



УДК 631.362:665.335.5

DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-14

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВОЛОГО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ М'ЯТКИ ПРИ ВИДІЛЕНІ ОЛІЇ ІЗ НАСІННЯ РИЦИНИ

Дідур В. В., к.т.н.,

Дідур В. А., д.т.н.,

Чебанов А. Б., к.т.н.,

Асєєв А. А., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

E-mail: didurva@gmail.com

Тел.: +38(067)681-32-41

**Анотація** – Волого-теплова обробка є однією з найважливіших технологічних операцій при підготовці насіння рицини до витягу олії пресуванням та надає вирішальний вплив на кількість і якість кінцевих продуктів: олії, макухи чи шроту. Але, максимальна кількість олії із насіння рицини буде забезпечуватися тільки при оптимальних значеннях технологічних параметрів волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини. У зв'язку з цим, виникає актуальне завдання щодо використання методики математичного планування експерименту.

Відповідно до методики багатофакторного експерименту проведена оптимізація параметрів волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини в експериментальному комплексі для віджимання олії з олійної сировини. За критерій оптимізації прийнято масу олії, що отримано при віджиманні в експериментальному комплексі. Встановлено оптимальні параметри волого-теплової обробки: кінцева вологість мезги для періоду зволоження  $W_{к.з} = 9,144...10,662\%$ ; кінцева вологість мезги для періоду сушіння  $W_{к.с} = 5,72...6,68\%$ ; тиск пари, що гріє  $p_{гр} = 3,71...4,419$  кПа.

**Ключові слова** – насіння рицини, мезга, м'ятка, волого-теплова обробка, тиск пари, період зволоження, період сушіння, вологість м'ятки.

**Постановка проблеми.** Обробка м'ятки насіння рицини вологою і теплом при інтенсивному перемішуванні та доведенням її вологості і температури до оптимальних величин на протязі визначеного часу викликає змінення ряду фізико-хімічних властивостей м'ятки і олії, яка в ній міститься, що сприяє найкращому ефекту витягу олії. Волого-теплова обробка є однією з найважливіших технологічних операцій при підготовці насіння рицини до витягу олії пресуванням та надає вирішальний вплив на кількість і якість кінцевих продуктів: олії, макухи чи шроту [1-7]. Але, максимальна кількість олії з насіння рицини буде забезпечуватися тільки при оптимальних значеннях

---

\* Науковий керівник – Дідур В. А.

© Дідур В. В., Дідур В. А., Чебанов А. Б., Асєєв А. А.



технологічних параметрів волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини в розробленому експериментальному комплексі для віджимання олії з олійної сировини [8] між собою, що неможливе при розрізненому вивченні їх впливу. У зв'язку з цим, виникає актуальне завдання щодо використання методики математичного планування експерименту.

*Аналіз останніх досліджень.* Основним завданням планування експерименту є знаходження статистичної математичної моделі об'єкту дослідження у вигляді полінома (рівняння регресії) першого або другого ступеня. Загальний хід побудови і подальшого дослідження математичної моделі встановлено вченими такими як Бондарь А.Г. [10], Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. [9] та зводиться до наступного:

- попереднього дослідження об'єкту;
- вибору критеріїв оптимізації, впливовості чинників;
- побудови статистичної математичної моделі та оцінки її адекватності і відтворюваності;
- використання моделі для оптимізації досліджуваного процесу.

*Мета статті* – підвищення ефективності процесу віджимання олії шляхом проведення оптимізації параметрів волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини.

*Результати та обговорення.* Критерієм оптимізації є параметр, за яким оцінюється досліджуваний об'єкт і який зв'язує чинники в математичну модель. При проведенні багатофакторного експерименту за критерій оптимізації прийнято масу олії ( $m$ , гр), що отримано при віджиманні в експериментальному комплексі [8].

