

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ  
ХЛОРОФИЛЛА ИЗ ПЕТРУШКИ КУДРЯВОЙ**

**БҮЙРА АҚЖЕЛКЕННЕН ТУЫНДЫ ХЛОРОФИЛЛДІ БӨЛІП АЛУ ҮДЕРІСІН ЗЕРТТЕУ**

**RESEARCH OF EXTRACTION OF CHLOROPHYLL DERIVATIVES OUT  
OF CURLY PARSLEY**

*С.И. УСАТЮК, Л.С. ПЕЛЕХОВА, Е.М. УСАТЮК*  
*S.I. USATYUK, L.S. PELEHOVA, E.M. USATYUK*

**(Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина)**  
**(Ұлттық тағам технологиясы университеті, Киев қаласы, Украина)**  
**(National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine)**

E-mail: narmina@ukr.net

*Статья посвящена исследованию влияния таких параметров, как температура, продолжительность и гидромодуль, на процесс экстрагирования производных хлорофилла с петрушки кудрявой рафинированным подсолнечным маслом. Представлена математическая модель зависимости содержания производных хлорофилла от гидромодуля ( $\Gamma = 10...25$ ), температуры ( $t = 25...45^\circ\text{C}$ ) и продолжительности ( $\tau = 2 \dots 10$  час) процесса экстрагирования. Представленные результаты исследований могут быть использованы при разработке*

*технологий растительных масел, обогащенных биологически активными веществами пряно-ароматического сырья.*

*Мақала тазартылған күнбағыс майымен бұйра ақжелкеннен туынды хлорофилді бөліп алу үдерісіне температура, ұзақтық және гидромодуль сияқты параметрлердің әсерлерін зерттеуге арналған бөліп алу үдерісінің гидромодульден ( $\Gamma = 10...25$ ), температурадан ( $t = 25...45^{\circ}\text{C}$ ) және ұзақтықтан ( $\tau = 2...10$  сағат) туынды хлорофилдің мөлшеріне тәуелді математикалық модель ұсынылған. Ұсынылған зерттеу нәтижелері дәмдеуіш – ароматты шикізатты биологиялық белсенді заттармен байытылған, өсімдік майы технологиясын зерттеу кезінде пайдалануы мүмкін.*

*The article concerns the research of the influence of such parameters as temperature, time and hydromodulus on the extraction process of chlorophyll derivatives from the dried curly parsley by refined sunflower oil. The mathematical dependence model on the content of chlorophyll derivatives and hydromodulus ( $H = 10...25$ ), temperature ( $t = 25...45^{\circ}\text{C}$ ) and time ( $\tau = 2...10$  hour) of the extraction process is presented. The research results can be used in the development of technologies of vegetable oils enriched with biologically active substances of aromatic raw materials.*

**Ключевые слова:** подсолнечное масло, производные хлорофилла, петрушка кудрявая, биологически активные вещества.

**Негізгі сөздер:** күнбағыс майы, хлорофилл туындысы, бұйра ақжелкен, белсенді биологиялық заттар.

**Key words:** sunflower oil, chlorophyll derivatives, curly parsley, biologically active substances.

### **Введение**

Одним из актуальных направлений развития пищевой промышленности является разработка высококачественных пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами растительного сырья, которые в случае их ежедневного потребления способствуют ликвидации или предупреждению дефицита эссенциальных нутриентов. На рынке растительных масел популярность приобретают масла с улучшенными органолептическими показателями, полученные с использованием пряно-ароматического сырья [1-5]. Распространенным и доступным способом производства таких масел является экстрагирование, поэтому важно исследовать кинетику экстрагирования в системе подсолнечное масло: растительное сырье с установлением оптимальных параметров процесса.

### **Объекты и методы исследований**

Целью научных исследований было установление влияния температуры, продолжительности и гидромодуля на процесс экстрагирования производных хлорофилла из петрушки кудрявой сушеной рафинированным подсолнечным маслом. Для реализации цели исследования был использован метод полного факторного эксперимента.

Масляные экстракты были получены по технологии, которая включает следующие этапы: подготовка растительного сырья (измельчение, настаивание спиртово-водным раствором), обработка подсолнечного масла подготовленным сырьем при разрежении с перемешиванием, отделение масла от растительного сырья фильтрацией [6]. В качестве растительного сырья использовали петрушку кудрявую сушеную как ценный источник БАВ природного происхождения.

