

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

sum-Vinny`cya, Vinny`cya, no. 2., pp. 78-87.

8. Tkachenko, S. J. Pishenina, N. V. (2012), "Using of definition "model liquid" in experimental-calculating method", *Visnyk Vinny'cz kogo politexnichnogo insty'tutu*, no. 3., pp. 103-110.

УДК 663.243

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ ТА АНАЛІЗУ  
РОЗМІРНОСТЕЙ ПРИ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ  
ПЕРЕРОБКИ ПЛЮДІВ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР ХОЛОДНИМ  
СПОСОБОМ**

**APPLICATION OF THE THEORY OF SIMILARITY AND DIMENSION ANALYSIS  
WITH THE PHYSICAL AND MATHEMATICAL  
MODELLING OF PROCESSES OF PROCESSING FRUITS STONE FRUITS COLD**

Керпін М.І., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій

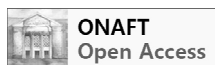
Kerpin M.I.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



*У статті представлені результати експериментальних досліджень переробки плодів аличі сорту "Фіолетова десертна" холодним способом (у свіжому стані) на перфорованій поверхні в полі відцентрових сил. Мета досліджень - розділення плодів на фракції - напівфабрикат, який використовується для подальшої переробки, і відходи (кісточки).*

*Розподіл відбувається внаслідок поступового відокремлення фрагментів м'якоті способом різання крайками отворів круглої форми нерухомої перфорованої оболонки. Рушійною силою процесу є обертальний рух лопатевого ротора.*

*Запропонований спосіб дозволяє процес поділу виконувати в безперервному режимі, отримувати напівфабрикат певної міри подрібнення і кісточки без зміни їх біологічних властивостей, що дозволить більш раціонально використовувати теплову енергію при подальшій переробці напівфабрикату.*

*Кісточки як цінну вторинну сировину можуть використані для виготовлення як харчових так і нехарчових продуктів, а також можуть бути використані в якості насіннєвого матеріалу в садівництві.*

*На основі фізичного моделювання, використовуючи теорію подібності та аналіз розмірностей, отримано залежність числа подібності з метою оцінки впливу діаметрів отворів та колової швидкості лопатей на ефективність процесу розділення плодів та отримано безрозмірний комплекс, що враховує співвідношення сил інерції та сил протидії при відокремленні м'якоті від кісточок.*

*The results of experimental studies processing fruits plum cultivar "Purple dessert" cold way (in a fresh state) in the perforated surface in a field of centrifugal forces. The purpose of research - the fruit division into fractions - half-finished product is used for further processing, and waste products (bones).*

*The distribution is due to the gradual separation of fragments of flesh means cutting edges holes round shape fixed perforated membrane. The driving force of the process is the rotational motion of the rotor blade.*

*The proposed method allows the separation process performed in a continuous mode, receive some extent, semi-finished grinding and pipes without altering their biological properties that allow more efficient use of thermal energy in the further processing of semi-finished products.*

*Bones as a valuable secondary raw materials can be used to make both food and non-food products and can be used as seed in gardening.*

*Based on the physical modeling using similarity theory and dimensional analysis, dependence of the number of similarities to assess the impact diameter holes and the angular velocity of the blades on the efficiency of the separation*

## ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*process fruits and obtained a dimensionless complex, taking into account the ratio of inertial forces and counter forces during separation of pulp seed.*

**Ключові слова:** теорія подібності, плоди, переробка, холодний спосіб, перфорована оболонка, напівфабрикат, кісточки

**Keywords:** teoriya podibnosti, fruit, pererobka, cold sposib, perforovana obolonka, napivfabrikat, kistochki

В роботі [1] запропоновано новий спосіб переробки плодів кісточкових культур в свіжому стані на етапі попередньої переробки з метою їх розділення на напівфабрикат (м'якоть) та відходи (кісточки). Напівфабрикат є складовою подальшої переробки для виготовлення готової продукції, а кісточка є не менш цінною вторинною сировиною, продукція якої після переробки використовується в харчовій, косметологічній, фармацевтичній та інших галузях народного господарства.

Новий спосіб реалізується на нерухомій перфорованій поверхні у вигляді циліндричної оболонки в полі відцентрових сил. Рухомою силою процесу є обертний рух лопатевого ротора, завдяки якому плоди під час обертального руху контактують з кромками отворів перфорованої оболонки, що приводить до поступового відокремлення м'якоті від кісточок.