На підставі апріорної інформації встановлено, що на процес волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини в розробленому експериментальному комплексі впливають наступні чинники: кінцева вологість мезги для періоду зволоження ( $W_{к.з}$ , %), кінцева вологість мезги для періоду сушіння ( $W_{к.с}$ , %), та тиск пари, що гріє ( $p_{зр}$ , кПа).

При кодуванні факторів використовувалася наступна формула:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta_i}, \quad (1)$$

де  $x_i$  – кодоване значення фактору;

$X_i$  – значення фактору на  $i$ -рівні;

$X_{i0}$  – значення фактору на нульовому рівні;

$\Delta_i$  – інтервал варіювання.

Кожний фактор варіюється на верхньому (+) та нижньому (–) рівнях.

Для визначення ступеню впливу факторів на критерій оцінки необхідно шляхом експериментальних досліджень встановити залежність між ними, що досягається шляхом апроксимації. Найбільш точним методом апроксимації є метод поліноміального опису процесу за допомогою рівняння регресії, яке в загальному випадку має вигляд:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{i \leq j}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i \leq j}^k b_{ij} \cdot x_i^2 + \dots, \quad (2)$$

де  $b_i$  – коефіцієнт регресії  $i$ -го фактору;

$k$  – кількість факторів.

При проведенні багатфакторного експерименту, значення факторів, (табл. 1) кодували і, згідно з відомими методиками, знаходили коефіцієнти регресії  $b_i$ , які і визначають ступінь впливу зазначених факторів на критерій  $y(m)$ .

Таблиця 1.

### Результати кодування факторів

Фактор	Кодоване позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
			Натуральні			Кодовані		
			Верхні	Нульові	Нижні	Верхні	Нульові	Нижні
$W_{зв}, \%$	$x_1$	$\pm 2$	13	11	9	1	0	-1
$W_{с}, \%$	$x_2$	$\pm 2$	9	7	5	1	0	-1
$p_{сп}, \text{кПа}$	$x_3$	$\pm 1$	5	4	3	1	0	-1

Перевірку і аналіз проводили за трьома критеріями:

- Критерій Кохрена (перевірка відтворюваності дослідів);
- Критерій Стюдента (перевірка коефіцієнтів на значимість);
- Критерій Фішера (перевірка моделі на адекватність).

Перевірка відтворюваності дослідів полягає в оцінці однорідності порядкових дисперсій в матрицях плану. Визначаються дисперсії відтворюваності за критерієм Кохрена  $G_p = 607 < G_T = 0,734$ , що вказує на гарну відтворюваність дослідів.

За критерієм Стюдента визначаються коефіцієнти поліноміальної регресії. Для кожного коефіцієнту регресії з урахуванням середньоквадратичного відхилення визначаються розрахункові значення критерія Стюдента [9; 10]. Порівнюються теоретичне та табличне значення за критерієм Стюдента. На основі критерію Стюдента коефіцієнт  $b_1$  незначим, тому в моделі відсутній.

В результаті розрахунків отримано модель другого порядку для розрахунку маси олії при віджиманні з насіння рицини в експериментальному комплексі від технологічних факторів:

$$y = 41,502 + 0,898x_2 - 3,069x_3 + 1,093x_1x_2 - 2,285x_1x_3 - 3,519x_2x_3 - 0,515x_1^2 + 2,233x_2^2 + 1,132x_3^2 \quad (3)$$

Для визначення адекватності моделі, порівняно критичне та розрахункове значення критерію Фішера

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_0^2}, \quad (4)$$

де  $S_0^2$  – дисперсія відтворюваності;  $S_{ad}^2$  – дисперсія адекватності моделі.

Перевірка показала адекватність рівняння регресії (3)  $F_p = 1,155 < F_m = 2,475$ . Отримана нелінійна модель адекватна та може використана при побудові області оптимуму.

