

Зав'ялов В.Л., Бодров В.С., Мисюра Т.Г., Попова Н.В., Запорожець Ю.В., Деканський В.Є.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ВІБРОЕКСТРАГУВАННЯ В СИСТЕМІ РОСЛИННА СИРОВИНА – ЕКСТРАГЕНТ

Одним із кінцевих результатів фізичного та математичного моделювання, зокрема процесу екстрагування в системі "тверде тіло – рідина" в робочих об'ємах колонних віброекстракторів безперервної дії (з транспортувально-сепарувальними контактними пристроями – тарілками), є визначення кількості реальних контактних пристроїв по висоті апарата.

В основу відомих методик їх визначення покладено закон зміни концентрації екстрактивних речовин у стані термодинамічної рівноваги системи "тверде тіло – рідина" за координатою реальної поточної концентрації екстрактивних речовин однієї з фаз – тобто так звану криву рівноваги та її рівняння, [1].

Метою роботи було дослідження та експериментальне визначення рівноважних концентрацій екстрактивних речовин в системі "рослинна сировина – екстрагент".

Всю досліджувану рослинну сировину було умовно поділено на дві групи, [2]:

- огорожина: морква, цибуля, часник, кріп, петрушка, буряк столовий, буряк цукровий, гірчиця столова;

- лікарська сировина: березові бруньки, хмелю шишки, липи суцвіття, чай листовий чорний, м'яти перцевої листя, кропиви листя, евкаліпту листя, зубрівки трава, грициків трава.

Екстрагентом використано технологічну воду з фільтра механічної очистки, яка відповідає вимогам до питної води. Досліджені органолептичні властивості води узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Органолептичні показники води

Показник	Норма
Зовнішній вигляд	Прозора, безбарвна рідина
Запах при 20 °С, бали	2
Запах при нагріванні до 60 °С, бали	2
Смак і присмак при 20 °С, бали	2
pH	7,5
Загальна лужність, мг·екв / дм ³	1,9

З метою отримання рівноважних концентрацій систем "подрібнена рослинна сировина – екстрагент" була проведена серія експериментів за наступною методикою, що складалася з двох етапів:

1. Отримання модельних зразків твердої фази із різним вмістом екстрактив-

них речовин;

2. Основний процес екстрагування для визначення рівноважних концентрацій у твердій та рідкій фазах. Для виконання мети першого етапу експериментів в підготовлені колби вносили наважки рослинної сировини масою $m = 5г$, заливали нагрітим до запланованої температури $t = 80^{\circ}C$ екстрагентом з фіксованим гідромодулем $\Gamma = 20$ та розміщували на вібростенді, який мав фіксовану частоту коливань $n = 3Гц$. Екстрагування тривало певний час, а саме, для кожної колби цей час був різним: $\tau_1 = 5хв$, $\tau_2 = 10хв$, $\tau_3 = 15хв$, $\tau_4 = 20хв$ і т.д. По закінченню запланованої для кожної колби тривалості екстрагування її знімали із вібростенда, негайно фільтрували суміш та відпресовували тверду фазу (тиск складав $\sim 2000Па$). Визначали маси твердої фази і екстракту, об'єми твердої фази і екстракту, вміст екстрактивних речовин в екстракті. За складеними рівняннями матеріального балансу визначали залишковий вміст екстрактивної речовини в твердій фазі. Таке дозволило отримати модельні зразки твердої фази із різним (залишковим) вмістом екстрактивних речовин, – як вихідні (базові) для виконання другого етапу експериментів.

