерна амаранту (рис. 2).

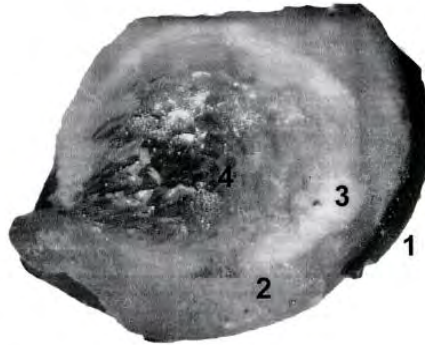


Рис. 2. Мікрофотографія сколу зерна амаранту

Згідно зі структурою сколу зерна (рис. 2) внутрішній об'єм складається з декілька областей 1, 2, 3, в яких вміст олії, масова провідність та дифузійний опір на границях областей є відмінними.

Математична модель ґрунтується на уявленні, що олія як цільовий компонент нерівномірно розподілена в певних областях в об'ємі зерна, дифузійний опір має різне значення на границях областей, а зміна концентрації олії в цих областях відбувається тільки в часі. Схему розподілу концентрацій, що відповідає наявності двох областей вмісту олії в зерні та з різним дифузійним опором на границях цих областей, показано на рис. 3. Така модель є спрощеною порівняно з реальним розподілом (рис. 2), однак вона дає змогу точніше враховувати механізм процесу екстрагування.

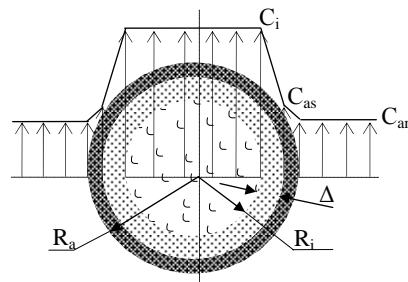


Рис. 3. Схema розподілу концентрації олії в об'ємі зерна амаранту в межах двох областей

Рівняння кінетики екстрагування має такий вигляд:

$$\frac{C}{C_k} = 1 - Ae^{-\alpha\tau} - Be^{-\beta\tau} \quad (2)$$

Отже, для використання рівняння (2) необхідно визначити  $A, B, \alpha, \beta$ .

Для апробації рівнянь (1) і (2) використовували експериментальні дані з вилучення олії з насіння амаранту, отримані за різних технологічних умов (розмір фракцій 0,25 і 0,5 мм, температура 20, 30, 40 °C). Дані досліджень за відповідних умов наведені в табл. 1 та 2 для сировини амаранту мітлистого та амаранту хвостатого.

Таблиця 1

**Концентрація олії, одержаної екстракцією  
з насіння амаранту мітлистого (г/л)**

Час, год	T=20 °C		T=30 °C		T=40 °C	
	d <sub>cp</sub> =0.5мм	d <sub>cp</sub> =0.25мм	d <sub>cp</sub> =0.5мм	d <sub>cp</sub> =0.25мм	d <sub>cp</sub> =0.5мм	d <sub>cp</sub> =0.25мм
0.5	3	3,88	3,88	4,9	5	6,17
1	4,8	6	5,77	7,44	7,12	8,62
1.5	6	7,51	7,12	8,67	8,54	10
2	7,2	8,54	8,31	9,63	9,6	10,92
2.5	8,3	9,41	9,32	10,42	10,45	11,55
3	9,33	10,12	10,2	11	11,1	12,15
3.5	10	10,57	10,8	11,3	11,5	12,34
4	10,52	10,93	11,31	11,6	12	12,5
$\mu$	0,641	0,812	0,726	0,979	0,885	1,167
A	0,506	0,498	0,496	0,492	0,49	0,49
$\alpha$	0,651	0,809	0,721	0,965	0,834	1,146
B	0,506	0,498	0,496	0,492	0,49	0,49
$\beta$	0,645	0,809	0,718	0,965	0,834	1,145

Таблиця 2

**Концентрація олії, одержаної екстракцією  
з насіння амаранту хвостатого (г/л)**

Час, год	T=20 °C		T=30 °C		T=40 °C	
	d <sub>cp</sub> =0.5мм	d <sub>cp</sub> =0.25мм	d <sub>cp</sub> =0.5мм	d <sub>cp</sub> =0.25мм	d <sub>cp</sub> =0.5мм	d <sub>cp</sub> =0.25мм
0.5	8,4	7,5	9,6	9,6	10,6	11,6
1	11,18	10,3	12,32	13,46	13,24	15,75
1.5	12,1	12,3	12,98	15,4	15,01	18,7
2	12,51	13,55	13,66	16,63	16,56	20,37
2.5	12,9	13,9	14,01	17,5	17,4	20,37
3	13,14	14,25	14,3	18,2	18,3	20,38
3.5	13,5	14,5	14,52	19,0	19,2	20,38
4	13,9	14,93	14,9	19,7	20,2	20,38
$\mu$	1,592	1,213	1,766	1,081	1,013	1,628
A	0,33	0,492	0,653	0,484	0,472	0,5
$\alpha$	0,659	1,195	3,521	1,046	0,953	1,627
B	0,671	0,492	0,347	0,484	0,472	0,5
$\beta$	2,937	1,195	0,736	1,046	0,953	1,627

Обробку даних для рівнянь (1) і (2) виконували за однаковою методикою із застосуванням стандартних програм MathCAD – виконання нелінійної регресії загального виду, за якої забезпечується мінімальна середньоквадратична похибка апроксимації масиву дослідних даних.

