

УДК 665.3

Л. С. Пелехова (НУХТ, Київ)

С. І. Усатюк, канд. техн. наук (НУХТ, Київ)

Л. Ю. Арсенєва, доктор техн. наук (НУХТ, Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ПОХІДНИХ ХЛОРОФІЛУ З БАЗИЛКУ ЗВИЧАЙНОГО

У статті представлено результати досліджень впливу температури, тривалості та гідромодуля на процес екстрагування похідних хлорофілу базилику звичайного сушеного соняшниковою олією та виведено рівняння математичної моделі.

В статье представлены результаты исследований влияния температуры, продолжительности и гидромодуля на процесс экстрагирования производных хлорофилла базилика обыкновенного сушеного подсолнечным маслом и выведено уравнение математической модели.

The article presents the research results of the influence of temperature, time and hydromodulus on the process of chlorophyll extracting from the dried basil by sunflower oil. The mathematical model of the process has been deduced.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На ринку рослинних олій популярності набувають олії поліпшеного якісного складу з особливими органолептичними властивостями, які отримують з використанням пряно-ароматичної сировини шляхом її безпосереднього екстрагування або внесенням готових екстрактів та ефірних олій до рослинної олії [1-4]. Оскільки одним з найпопулярніших та доступних способів отримання таких олій є екстракція, важливим є дослідження кінетики екстрагування в системі соняшникова олія : рослинна сировина (базилік звичайний) та встановлення оптимальних параметрів процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує значна кількість наукових робіт, присвячених вилученню біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини оліями. Проте відсутні відомості щодо процесу екстрагування похідних хлорофілу базилику звичайного сушеного соняшниковою олією в умовах розрідження при низькотемпературних режимах (нижче 50 °С).

Мета та завдання статті. Метою наукових досліджень було дослідження впливу температури, тривалості та гідромодуля на процес екстрагування похідних хлорофілу базилику звичайного сушеного соняшниковою олією та виведення рівняння математичної моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Олійні екстракти отримували за технологією, що включає такі етапи: підготовка рослинної сировини (подрібнення, настоювання спиртово-водним розчином), оброблення соняшникової олії підготовленою сировиною при розрідженні з перемішуванням, відокремлення олії від рослинної сировини шляхом фільтрування [5]. В якості рослинної сировини використовували базилік звичайний сушений, який був обраний у зв'язку зі значним поширенням на території України та високим вмістом БАР.

З метою встановлення оптимального технологічного режиму процесу оброблення соняшникової олії базиліком звичайним сушеним розроблено математичну модель.

За попередньо отриманими експериментальними даними визначено параметри, які впливають на процес екстрагування: температура (t), тривалість (τ), гідромодуль (Γ , співвідношення рідкої та твердої фаз). Розрідження та швидкість перемішування під час експерименту є сталими величинами і складають 3 мм.рт.с і 129 об/хв. відповідно. За критерій оптимальності у готовому екстракті було прийнято кількісний вміст похідних хлорофілу ($C_{хл}$, мг / 100 г). Таким чином, функція має вигляд:

$$C_{хл} = f(t \tau \Gamma) \quad (1)$$

Загальна схема математичної моделі:

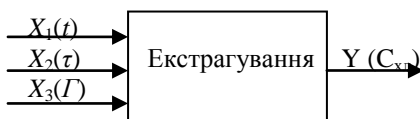


Рисунок 1 – Загальна схема математико-статистичної моделі

Залежність вихідної функції від вхідних параметрів визначали у вигляді полінома другого порядку та складали рівняння регресії:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_2^2 + \beta_5 X_3 + \beta_6 X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{14} X_1 X_2^2 + \beta_{23} X_1^2 X_2 + \beta_{15} X_1 X_3 + \beta_{16} X_1 X_3^2 + \beta_{25} X_1^2 X_3 + \beta_{35} X_2 X_3 + \beta_{36} X_2 X_3^2 + \beta_{45} X_2^2 X_3 + \beta_{45} X_2^2 X_3 + \beta_{46} X_2^2 X_3^2 \quad (2)$$

де: $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_{12}, \beta_{14}, \beta_{23}, \beta_{15}, \beta_{16}, \beta_{25}, \beta_{35}, \beta_{36}, \beta_{45}, \beta_{46}$ — коефіцієнти рівняння регресії.