Розкодована модель має вигляд:

$$y(m) = 12,027 + 6,412W_{к.з} - 3,334W_{к.с} + 12,759p_{ep} + 0,273W_{к.з}W_{к.с} - 1,143W_{к.з}p_{ep} - 1,760W_{к.с}p_{ep} - 0,129W_{к.з}^2 + 0,558W_{к.с}^2 + 1,132p_{ep}^2 \quad (5)$$

Для визначення точки оптимуму рівняння регресії другого порядку диференціюємо, прирівнюючи до нуля кожний фактор.

Двовірний перетин, при фіксованому факторі ( $x_1 = 0$ ), характеризує  $W_{к.с}$ ,  $p_{ep}$ . Канонічне рівняння має вигляд

$$y = 41,502 + 0,898x_2 - 3,069x_3 - 3,519x_2x_3 + 2,233x_2^2 + 1,132x_3^2.$$

Поверхня відгуку представляє собою гребінь, який витягнутий за віссю  $x_1$  – мінімум ( $W_{к.с} = 5,72\%$ ;  $p_{ep} = 3,71 \text{ кПа}$ ), максимальне значення в точці ( $W_{к.с} = 9\%$ ;  $p_{ep} = 3,21 \text{ кПа}$ ) (рис.1).

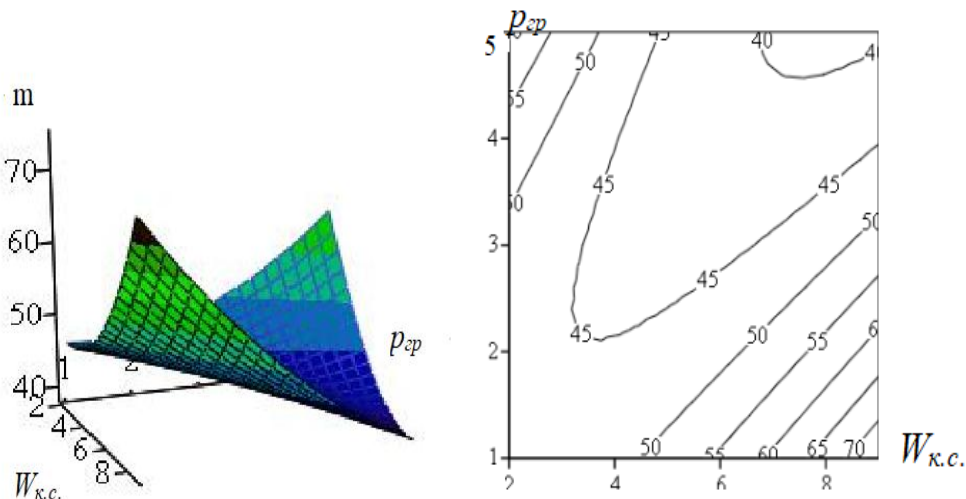


Рис. 1. Поверхня і лінії рівнів функції відгуку ( $x_1=0$ ).

Двомірний перетин поверхні відгуку, який характеризує  $W_{к.з}, p_{зр}$  при  $x_2 = 0$  та рівнянні (6) представлено на рис.2.