У табл. 1 і 2 також зведено шукані коефіцієнти, що відповідають рівнянням (1) і (2) за певних технологічних параметрів температури та розміру частинок.

У роботі порівняно результати розрахунку концентраційних кривих на основі рівнянь (1) і (2) і зіставлено їх з експериментальними даними, наведеними в табл. 1 і 2.

На рис. 4 як приклад наведені дослідні дані та розрахункові кінетичні криві на основі рівнянь (1) і (2) для амаранту хвостатого (T = 40°C, d<sub>ср</sub> = 0,25 мм). Оскільки результати розрахунків за рівняннями (1) і (2) збігаються, то вони представлені однією кривою (рис. 4).

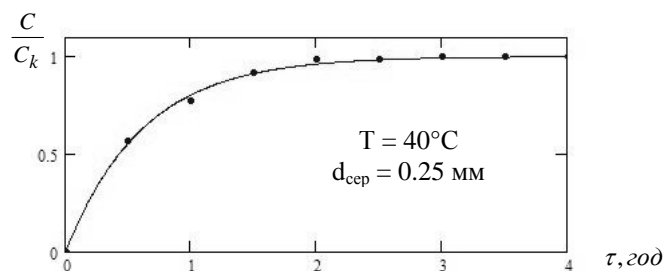


Рис. 4. Кінетична крива  $\frac{C}{C_k} = f(\tau)$

(точки – дослідні дані, крива – розрахована за рівняннями (1) і (2))

Розраховано також середньоквадратичні відхилення експериментальних та розрахункових значень по кожному з рівнянь. Зіставлення середньоквадратичного відхилення вказує на якість апроксимації кожним з наведених рівнянь.

**Висновки.** У роботі виконано апробацію кінетичних рівнянь, що описують процес екстрагування олії з рослинної сировини родини амарантових. Отримано коефіцієнти, що входять у відповідні рівняння, виконано порівняння кінетичних кривих, одержаних на основі рівнянь та дослідних даних. Показано, що рівняння (1) і (2) адекватно описують екстрагування, а результати розрахунків, одержаних на основі рівнянь (1) і (2), збігаються. Отже, з практичного погляду можна для розрахунків використовувати як перше, так і друге рівняння, але оскільки перше рівняння має дещо простіший вигляд і кінетичний коефіцієнт  $\mu$  показує вплив таких технологічних параметрів, як розмір частинок та співвідношення  $T:P$ , можна рекомендувати саме його для подальшого використання.

1. Проц Д.І., Федорчук-Мороз В.І. Визначення жирних кислот у ліпідній фракції рослин родини амарантових // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2001. – №426. – С.219. 2. Семенишин Є.М., Троцький В.І., Федорчук-Мороз В.І. Кінетика екстрагування олії з насіння цириці загнута // Вісник НУ “Львівська політехніка” – 2003. – №488. – С.200–205. 3. Семенишин Є.М., Троцький В.І., Федорчук-Мороз В.І. Математична модель екстрагування цільових компонентів з насіння амаранту // Вісник НУ “Львівська політехніка” – 2005. – №529. – С. 199–203.

УДК 547.431.6:661.321

Л.Й. Солодяк, Й.Д. Кушина, С.С. Левуш  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра охорони праці

## ВЗАЄМОДІЯ ПЕРФТОР-4,7-ДИМЕТИЛ-3,6-ДИОКСА-7- ФТОРКАРБОНІЛОКТАНСУЛЬФОФТОРИДУ З КАРБОНАТОМ НАТРІЮ В СЕРЕДОВИЩІ ДІГЛІМУ

© Солодяк Л.Й., Кушина Й.Д., Левуш С.С., 2006

Проведено дослідження із взаємодії перфтор-4,7-диметил-3,6-диокса-7-фторкарбонілоктансульфофториду з карбонатом натрію в середовищі диметилового ефіру диетиленгліколю. Показано, що істотний вплив на вихід цільового мономера – перфтор-4-метил-3,6-диокса-7-октенсульфофториду – має вміст води в розчиннику.

Researches of interaction perfluoro-4,7-dimethyl-3,6-dioxa-7-fluorocarbonyloctansulphofluoride with a sodium carbonate in environment of a dimethyl ether of diethylene glycol were carried out. It is shown that essential influence on an output of a target monomer - perfluoro-4-methyl-3,6-dioxa-7-octensulphofluoride – has the content of water in solvent.

Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями. Створення термостійких, хімоустійких та кислотостійких іонообмінних мембран з високими експлуатаційними