Для проведення випробувань складено план експерименту з вказаною кількістю дослідів та межами зміни факторів.

Кількість дослідів визначено за формулою:

$$N = 3^n = 3^3 = 27 \quad (3)$$

де n – кількість вхідних факторів.

Вихідне рівняння регресії нормалізуємо, тобто перетворюємо змінні X_i в безрозмірні нормалізовані z_i :

$$z_i = \frac{X_i - X_{0i}}{\Delta X_i} \quad (4)$$

де: X_i – значення фактора на верхньому «+» чи нижньому «-» рівні; X_0 – значення фактора на 0-рівні; ΔX_i – крок варіювання.

Після нормалізації рівняння регресії має вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_1^2 + \beta_3 Z_2 + \beta_4 Z_2^2 + \beta_5 Z_3 + \beta_6 Z_3^2 + \beta_{12} Z_1 Z_2 + \beta_{14} Z_1 Z_2^2 + \beta_{23} Z_1^2 Z_2 + \beta_{15} Z_1 Z_3 + \beta_{16} Z_1 Z_3^2 + \beta_{25} Z_1^2 Z_3 + \beta_{35} Z_2 Z_3 + \beta_{36} Z_2 Z_3^2 + \beta_{45} Z_2^2 Z_3 + \beta_{45} Z_2^2 X_3 + \beta_{46} Z_2^2 Z_3^2 \quad (5)$$

Рівні та кроки варіювання впливових факторів наведено в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівні варіювання та кроки варіювання факторів

Фактор	Одиниці вимірювання	0-рівень	Крок варіювання	Верхній рівень «+»	Нижній рівень «-»
$X_1 (t)$	°C	35	10	45	25
$X_2 (\tau)$	год	6	4	10	2
$X_3 (I)$		17,5	7,5	25	10

Наступний крок - побудова матриці повного трифакторного експерименту, яка представлена в Таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця повного трифакторного експерименту

№ дослідю	z_0	z_1	z_2	z_3	\bar{y}
1	+	+	+	+	10,15
2	+	+	+	0	16,8
3	+	+	+	-	20,6
4	+	+	0	+	8,71

Продовження табл. 2

5	+	+	0	0	13,72
6	+	+	0	-	20,31
7	+	+	-	+	7,2
8	+	+	-	0	11,2
9	+	+	-	-	12,6
10	+	0	+	+	4,4
11	+	0	+	0	15,1
12	+	0	+	-	21,2
13	+	0	0	+	3,97
14	+	0	0	0	7,6
15	+	0	0	-	16,34
16	+	0	-	+	3,1
17	+	0	-	0	5,8
18	+	0	-	-	7,6
19	+	-	+	+	3,675
20	+	-	+	0	9,3
21	+	-	+	-	11,15
22	+	-	0	+	2,72
23	+	-	0	0	5,7
24	+	-	0	-	10,82
25	+	-	-	+	2,25
26	+	-	-	0	3,11
27	+	-	-	-	6,7

Оброблення даних, побудову математичної моделі та її поверхонь відгуку було здійснено за допомогою статистичного пакету Statistica. Отримане рівняння математичної моделі має вигляд:

$$C_{\text{хл}} = -55,019 + 2,574t - 0,34t^2 + 14,623\tau - 1,587\tau^2 + 4,877\Gamma - 0,1975t\tau + 0,041t\tau^2 + 0,003t^2\tau - 0,209t\Gamma + 0,001t\Gamma^2 + 0,003\tau^2\Gamma - 1,2\tau\Gamma + 0,029\tau\Gamma^2 + 0,107\tau^2\Gamma - 0,003\tau^2\Gamma^2 \quad (6)$$

Поверхні відгуку повної математичної моделі другого порядку залежності вмісту похідних хлорофілу від тривалості процесу, температури та гідромодуля наведені на Рис. 2-4