$$y = 41,502 - 3,069x_3 - 2,285x_1x_3 - 0,515x_1^2 + 1,132x_3^2. \quad (6)$$

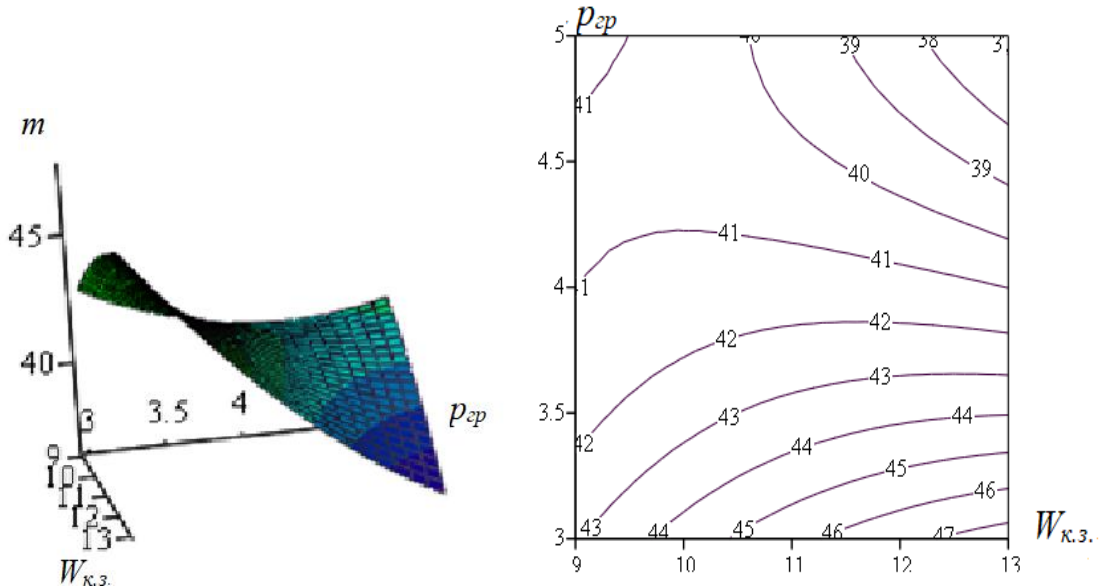


Рис. 2. Поверхня і лінії рівня функції відгуку ( $x_2=0$ ).

Поверхня відгуку представляє собою «сідло», яке витягнуто за віссю  $x_3$  – мінімум ( $W_{к.з} = 10,662\%$ ;  $W_{к.с} = 6,68\%$ ).

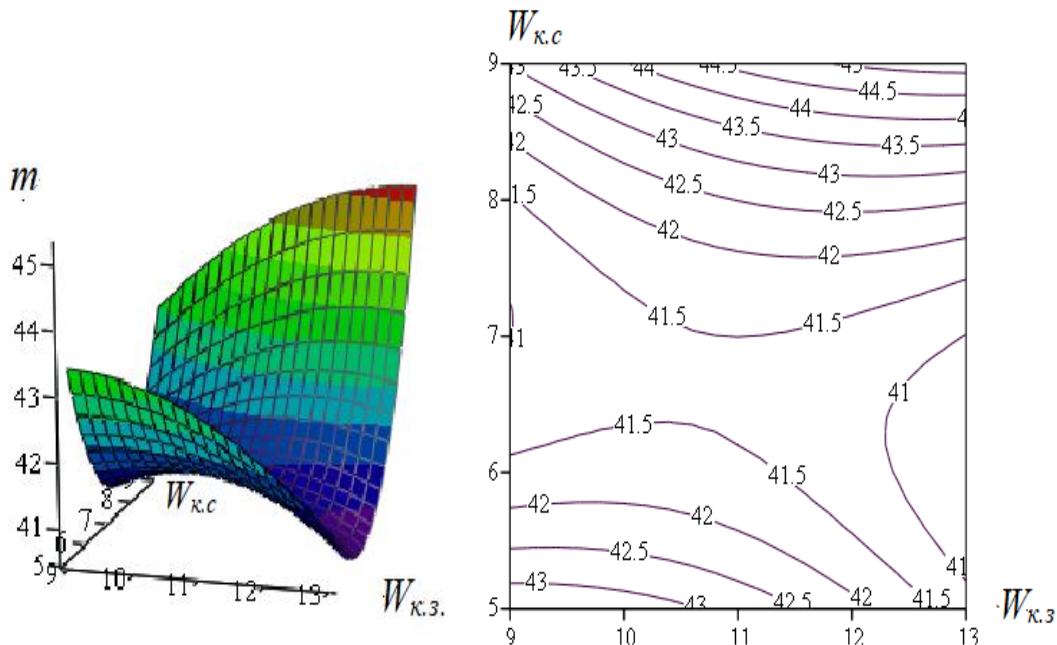


Рис. 3. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку ( $x_3=0$ ).