### **Результаты и их обсуждение**

Нами были определены параметры, которые влияют на процесс экстрагирования: температура ( $t$ ), продолжительность ( $\tau$ ), гидромодуль ( $\Gamma$ , соотношение жидкой и твердой фаз). Разрежение и скорость перемешивания во время эксперимента являются постоянными величинами и составляют 3 мм.рт.ст и 129 об/мин соответственно. За критерий оптимальности в готовом экстракте было принято количественное содержание производных хлорофилла ( $C_{\text{хл}}$ , мг / 100 г). Таким образом, функция имеет вид:

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

Зависимость исходной функции от входных параметров определено в виде полинома второго порядка и составлено уравнение регрессии:

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

где:  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_5, \beta_6, \beta_{12}, \beta_{14}, \beta_{23}, \beta_{15}, \beta_{16}, \beta_{25}, \beta_{35}, \beta_{36}, \beta_{45}, \beta_{46}$  - коэффициенты уравнения регрессии.

Для проведения испытаний был составлен план эксперимента с указанным количеством опытов и пределами изменения факторов. Количество опытов определено по формуле:

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

где n — количество входных факторов.

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

Уровни и шаги варьирования влиятельных факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Уровни и шаги варьирования факторов

Фактор	Единицы измерения	0-й уровень	Шаг варьирования	Верхний уровень «+»	Нижний уровень «-»
$X_1$ (t)	°C	35	10	45	25
$X_2$ (τ)	час	6	4	10	2
$X_3$ (Γ)		17,5	7,5	25	10

Следующий шаг — построение матрицы полного трифакторного эксперимента, которая представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Матрица полного трифакторного эксперимента

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

Обработка данных, построение математической модели и ее поверхностей отклика были осуществлены с помощью статистичес-

кого пакета Statistica. Полученное уравнение математической модели имеет вид:

$$C_{\text{фл}} = -14,848 + 0,125t + 0,002t^2 + 9,506\tau - 1,281\tau^2 + 2,331\Gamma - 0,002\Gamma^2 + \\ + 0,147t\tau + 0,019t\tau^2 - 0,002t^2\tau - 0,065t\Gamma - 0,001t\Gamma^2 + 0,001t^2\Gamma - \\ - 1,164t\Gamma + 0,026\tau\Gamma^2 + 0,104\tau^2\Gamma - 0,003\tau^2\Gamma^2$$

Поверхности отклика полной математической модели второго порядка зависимости содержания производных хлорофилла от

продолжительности процесса, температуры и гидромодуля приведены на рис. 1–3.

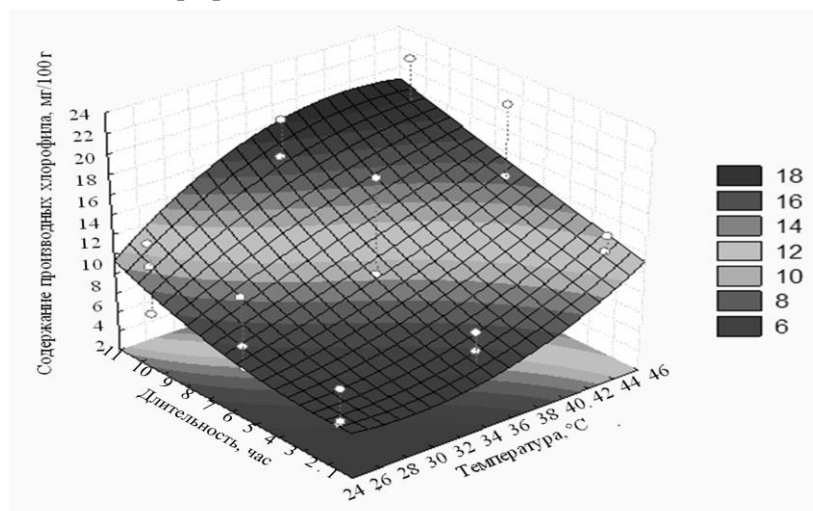


Рисунок 1 - Поверхность зависимости содержания производных хлорофилла от продолжительности и температуры при гидромодуле 17,5.

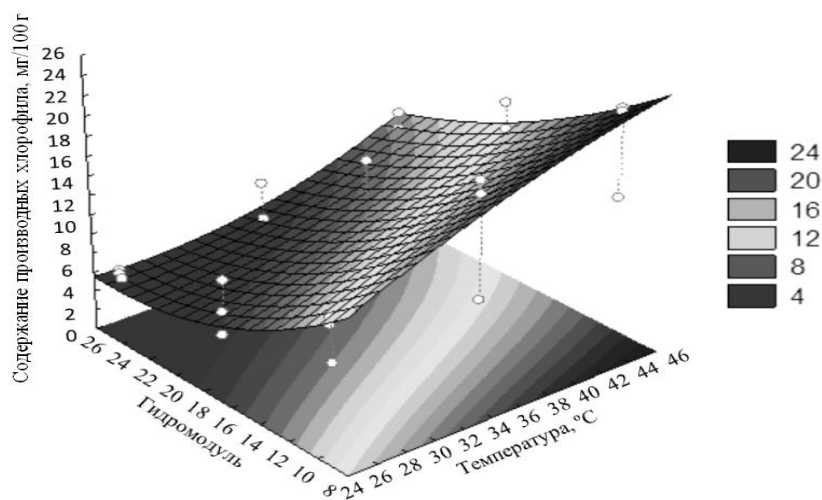


Рисунок 2 - Поверхность зависимости содержания производных хлорофилла от температуры и гидромодуля при продолжительности экстрагирования 6 час.