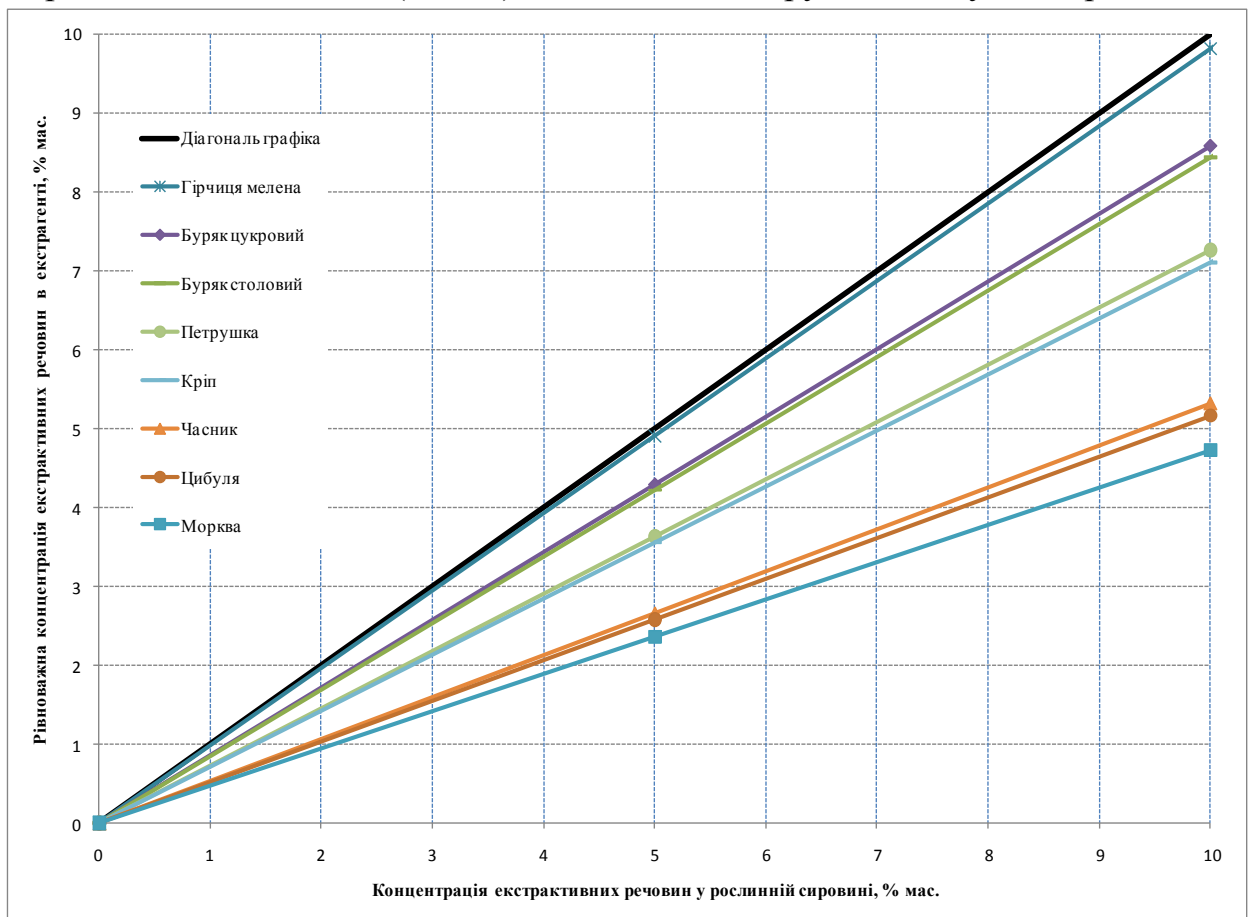


Рис.1. Лінії рівноважних концентрацій в системі "рослинна сировина першої групи – екстрагент"

При проведенні другого етапу експериментів отримані базові зразки твердої фази піддавали безперервному екстрагуванню (за однаковими умовами першого етапу експерименту) з поточним у часі та з однаковим часовим інтервалом визначень (на рефрактометрі) концентрації екстрактивних речовин у рідкій фазі, – до набуття відповідних систем "тверде тіло – рідина" стану термодинамічної рівноваги, тобто до набуття незмінної у часі поточної концентрації екстрактивних речовин у

рідкій фазі протягом двох – трьох останніх її вимірювань.

За отриманими даними було побудовано лінії рівноважних концентрацій в системі "рослинна сировина – екстрагент", (рис.1, 2).

Розміщення ліній рівноважних концентрацій досліджених зразків нижче від діагоналі графіків пояснюється структурною відмінністю рослинних сировин і вказує на те, що навіть в умовах, наближених до ідеальних, в проєкстрагованій сировині має місце залишковий вміст екстрактивних речовин.

Після апроксимації дослідних даних нами отримано в узагальненому виді рівняння, за яким можна визначити рівноважні концентрації екстрактивних речовин в екстракті в залежності від вмісту екстрактивних речовин у дослідженій рослинній сировині:

$$C_p^* = k \cdot C_{ms}, \quad (1)$$

де C_p^* – рівноважна концентрація екстрактивних речовин в екстракті, %мас; C_{ms} – поточна концентрація екстрактивних речовин у рослинній сировині, %мас; k – константа фазової рівноваги (тангенс кута нахилу лінії рівноважної концентрації екстрактивних речовин в екстракті). Його значення наведено в табл.2, 3.