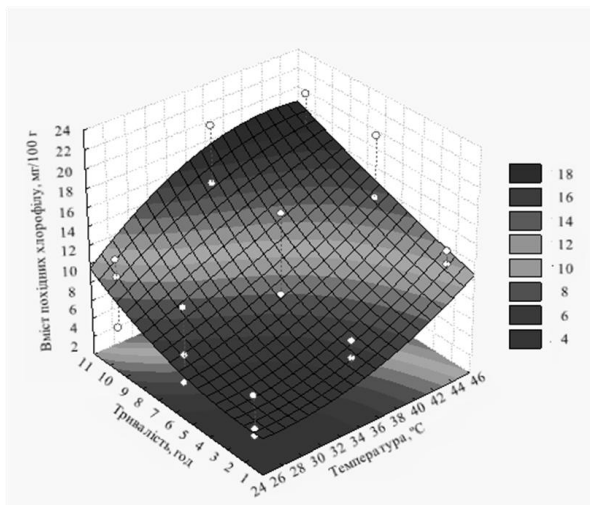


Рисунок 2 – Поверхня залежності вмісту похідних хлорофілу від тривалості та температури при гідромодулі 17,5

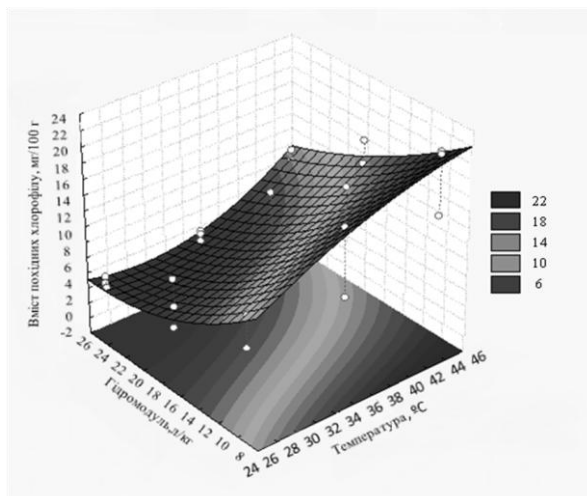


Рисунок 3 – Поверхня залежності вмісту похідних хлорофілу від температури та гідромодуля при тривалості екстрагування 6 год

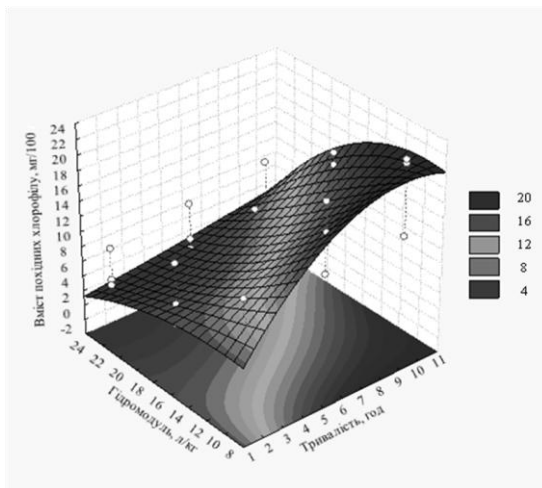


Рисунок 4 – Поверхня залежності вмісту похідних хлорофілу від тривалості та гідромодуля за температури 35°C.

Висновки. Отримана математична модель залежності вмісту похідних хлорофілу від гідромодуля ($\Gamma = 10 \dots 25$), температури ($t = 25 \dots 45^\circ\text{C}$) і тривалості ($\tau = 2 \dots 10$ год) процесу екстрагування базиліку дає змогу розрахувати вміст похідних хлорофілу з середньою відносною похибкою в межах 5 %.

Список літератури

1. Патент № 2373266 RU. Способ получения масляных экстрактов биологически активных веществ /А.Н. Шиков, О. Н. Пожарская, В. Г. Макаров. Оpubл. 20.11.2009.
2. Патент № 59932 UA. Олія салатна (варіанти) /О. М. Василенко, З. П. Федякіна, І. М. Демідов. Оpubл. 15.09.2003, Бюл. №9, 2003.
3. Патент № 7569 UA. Салатна олія, збагачена біологічно активними речовинами /М. М. Ржонцов. Оpubл. 15.06.2005, Бюл. №6, 2005.
4. Хаззаа И. Х. Экстрагирование липофильных БАВ из травы зверобоя водно-масляными эмульсиями / И. Х. Хаззаа, В. А. Вайнштейн, Т. Х. Чибилев // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – Т 37. – №7. – С. 20-23.
5. Усатюк С. І. Технологія отримання соняшникової олії з підвищеною біологічною цінністю / С. І. Усатюк, Л. С. Пелехова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2012. – Вип. 2 (16). – С. 25-28.