

УДК 615.012.014

Проф. Є.М. Семенишин, д-р техн. наук;
доц. В.І. Троцький, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";
В.І. Федорчук-Мороз – Волинський державний університет ім. Лесі Українки

КІНЕТИКА ВИЛУЧЕННЯ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ З СОЛОДОВИХ РОСТКІВ

Наведені результати досліджень екстракційного вилучення цільових компонентів з солодових ростків. Запропоновано математичну модель. Визначені коефіцієнти дифузії.

*Prof. E. Semenyshyn, doc. V. Trocky – NU "Lvivs'ka Politekhnika";
Eng. V. Fedorchuk-Moroz – Lesia Ukrainka's Volynsky state university*

Kinetics of extraction process components from malted sprouts

The results of investigation of extraction process components from malted sprouts are given. The math model is proposed. Coefficients of diffusion were fixed.

Цільові компоненти, які містяться у відходах солодового виробництва у вигляді солодових ростків є цінними компонентами для харчової промисловості, медицини та ін.

У процесі сушіння від солоду відокремлюються так названі ростки, в мікропорах яких містяться такі цінні компоненти, як вуглеводні, органічні кислоти, сполуки азоту, вітаміни, ферменти та ін. Солодові ростки застосовують також як складову частину середовищ для вирощування різного роду мікроорганізмів для спиртового виробництва ферментних препаратів, кормових антибіотиків (біоміцину) та ін.

Однією із основних стадій одержання цільових компонентів із солодових ростків є стадія екстрагування, яка здійснюється переважно за принципом настоювання при відповідній температурі з подальшою фільтрацією та пресуванням з метою одержання витяжки, що містить 4-4,5 % сухих речовин. Як розчинник в процесі екстрагування використовується вода. Вибір методу інтенсифікації процесу екстрагування значною мірою залежить від механізму переносу речовини з клітинної будови ростків в розчин.

Солодові ростки як клітинні тіла складної будови для зручності можна розглядати як пористі тіла, в яких цільові компоненти дифундують з клітин крізь перегородки (мембрани) в оточуючий розчин.

Екстрагування включає як внутрішньо-молекулярний перенос речовини (внутрішня дифузія), так і зовнішню дифузію. Хоча в обох випадках перенос речовини дифузійний – механізм цього переносу різний. Залежно від природи цільових компонентів і розчинника, будови сировини, розмірів частинок та ін. одна з вказаних стадій визначає швидкість всього процесу. Тому знання механізму дає змогу намітити найбільш ефективні методи вилучення цільових компонентів.

Є ряд методів, які дають можливість встановити лімітуючу стадію процесу [1].

Одним з найбільш простих методів є метод, оснований на аналізі впливу гідродинамічної обстановки на степінь вилучення цільового компоненту.

Якщо в процесі екстрагування степінь вилучення компонента визначається часом і не залежить від швидкості відносного перемішування фаз, то процес протікає по внутрішньо дифузійному механізму. Цей метод був використаний нами при вивченні кінетики екстрагування цільових компонентів із солодових ростків.

Метою даної роботи є вивчення кінетики вилучення (екстрагування) цільових компонентів із солодових ростків та встановлення лімітуючої стадії процесу. Разом з тим вивчався вплив температури на кінетику процесу. Запропоновано метод визначення кінетичних констант (коефіцієнтів дифузії) на основі математичної моделі та визначені коефіцієнти дифузії для різних температур.

Експериментальне дослідження кінетики процесу проводилось за такою методикою. Певна порція (маса) ростків засипалась в апарат з мішалкою, де при постійному числі обертів, швидкості і температурі здійснювався процес екстрагування. Через певні відрізки часу відбирались проби, які фільтрувались і аналізувались на вміст в них екстрактивних речовин ваговим методом. Як дослідний матеріал використовувались солодові ростки Луцького пивзаводу вологістю 14 % і вмістом екстрактивних речовин 34 % мас. Середній розмір частинок $1,0 \times 1,0 \times 10$ мм. Досліди проводили на експериментальній установці, яка складалась з апарату з мішалкою, термостату для підтримки постійної температури та приводу з можливістю зміни числа обертів мішалки – співвідношення твердої і рідкої фаз приймалось Т: Р 1:20. Температура під час дослідів була 70°C . Експерименти проводились при швидкості перемішування 21.2, 57.14; 86 c^{-1} .

Результати експериментів представлені на рис. 1 у вигляді залежності концентрації C як функції часу t .