Поверхня відгуку представляє собою «сідло», яке витягнуто за віссю  $x_2$  – мінімум ( $W_{к.з} = 9,144\%$ ;  $p_{зр} = 4,419 \text{ кПа}$ ).

Двомірний перетин поверхні відгуку, який характеризує  $W_{к.з}W_{к.с}$  при  $x_3 = 0$  та рівнянні (7) представлено на рис. 3.

$$y_i = 41,502 + 0,898x_2 + 1,093x_1x_2 - 0,515x_1^2 + 2,233x_2^2. \quad (7)$$

Проведений аналіз залежностей ступеню впливу кожного фактору на критерій оптимізації (рис.4). Так, при кінцевій вологості мезги для періоду зволоження  $W_{к.з}=11,2\%$  (рис.4а) та кінцевій вологості мезги для періоду сушіння  $W_{к.с}=6,4\%$  (рис.4б) досягається найбільша кількість олії  $m=54,45$  гр. При зміні тиску пари, що гріє від  $p_{гр}=5$  кПа до  $p_{гр}=3$  кПа, маса отриманої олії збільшується від  $m=13,3$  гр до  $m=54,45$  гр.

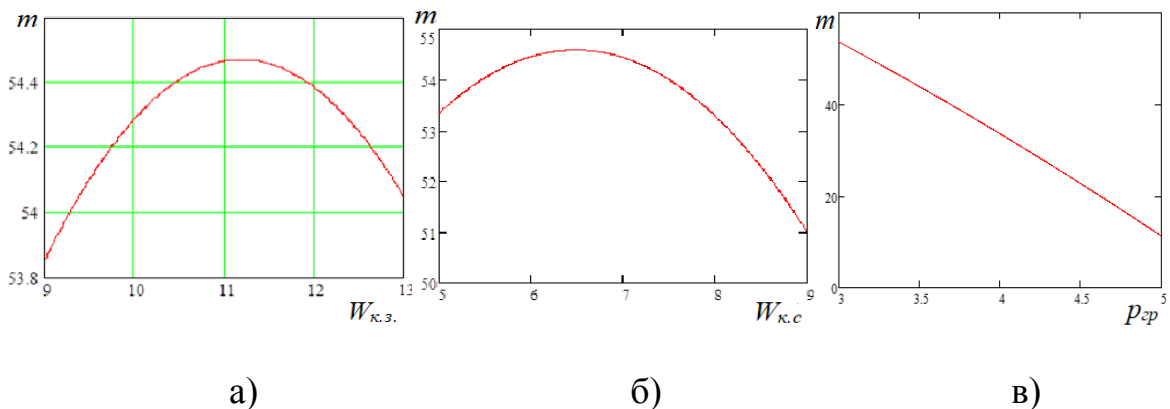


Рис. 4. Залежності маси олії  $m$  від: а – кінцевої вологості мезги для періоду зволоження  $W_{к.з}$ ; б – кінцевої вологості мезги для періоду сушіння  $W_{к.с}$ ; в – тиску пари, що гріє  $p_{гр}$ .

**Висновки.** В результаті виконаного повнофакторного експерименту для процесу волого-теплової обробки м'ятки насіння рицини визначено наступні оптимальні параметри для віджимання олії з олійної сировини:

- кінцева вологість мезги для періоду зволоження  $W_{к.з} = 9,144 \dots 10,662\%$ ;
- кінцева вологість мезги для періоду сушіння  $W_{к.с} = 5,72 \dots 6,68\%$ ;
- тиск пари, що гріє  $p_{гр} = 3,71 \dots 4,419$  кПа.

#### Література.

1. Масликов В. А. Технологическое оборудование производства растительных масел / В. А. Масликов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 439 с.
2. Технология производства растительных масел / под ред.: В. М. Копейковского, С. И. Данильченко. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.
3. Масликов В. А. Кинетика жарения подсолнечной мятки / В. А. Масликов, С.Г. Тарасов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1965. – № 2. – С. 147-149.