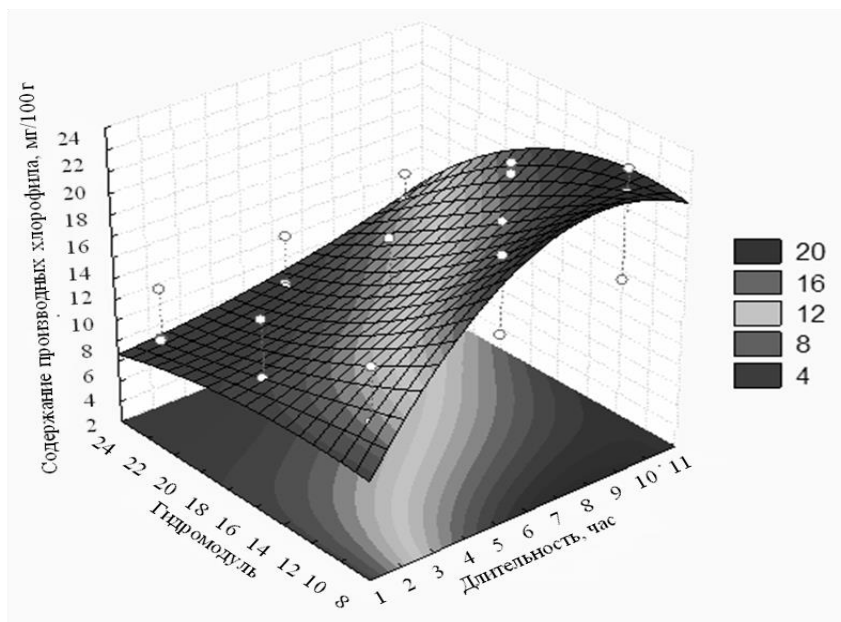


Рисунок 3 - Поверхность зависимости содержания производных хлорофилла от продолжительности и гидромодуля при температуре 35°C.

### Выводы

Получена математическая модель зависимости содержания производных хлорофилла в масляном экстракте от гидромодуля ( $G = 10...25$ ), температуры ( $t = 25...45$  °C) и продолжительности ( $\tau = 2...10$  час) экстрагирования. Процесс экстрагирования петрушки кудрявой сушеной рафинированным подсолнечным маслом позволяет рассчитать содержание производных хлорофилла со средней относительной погрешностью в пределах 5%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель № 7569, МПК (2006) A23D 9/00. Салатное масло, обогащенное биологически активными веществами / М. М. Ржонцов. – № u200502977; заявл. 31.03.2005; опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6.

2. Патент на изобретение № 50980, МПК (2006) A23D 9/00. Салатное масло с пряно-ароматическими веществами (варианты) / А. М. Василенко, Л. В. Миркушова, З. П. Федякина; заявитель - ЗАО «Харьковский жировой комби-

нат». – № 2001117447; заявл. 01.11.2001; опубл. 15.07.2004, Бюл. № 7.

3. Патент на изобретение № 59932, МПК (2006) A23D 9/00. Масло салатное (варианты) / А. М. Василенко, З. П. Федякина, И. М. Демидов; заявитель - ЗАО «Харьковский жировой комбинат». – № 2002129821; заявл. 09.12.2002; опубл. 16.05.2005, Бюл. № 5.

4. Патент на полезную модель № 84909, МПК (2013.01) A23D 9/00. Витаминизированное облепихово-подсолнечное масло с функциональными свойствами / А. А. Наторина, Н. А. Криковцева; заявитель - Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. – № u201303463; заявл. 21.03.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.

5. Хаззаа И. Х. Экстрагирование липофильных БАВ из травы зверобоя водно-масляными эмульсиями / И. Х. Хаззаа, В. А. Вайнштейн, Т. Х. Чибилыев // Химико-фармацевтический журнал. - 2003. - Т 37. - №7. - С. 20-23.

6. Усатюк С. И. Технология получения подсолнечного масла с повышенной биологической ценностью / С. И. Усатюк, Л. С. Пелехова // Прогрессивные техника и технологии пищевых производств ресторанного хозяйства и торговли. - 2012. - Вып. 2 (16). - С. 25-28.