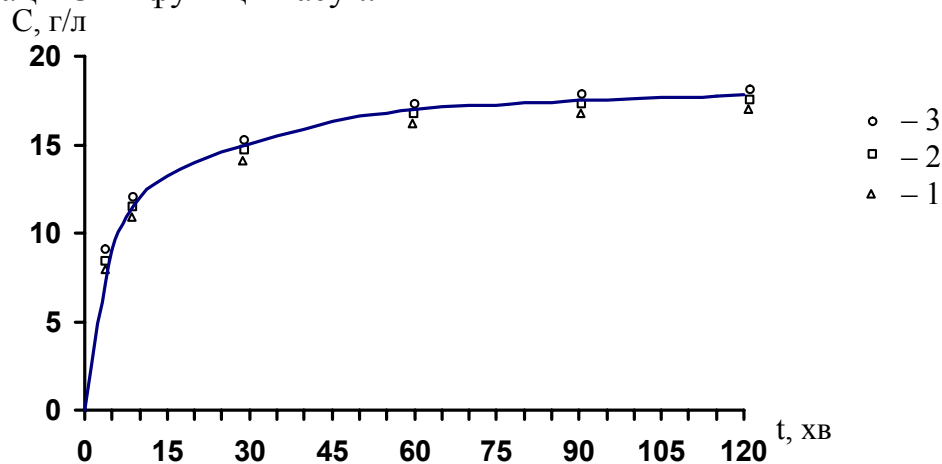


Рис. 1. Кінетична крива $C=f(t)$ залежно від кількості обертів мішалки: 1 – $n = 21.2$, 2 – 57.14 , 3 – 86 c^{-1} .

Аналіз кривих, представлених на рис. 1, показує, що вплив швидкості перемішування на кінетику процесу не суттєвий. Таким чином, можна вважати, що процес екстрагування протікає у внутрішньодифузійній області.

Нами також вивчався вплив на кінетику екстрагування попереднього пресування ростків з метою можливої зміни структури матеріалу внаслідок деформації клітин.

Методика експериментів така: наважка солодових ростків завантажувалась в апарат з мішалкою і здійснювався процес екстракції при $n=\text{const}$ і $t^0=\text{const}$. Після здійснення процесу екстрагування суспензія переливалась в фільтр-прес для виділення екстракту. Відтак тверда фаза завантажувалась в екстрактор, в якому екстрагування здійснювалось відфільтрованим у фільтр-пресі розчином. Такі експерименти повторювались декілька разів, а результати представлені на рис. 2. На цьому самому рисунку представлена крива кінетики простої екстракції без пресування. Аналіз даних, представлених на рис. 2, показує, що стиснення шару осаду не призводить до зміни концентрації в часі порівняно з екстрагуванням без пресування, що свідчить про незмінність структури в цьому процесі і не дає бажаного ефекту.

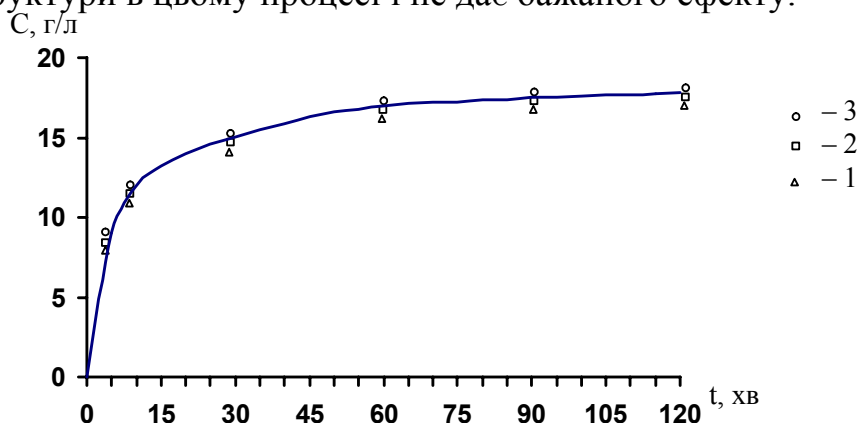


Рис. 2. Кінетична крива $C=f(t)$ залежно від ступеня пресування:
 1 – без пресування, 2 – дворазове пресування, 3 – триразове пресування.

Аналіз структури форми та розмірів частинок ростків солоду дає змогу зробити висновок, що сировина характеризується ізотропною структурою і за формою наближається до циліндричної розміром 1.0×10 мм.

