

УДК 664. 8. 022. 1

## ОПТИМАЛЬНІ РЕЖИМИ ПОДРІБНЕННЯ ПЛОДІВ АБРИКОСУ У РОТОРНІЙ ДРОБАРЦІ

Гербер Ю. Б. к.т.н.,

Гаврилов О. В., к.т.н.,

*Південний філіал Національного університету біоресурсів та природовикористання України «Кримській агротехнологічний університет»*

Тел.: (0652) 26-37-52

**Анотація** - приведено методику та результати експериментального дослідження. Якість подрібненого напівфабрикату оцінювали за вірогідністю пошкодження кісточок та вірогідністю проходження плодів без подрібнення м'якоті. Обґрунтовано критерій оптимізації параметрів процесу подрібнення м'якоті плодів кісточкових культур. Виявлено режими роботи дробарки, які забезпечують максимальний вихід кондиційного подрібненого напівфабрикату.

**Ключові слова** - подрібнення, протирання, слива, абрикос, персик, кісточкова культура, ребро, дробарка.

*Постановка проблеми та мета роботи.* Плоди абрикосу використовують для виробництва соків з м'якоттю, нектарів, повидла та пореподібних консервів дитячого харчування. Промислова переробка цих плодів включає технологічні операції подрібнення, бланшування та протирання отриманої суспензії.

Для подрібнення фруктів кісточкових культур використовують плющильну машину [1]. Пізніше з'явилися дробарки роторного типу [2]. Важливими вимогами до цих операцій є подрібнення м'якоті та збереження при цьому цілісності шкарлупи кісточок. Відокремлені кісточочки висушують і використовують як вторинну сировину для виробництва кондитерських виробів або рослинної олії. Розроблення дробарок для абрикосу потребує обґрунтування режимів, при яких отримують продукт високої якості.

У дробарках для фруктів кісточкових культур спостерігаються механізми пошкодження шкарлупи кісточок у результаті защемлення кісточок між ножами або внаслідок зіткнення кісточки з твердим робочим органом [3]. Для обґрунтування режиму промислової переробки кісточ-

кових культур проводилися досліджування міцності шкарлупи фруктових кісточок на ударне навантаження молотком. У роботі [4] досліджено стан персикових та сливових кісточок, що вільно рухаються у просторі, після зіткнення з жорстким билем і виявлено, що для збереження їх шкарлупи необхідно обмежувати колову швидкість ротора.

Між тим зменшення швидкості робочих органів дробарки та збільшення зазорів між ножами може привести до того, що окремі плоди проскакуватимуть через робочу зону без жодного подрібнення.

Метою цієї роботи є наукове обґрунтування режимів подрібнення м'якоті плодів абрикосу у роторній дробарці.

*Експериментальна установка та методика дослідження.* Дослідження проводили на плодах абрикосу сорту червонощокий. Розміри плодів становили: у довжину –  $40 \pm 3,7$  мм, у ширину –  $38 \pm 3,6$  мм, по висоті –  $36 \pm 3$  мм (після знаку „ $\pm$ ” наведено стандартне відхилення), маса одного плоду від 20 г до 25 г.

Дослідження проводили на експериментальній дробарці, яка мала встановлений на вертикальному валу ножовий ротор 1 та нерухомі ножі 2 (рис.1). Вал ротора змонтовано у підшипниковому вузлі 3. Ротор через клинопасову передачу 4 одержував обертальний рух від електричного двигуна 5 постійного току.