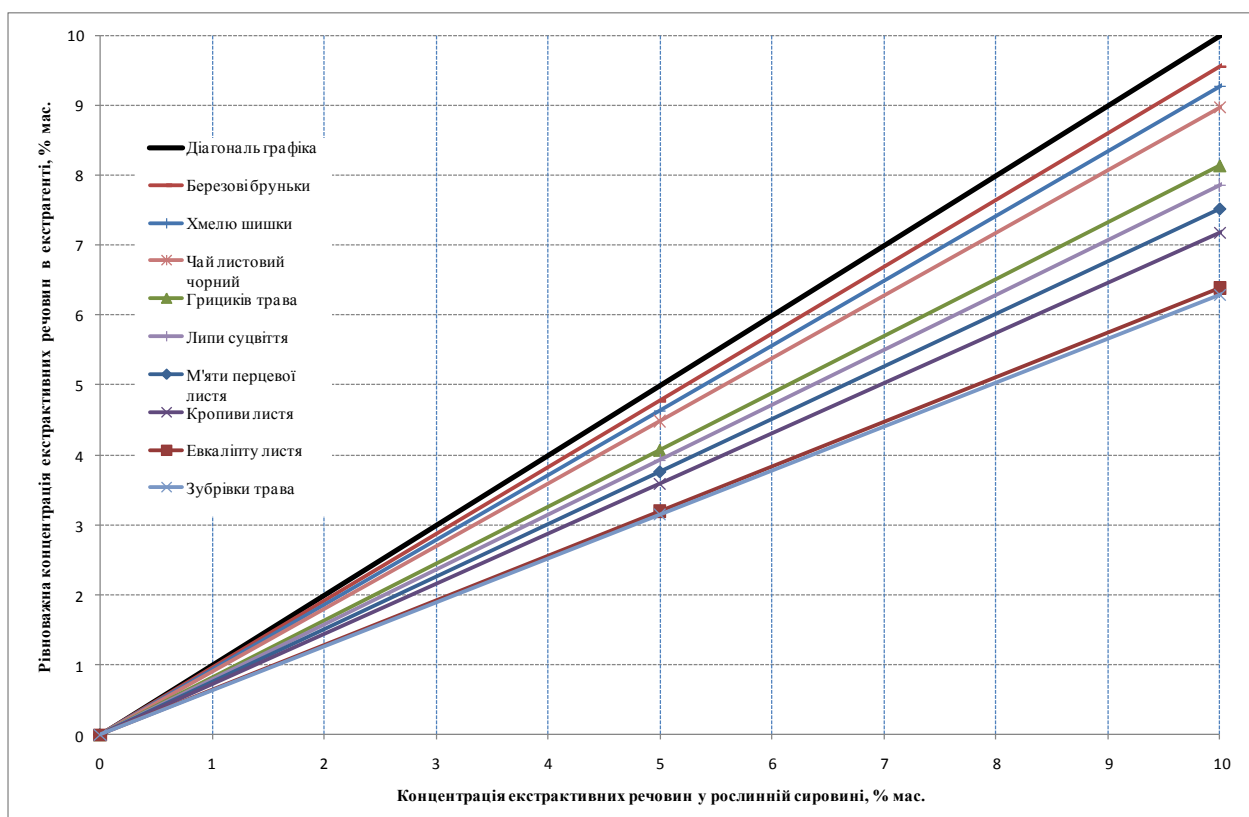


Рис.2. Лінії рівноважних концентрацій в системі "рослинна сировина другої групи – екстрагент"

Рівняння рівноважних концентрацій за відомою методикою [3] було використано для визначення числа теоретичних ступенів концентрування екстрактивних речовин в процесі екстрагування із рослинної сировини.

Таблиця 2,3.

