

**Л.С. Пелехова** (НУХТ, Київ)

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

**Л.Ю. Арсеньєва**, д-р техн. наук (НУХТ, Київ)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ПОХІДНИХ ХЛОРОФІЛУ З БАЗИЛІКУ ЗВИЧАЙНОГО**

*Подано результати досліджень впливу температури, тривалості та гідромодуля на процес екстрагування похідних хлорофілу базилика звичайного сушеного соняшникомовою олією та виведено рівняння математичної моделі.*

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

*The results of researching the influence of the temperature, duration and hydro module on the process of chlorophyll extraction from the dried basil by sunflower oil are presented in the article. The mathematical model of the process is deduced.*

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

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існує низка наукових робіт, у яких досліджено вилучення біологічно активних речовин (БАР) із рослинної сировини олією. Проте відсутні відомості щодо процесу екстрагування похідних хлорофілу базилика звичайного сушеного соняшникомовою олією в умовах розрідження за низькотемпературних режимів (нижче 50° С).

**Мета та завдання статті.** Метою статті було дослідження впливу температури, тривалості та гідромодуля на процес екстрагування похідних хлорофілу базилика звичайного сушеного соняшникомовою 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 під час розрідження з перемішуванням, відокремлення олії від рослинної сировини шляхом фільтрування [5]. Як рослинну сировину використовували базилік звичайний сушений, який був обраний завдяки значному поширенню на території України та високому вмісту БАР.

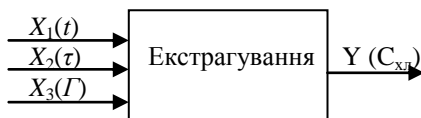
Із метою встановлення оптимального технологічного режиму процесу оброблення соняшникової олії базиліком звичайним сушеним розроблено математичну модель.

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

Таким чином, функція має вигляд:

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

Загальна схема математичної моделі:



**Рисунок 1 – Загальна схема математико-статистичної моделі**

Залежність вихідної функції від вхідних параметрів визначали у вигляді полінома другого порядку та склали 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  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_5, \beta_6, \beta_{12}, \beta_{14}, \beta_{23}, \beta_{15}, \beta_{16}, \beta_{25}, \beta_{35}, \beta_{36}, \beta_{45}, \beta_{46}$  – коефіцієнти рівняння регресії.

Для проведення випробувань складено план експерименту з указаною 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;  $\Delta X_i$  – 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 факторів, що впливають, наведено в табл. 1.

*Таблиця 1 – Рівні та кроки варіювання факторів*

Фактор	Одиниця 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, яку подано в табл. 2.

*Таблиця 2 – Матриця повного трифакторного експерименту*

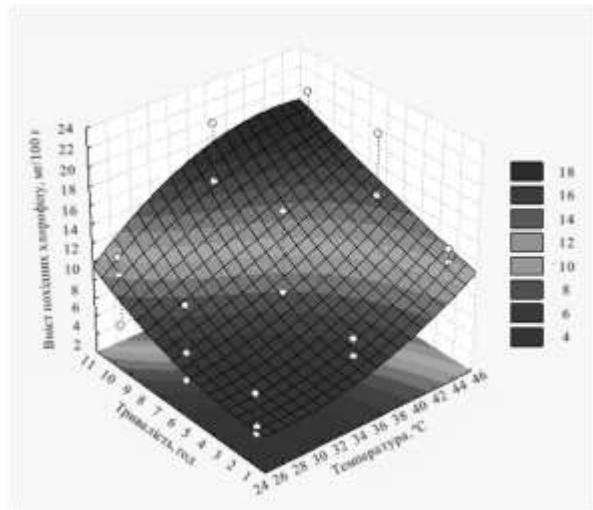
№ досліді	$z_0$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$\bar{y}$
1	2	3	4	5	6
1	+	+	+	+	10,15
2	+	+	+	0	16,8
3	+	+	+	-	20,6
4	+	+	0	+	8,71

1	2	3	4	5	6
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

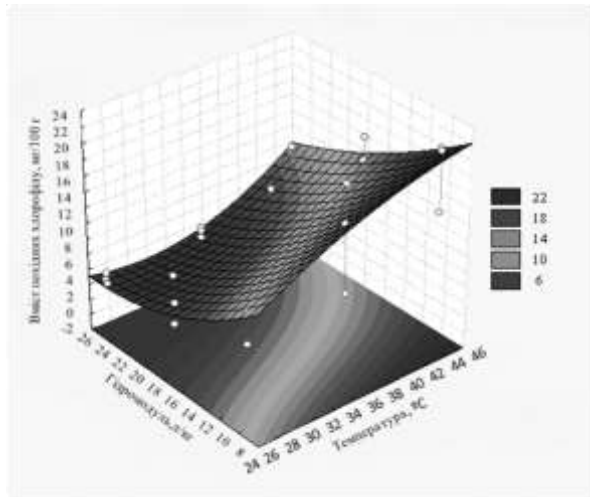
Оброблення даних, побудову математичної моделі та її поверхонь відгуку було здійснено за допомогою статистичного пакета Statistica. Отримане рівняння математичної моделі має вигляд:

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

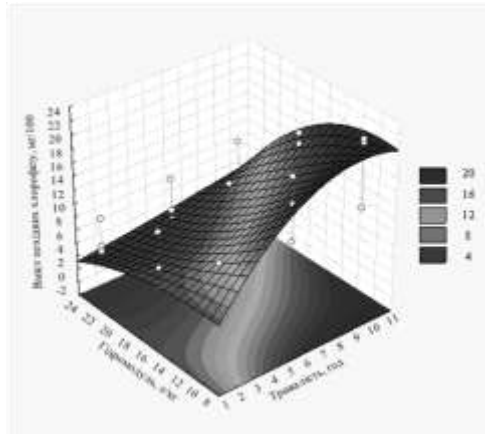
Поверхні відгуку повної математичної моделі другого порядку залежності вмісту похідних хлорофілу від тривалості процесу, температури та гідромодуля наведено на рис. 2–4.



**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 за 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 ( $t = 25 \dots 45$  °C) і тривалості ( $\tau = 2 \dots 10$  год) процесу екстрагування базилику дає змогу розрахувати вміст похідних хлорофілу із середньою відносною похибкою в межах 5%.

#### *Список літератури*

1. Пат. 2373266 RU. Способ получения масляных экстрактов биологически активных веществ / Шиков А. Н., Пожарская О. Н., Макаров В. Г. – Опубл. 20.11.2009.
2. Пат. 59932 UA. Олія салатна (варіанти) / Василенко О. М., Федякіна З. П., Демідов І. М. – Опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.
3. Пат. 7569 UA. Салатна олія, збагачена біологічно активними речовинами / Ржонцов М. М. – Опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6.
4. Хаззаа И. Х. Экстрагирование липофильных БАВ из травы звербоя 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.

Отримано 01.11.2013. ХДУХТ, Харків.

© Л.С. Пелехова С.І. Усатюк, Л.Ю. Арсеньєва, 2013.