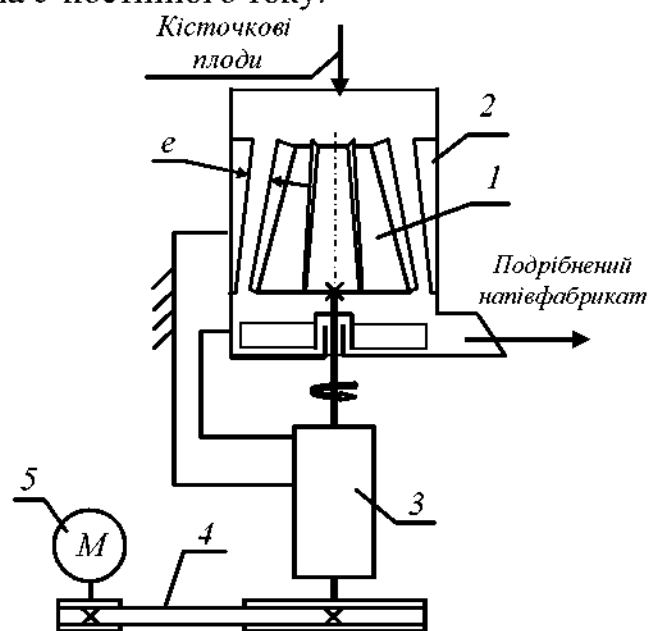


Рис. 1. Схема роторної дробарки

Конструкція дробарки дозволяла регулювати частоту обертання ротору і за рахунок цього змінювати колову швидкість  $v$  ножів, замінювати вставки з нерухомими ножами і, таким чином, регулювати ширину зазору  $e$  між ножами на роторі 1 та нерухомими ножами 2, знімати та установлювати на роторі та статорі машини ножі. Дослі-

дження проведено за планом трьох факторного експерименту. Відомості про змінювані параметри наведено у таблиці. 1.

Таблиця 1.

## Змінювані параметри процесу подрібнення

Параметр	Позначення	Досліджені рівні
Колова швидкість ножів ротора, м/с	$v$	3,6; 7,2; 10,9; 14,5; 18,1; 21,7
Ширина зазору між ножами, мм	$e$	10,3; 21,1; 32,4
Кількість ножів на роторі, штук	$z$	6; 12

Випробування у кожній точці експерименту проводили наступним чином. Параметри роботи дробарки устанавлювали на запланованому рівні, потім завантажували у машину порцію плодів. У результаті отримували порцію обробленого напівфабрикату.

У обробленому напівфабрикаті лічили плоди, які проскочили через робочу зону без подрібнення м'якоті і розраховували вірогідність цієї події за формулою

$$P_{\text{без подр.}} = 100 Z_{\text{без подр.}} / Z, \% \quad (1)$$

де  $Z_{\text{без подр.}}$  – кількість плодів, що проскочили без подрібнення;  
 $Z$  – кількість плодів, завантажених у машину.

З маси, яка пройшла через дробарку, відокремлювали кісточки, піддавали їх ретельному аналізу і розраховували вірогідність пошкодження кісточок за формулою

$$P_{\text{пошк.}} = 100 Z_{\text{пошк.}} / Z, \% \quad (2)$$

де  $Z_{\text{пошк.}}$  – кількість кісточок, які мають пошкодження у вигляді виколупаних шматочків шкарлупи, відокремлених фрагментів шкарлупи, або повністю роздроблених кісточок.

Одна порція продукту складалась з п'яти плодів, повторність випробувань – п'ятикратна.

*Результати експериментального дослідження.* Розглянемо вірогідність проскакування плодів через робочу зону машини без подрібнення.

Це явище спостерігалось при 10 режимах роботи машини, які відрізнялися великими зазорами та малою коловою швидкістю ножів. Середньозважена дисперсія відтворення вірогідності цієї величини, розрахована за 10 дослідами, становить

$$S^2(P_{\text{без подр.}}) = 63,3 \% ^2$$

Перевірка за критерієм Кохрена показала, що всі вимірювання є однорідні і можуть вважатися вибірками з однієї генеральної сукупності.

Усі отримані експериментальні дані адекватно описуються рівнянням

$$P_{\text{без подр.}} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \hat{\alpha}_1 < 0 \\ \hat{\alpha}_1 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 v + \hat{\alpha}_2 e + \hat{\alpha}_3 Z, & \text{якщо } 0 \leq \hat{\alpha}_1 \leq 100 \\ 100, & \text{якщо } \hat{\alpha}_1 > 100 \end{cases}, \% \quad (3)$$

де  $y_1$  – лінійна функція аргументів  $v, e, z$  з постійними коефіцієнтами  $a_0, a_1, a_2, a_3$ .