Зведена таблиця коефіцієнтів k рівнянь ліній рівноважних концентрацій для рослинної сировини першої групи

Рослинна сировина	Коефіцієнт рівняння, k
Морква	0,4728
Цибуля	0,5164
Часник	0,5321
Кріп	0,7111
Петрушка	0,7265
Буряк столовий	0,8441
Буряк цукровий	0,8585
Гірчиця мелена	0,9822

Зведена таблиця коефіцієнтів k рівнянь ліній рівноважних концентрацій для рослинної сировини другої групи

Рослинна сировина	Коефіцієнт рівняння, k
Зубрівки трава	0,6289
Евкалипту листя	0,6385
Кропиви листя	0,7178
М'яти перцевої листя	0,7519
Липи суцвіття	0,7854
Грициків трава	0,8139
Чай листовий чо-	0,8965

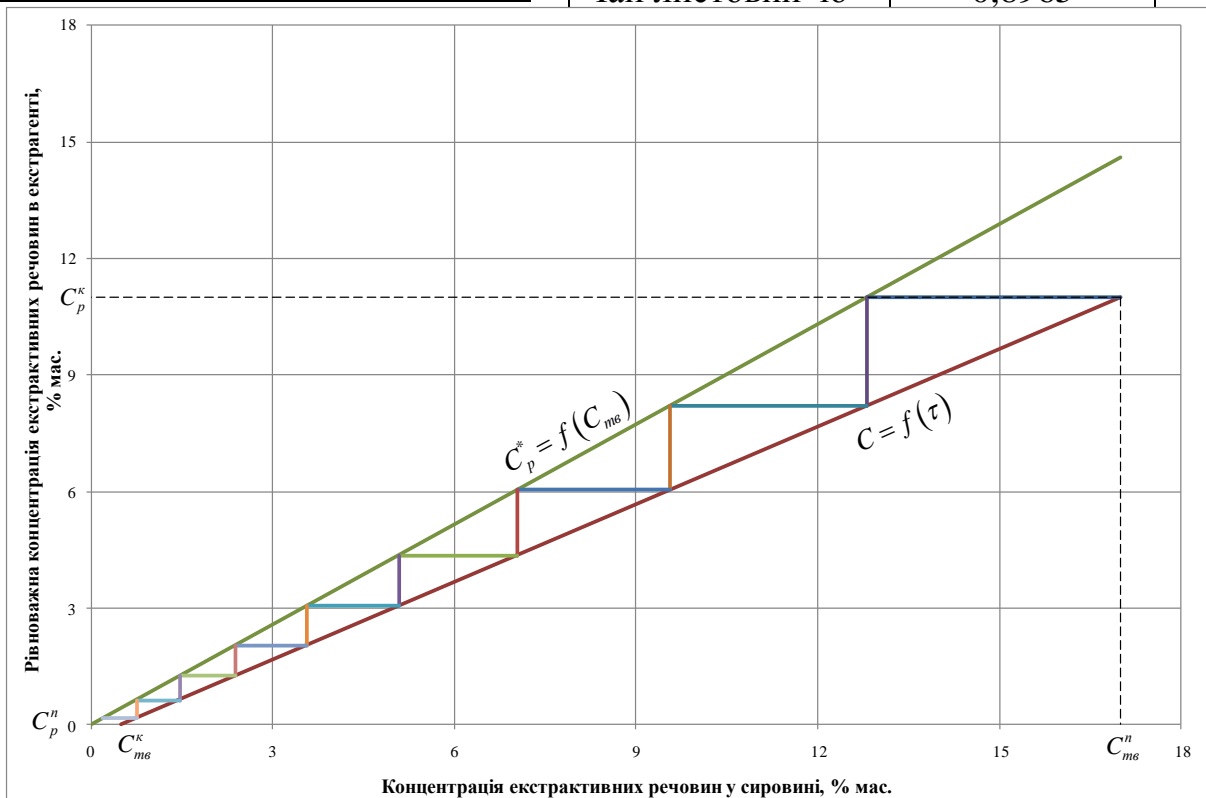


Рис.3. До визначення теоретичних ступенів концентрування екстрактивних речовин в процесі їх екстрагування в системі "цукровий буряк – вода".

Як приклад, розглянемо процес екстрагування із буряка цукрового і кропиви листя.

Рівняння робочої лінії для процесу екстрагування в системі "тверде тіло – рідина" має наступний вигляд, [3]:

$$G \cdot (C_{me}^n - C_{me}^k) = L \cdot (C_p^k - C_p^n), \quad (2)$$

де G, L – відповідно витрати твердої і рідкої фаз, що надходять в апарат, $кг/с$; $C_{тв}^n, C_{тв}^к$ – відповідно початковий і кінцевий вміст екстрактивних речовин у твердій фазі, $кг/кг$; $C_p^n, C_p^к$ – відповідно початковий і кінцевий вміст екстрактивних речовин у рідкій фазі, $кг/кг$.