4. Голдовский А. В. К вопросу об улучшении конструкции аппаратов для приготовления мезги в производстве растительных масел / А. В. Голдовский // Масложировая промышленность. – 1960.– №8. – С. 3-11
5. Голдовский А. М. Теоретические основы производства растительных масел /А. М. Голдовский. – М.: Пищепромиздат, 1958 – 446 с.
6. Белобородов В. В. Основы процессов производства растительных масел /В. В. Белобородов. – М.: Пищевая промышленность, 1966 – 478 с.
7. Голдовский А. М. Физико-химические и биохимические основы производства растительных масел /А. М. Голдовский. – М.- Л.: Пищепромиздат, 1937. – С. 170-171.
8. Didur V. Foundation of operating practices of seed meal moisture and heat treatment on oil extraction from castor beans / V. Didur, A. Chebanov, V. Didur, A. Aseev // Journal of Agriculture and Environment.– Мелітополь: TSATU, 2017. – Vol. 1, № 1. – P. 9-15
9. Бондарь А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии/ А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – К.: Вища школа, 1976, – 180 с.
10. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов /С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Роцин.– 2-е изд. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МЯТКИ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ МАСЛА С СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ**

Дидур В. В., Дидур В. А., Чебанов А. Б., Асеев А. А.

### **Аннотация**

Влаготепловая обработка является одной из важнейших технологических операций при подготовке семян клещевины до отжима масла прессованием и оказывает решающее влияние на количество и качество конечных продуктов: масла, жмыха или шрота. Но, максимальное количество масла из семян клещевины будет обеспечиваться только при оптимальном соотношении технологических параметров влаготепловой обработки мятки семян клещевины в разработанном экспериментальном комплексе для отжима масла из масличного сырья между собой, что невозможно при разрозненном изучении их влияния. В связи с этим, возникает актуальная задача по использованию методики математического планирования эксперимента.

Согласно методике многофакторного эксперимента, проведена оптимизация параметров влаготепловой обработки мятки семян клещевины в экспериментальном комплексе для отжима масла из масличного сырья. Критерием оптимизации принято массу масла, полученного при отжиме в экспериментальном комплексе. Установлены оптимальные параметры



влажнотепловой обработки: конечная влажность мезги для периода увлажнения  $W_{к.з} = 9,144...10,662\%$ ; конечная влажность мезги для периода сушки  $W_{к.с} = 5,72...6,68\%$ ; давление греющего пара  $p_{Гр} = 3,71...4,419$  кПа.

## **SUBSTANTIATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF MOISTURE-AND-HEAT TREATMENT OF OIL SEED MEAL FOR OIL EXTRACTION FROM CASTOR-OIL PLANT BEANS**

V. Didur, V. Didur, A. Chebanov, A. Asieiev

### **Summary**

The moisture-and-heat treatment is one of the most important technological operations of castor-oil seed preparation for oil extraction by pressing and has the decisive impact on the quality and quantity of final products: oil, press cake and ground-oil cake. But the maximum oil quantity will be get only under the optimal proportion of technological parameters of moisture-and-heat treatment of oils seed meal in the developed experimental complex for oil extraction from oil-bearing raw materials, that is impossible when studying their isolated effect. Thereby, there is a topical task to apply the methods of the mathematical planning of the experiment.

According to the multifactor experiment methodology the optimization of parameters of moisture-and-heat treatment of oil seed meal of castor-oil plant beans in the experimental complex for oil extraction from oil-bearing raw materials has been carried out. The optimal parameters of moisture-and-heat treatment have been determined: the final pulp moisture for the moisturizing period is  $W_{к.з.} = 9,144...10,662\%$ ; the final pulp moisture for the drying period is  $W_{к.с.} = 5,72...6,68\%$ ; the heating vapour pressure  $p_{Гр} = 3,71...4,419$  kPa.

*Keywords:* ricinus seed, pulp, pepper, wet-heat treatment, steam pressure, moisture period, drying period, humidity pulp