Методом найменших квадратів знайдено значення емпіричних коефіцієнтів

$$a_0 = -28,27; \quad a_1 = -3,70; \quad a_2 = 9,73; \quad a_3 = -31,71$$

Явище пошкодження шкаралупи кісточок спостерігалось у 27 режимах роботи машини, які відрізнялися підвищеними швидкостями обертання ротору та малими зазорами між ножами. Середньозважена дисперсія відтворення вірогідності пошкодження шкаралупи, розрахована за 27 дослідами, становить

$$S^2(P_{\text{пошк.}}) = 114 \text{ \%}^2$$

Перевірка за критерієм Кохрена показала, що вимірювання є однорідні. Отримані експериментальні дані адекватно описуються рівнянням

$$P_{\text{без подр.}} = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{якщо } \delta_2 < 0 \\ \delta_2 = b_0 + b_1 v + b_2 e + b_3 z, & \text{якщо } 0 \leq \delta_2 \leq 100 \\ 100, & \text{якщо } \delta_2 > 100 \end{array} \right\}, \text{ \%} \quad (4)$$

де  $y_2$  – лінійна функція аргументів  $v, e, z$  з постійними коефіцієнтами  $b_0, b_1, b_2, b_3$ .

Методом найменших квадратів знайдено значення емпіричних коефіцієнтів

$$b_0 = 31,34; \quad b_1 = 2,60; \quad b_2 = -4,09; \quad b_3 = 7,12.$$

Таким чином, отримано аналітичні рівняння, які описують експериментальні дані про окремі показники якості процесу подрібнення абрикосових кісточок.

*Оптимальний режим подрібнення плодів абрикосу.* У якості критерію оптимізації процесу подрібнення плодів абрикосу брали вміст кондиційного продукту у подрібненому напівфабрикаті.

Вміст кондиційного продукту є комплексний показник якості подрібненого напівфабрикату. Цей показник можна трактувати як суму двох подій: того, що кісточка після проходження через машину залишиться непошкодженою і того, що м'якоть плодів буде подрібнена.

Вміст непошкоджених кісточок у масі напівфабрикату, пропущеного через дробарку, становить  $(100 - P_{\text{пошк.}})$ , %. Вміст подрібненої м'якоті можна розрахувати як  $(100 - P_{\text{без подр.}})$ , %.

Відповідно до теорії вірогідності, вміст кондиційного продукту у подрібненому напівфабрикаті дорівнює добутку цих ймовірностей

$$P_{\text{конд}} = (100 - P_{\text{без подр.}}) (100 - P_{\text{пошк.}}) / 100. \text{ \%} \quad (5)$$

Емпіричні залежності (3, 5) та критерій (5) дозволяють розрахувати вміст кондиційного продукту у дослідженій області змінюваних параметрів. На рис. 2 приведено результати розрахунку для випадку  $Z = 6$  бил.

З діаграми 2 видно, що найкраща якість подрібненої маси досягається при швидкостях ротора від 6 м/с до 8 м/с та ширині зазору від 25 мм до 30 мм. Відзначимо, що збільшення кількості ножів до

дев'яти приводить до звуження зони оптимальних параметрів. Якщо збільшити кількість ножів до 12, то у дослідженому діапазоні параметрів процесу 100 % вміст кондиційного продукту у подрібненому напівфабрикаті буде недосяжним.