Визначення теоретичних ступенів концентрування екстрактивних речовин в процесі їх екстрагування в системі "буряк цукровий – вода" і "кропиви листя" – вода зображено відповідно на рис.3 і на рис.4.

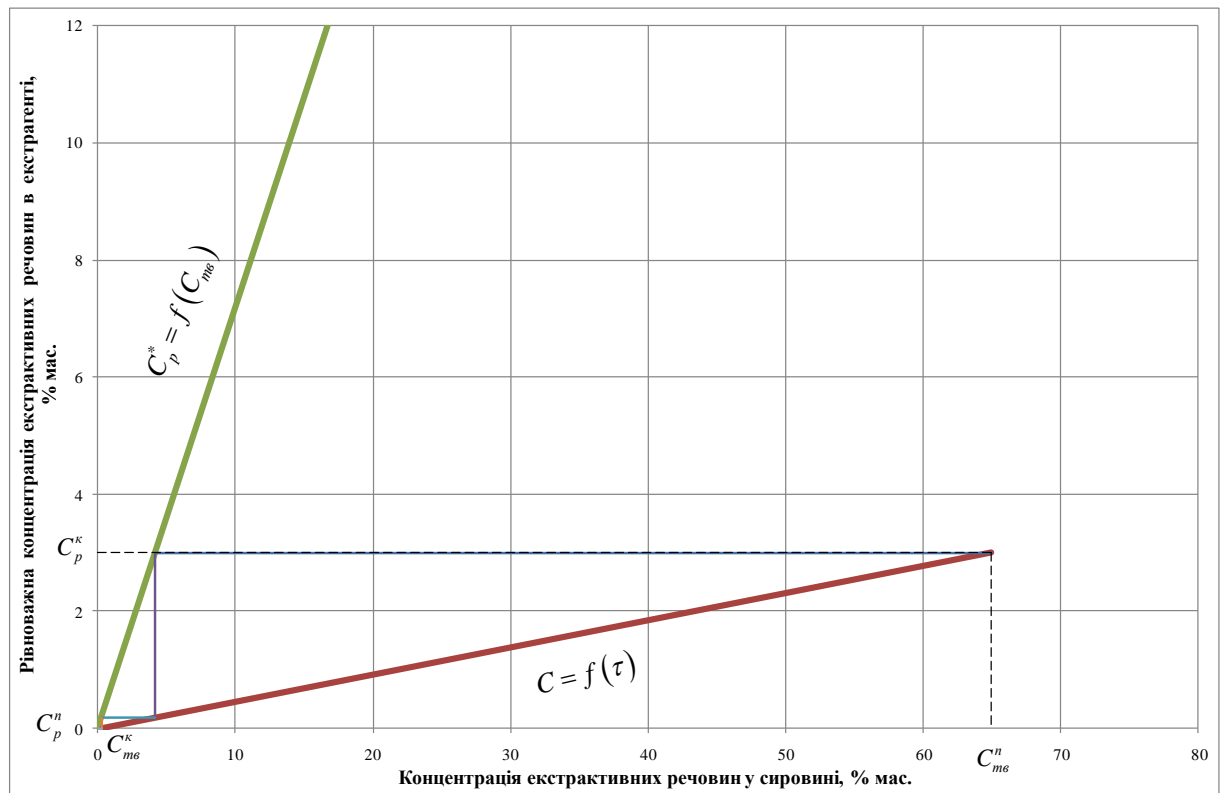


Рис.4. До визначення теоретичних ступенів концентрування екстрактивних речовин в процесі екстрагування в системі "кропиви листя – вода".

Таким чином, отримані експериментальні дані та їх математичні описи можуть бути використані, зокрема, при математичному моделюванні процесу екстрагування у колонних віброекстракторах безперервної дії.

Список літератури

1. Аксельруд Г.А. Экстрагирование (система твердое тело - жидкость) - Л.: Химия, 1974. - 256 с.
2. Универсальная энциклопедия лекарственных растений / Сост. И. Путырский, В. Прохоров. – Мн.: Книжный Дом; М.: Махаон, 2000. – 656 с.
3. Аношин И.М. Теоретические основы массообменных процессов пищевых производств – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 342 с.