Для опису кінетики процесу використали рівняння Г.А. Аксельруда [1] для частинок циліндричної форми, яке з врахуванням матеріального балансу для рідкої фази приймає вигляд:

$$\frac{C_p - C_1}{C_o - C_n} = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot e^{-\mu_n \tau}, \quad (1)$$

де: $B_n = \beta \cdot A_n$; $\tau = \frac{D \cdot t}{R^2}$, C_p , C_1 , C_n – рівноважна, біжуча і початкова концентрації в розчині, C_o – початкова концентрація в твердій фазі.

В умовах рівноваги β розраховується за рівнянням:

$$\beta = \frac{C_p}{C_o - C_p}. \quad (2)$$

Для даних в експерименті $\beta = 0.056$

При $Bi = \infty$ (внутрішньо дифузійний режим) для частинок циліндричної форми система рівнянь приводиться до вигляду

$$B_n = \frac{4\beta}{\mu_n^2 + 4\beta + 4\beta^2} \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.434 \mu_1^2 \cdot \frac{D}{R^2} \quad (4)$$

$$\frac{I_1(\mu)}{I_0(\mu)} = -\frac{\mu}{2\beta}, \quad (5)$$

де: $I_1(\mu)$ і $I_0(\mu)$ – функції Бесселя відповідно 1 і 0 порядків, μ_n – корені характеристичного рівняння.

При $\tau > 0.1$ практично можна обмежитись першим членом ряду рівняння (1).

Значення μ_1 одержуємо шляхом числового розв'язку характеристичного рівняння (5). Значення μ_1 при цьому дорівнює 2.45. Коефіцієнт B згідно з рівнянням (3) відповідно дорівнює 0.0359.

На рисунку 3 представлена обробка експериментальних даних в координатах $\ln(1 - \frac{C_1}{C_k}) = f(t)$.

Як видно з рис. 3 при $t_l > 10$ хв виділяється область регулярного режиму, де ця залежність виражається прямою лінією. Значення коефіцієнта дифузії в рівнянні (1) розраховували методом дихотомії так, щоб сума квадратів відхилень експериментальних і розрахункових значень була мінімальною. Визначене таким чином значення коефіцієнту дифузії становить $D = 0.97 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

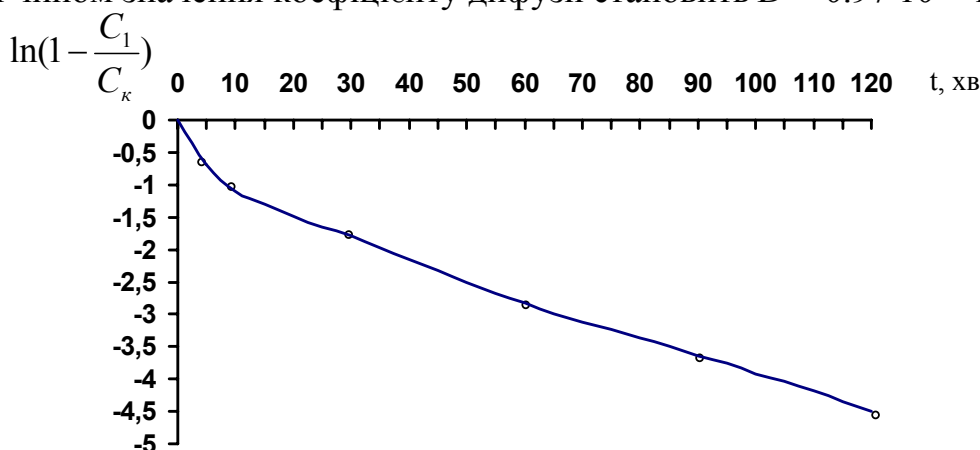


Рис. 3. Виділення області регулярного режиму

Для порівняння в таблиці 1 приведені експериментальні та розрахункові значення концентрації C_p при температурі 70°C і швидкості перемішування 86 с^{-1} .

Табл. 1. Експериментальні C та розрахункові C_p значення концентрації в часі

Час, хв.	5	10	30	60	90	120
Експериментальні значення C	9.0	12.0	15.0	17.0	17.5	17.8
Розрахункові значення C_p	8.82	11.10	15.80	17.60	17.93	17.99

Література

1. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело – жидкость). – Л.: Химия, 1974. – 255 с.