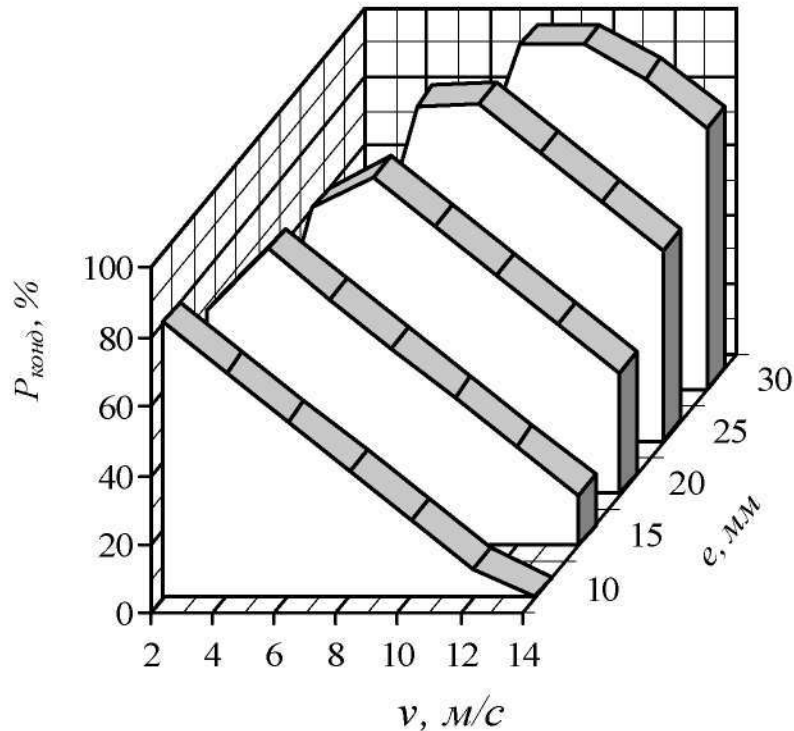


Рис. 2. Залежність вмісту кондиційного продукту у подрібненому напівфабрикаті від швидкості ротора та ширини зазору між ножами при 6 ножах на роторі

*Висновки та перспективи досліджень:*

1. Якість подрібненого напівфабрикату можна охарактеризувати вмістом плодів, що проскочили через робочу зону дробарки без відокремлення кісточок та вмістом пошкоджених кісточок.

2. Між показниками якості існує протиріччя. Збільшення швидкості бил приводить до збільшення імовірності пошкодження кісточок, але підвищує імовірність подрібнення м'якоті. Збільшення зазору між ножами приводить до зменшенні вмісту пошкоджених кісточок, але знижує імовірність подрібнення м'якоті.

3. Параметри роботи дробарки доцільно вибирати за критерієм, що показує вміст кондиційного продукту в подрібненому напівфабрикаті.

4. Вміст кондиційного продукту після роторної дробарки сягає 100 % при швидкостях ротора від 6 м/с до 8 м/с, ширині зазору від 25 мм до 30 мм та шести ножах на роторі.

Перспективним розвідуванням у даному напрямку є наукове обґрунтування режимів подрібнення плодів інших кісточкових культур, які вирощують на Україні.

## Література

1. Технологическое оборудование консервных заводов. Изд. 5-е перераб. и доп. / М. С. Аминов, М. Я. Дикис, А. Н. Мальский, А. К. Гладушняк. – М.: Агропромиздат, 1986. – 319 с.
2. Декларацийний пат. на винахід 24535 Україна, МКВ А23N15/00. Пристрій для подрібнювання кісточкових плодів / Пищеничий Ю. В., Гладушняк О. К. - № 94023491; Заявл. 09.02.94; Опубл. 30.10.98, Бюл. № 5.
3. Гербер Ю. Б. Силы, действующие на плоды и косточки в роторной дробилке при измельчении мякоти / Ю.Б. Гербер, А.В. Гаврилов // Науч. тр. ЮФ «КАТУ» НАУ (технические науки), вып. № 109. – Симферополь - 2008. – С. 18-24.
4. Гаврилов О. В. Дослідження стану персикових кісточок після зіткнення з білами / О.В. Гаврилов // Наук. пр. ПФ «КАТУ» НАУ (технічні науки), вип. № 113. – Сімферополь - 2008. – С. 12 -18.

### ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ДРОБЛЕНИЯ ПЛОДОВ АБРИКОСА В РОТОРНОЙ ДРОБИЛКЕ

Гербер Ю.Б., Гаврилов А.В.

#### *Аннотация*

Приведена методика и результаты экспериментального исследования. Качество измельченного полуфабриката оценивали: с вероятностью повреждения косточек и вероятностью прохождения плодов без измельчения мякоти. Обоснован критерий оптимизации параметров процесса измельчения мякоти плодов абрикоса. Определены режимы работы дробилки, которые обеспечивают максимальный выход кондиционного измельченного полуфабриката (абрикоса).

### CARBROS OF GRINDING DOWN OF PULP OF STONE-FRUITS AND DAMAGES OF STONE ARE IN ROTOR CRUSHER

Y. Gerber , A. Gavriloov

#### *Summary*

Forces which operate on garden-stuffs and stone in a rotor crusher are exposed to the analysis. It is rotined that grinding down of pulp and damage of stone takes place because of jamming of garden-stuffs between ribs and shock destruction at the collision of garden-stuffs or stone with workings organs. Influence of these phenomena is analyzed depending on speed of rotor.