Вивчення процесів, які мають місце при переробці рослинної сировини, переслідують щонайменше дві науково-практичні задачі: встановлення оптимальних значень параметрів, які впливають на процес і знаходження рівнянь зв'язку, які визначають кінцеву мету (продуктивність, витрати енергії, реалізацію безвідходного виробництва тощо).

Одержання рівнянь зв'язку являє собою доволі складну задачу, точне рішення якої можливо тільки на основі використання аналітичних методів. Такі методи дають вихідну інтерпретацію явищ у формі диференціальних рівнянь, які встановлюють зв'язки між факторами. Задача ускладнюється відсутністю знань структурно-механічних властивостей складових плодів, їх лабільністю та варіюванням в значних межах.

Загальні закономірності процесу переробки плодів з метою розділення на напівфабрикат та відходи дозволяють розкрити експериментальні дослідження, які базуються на використанні методів подібності [2]. Одним із вказаних методів – аналіз рівнянь – дозволяє, не розв'язуючи диференціальні рівняння, які описують процес, знайти певні співвідношення основних параметрів у вигляді безрозмірних чисел подібності і розглядати ці числа як нові узагальнені змінні, які виявляють сукупний вплив на процес.

Використання методів теорії подібності та аналізу розмірностей припускає можливість визначати оптимальні параметри нових зразків обладнання за результатами дослідів по їх зменшеним моделям, які володіють фізичною подібністю. Після цього за характеристиками моделі внаслідок перерахунку через масштабні коефіцієнти можна одержати величини всіх параметрів натурного зразка машини, яка проектується. Але такий підхід не завжди себе виправдовує, що може бути пов'язано як із самою сировиною, так і дотриманням необхідних кінематичних та динамічних режимів.

Альтернативним рішенням є напрямок, при якому експериментальні дослідження за основними факторами відповідають натурному зразку. При такому підході достовірність одержаних даних зростає.

Якщо дослідження виконуються на однаковій натурній сировині, то фізичне моделювання вироджується в геометричне і необхідно витримувати умови подібності як сполучення кінематичного та матеріального.

Значний інтерес викликає наближене моделювання, при якому деякі фактори, які несуттєво впливають на процес який вивчається, моделюються наближено або зовсім не моделюються.

Процес переробки плодів кісточкових культур холодним способом (у свіжому стані) є складним несталим процесом. Головною причиною такої несталості є нестабільність структурно-механічних властивостей плодів в залежності від їх виду та сорту в кожному виді. Окрім вказаного, кожен плід, як біологічна система, складається із шкірочки, м'якоті та кісточка, які за фізико механічними характеристиками значно відрізняються між собою [3].

Для того, щоб процес переробки плодів повністю відтворювався в реальних умовах на реальній машині необхідно, щоб модельна установка і умови роботи на ній задовольняли наступним вимогам:

- плоди повинні задовольняти необхідним технологічним вимогам для одержання якісної продукції;
- діаметри отворів перфорованих оболонок на моделі та в промисловому зразку повинні бути однаковими;
- кінематичні параметри для моделі та промислового зразку повинні бути однаковими.

В лабораторних умовах виконано дослідження процесу переробки аличі сорту "Фіолетова десертна" з метою розділення на фракції в залежності від колової швидкості лопатей та діаметрів отворів. При цьому використовували експериментальну установку та методику дослідження, яка описана в роботі [1].

Використовуючи метод аналізу розмірностей з метою оцінки впливу діаметрів отворів та колової швидкості лопатей на ефективність процесу розділення плодів використовували число подібності  $Ke$ , яке розраховували за виразом

$$Ke = \frac{m_n - m_e}{m_n} = \frac{m_n - (m_k + m_{з.м.})}{m_n} \quad (1)$$

## ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

де  $m_{\text{п}}$  – вихідна маса плоду, кг;  $m_{\text{в}}$  – маса відходів, кг.

$$m_{\text{в}} = m_{\text{к}} + m_{\text{о.м.}} \quad (2)$$

где  $m_{\text{к}}$  – маса кісточки, кг;  $m_{\text{о.м.}}$  – маса залишкової м'якоті на кісточці, кг.

Максимальна ефективність процесу відповідає стану, коли маса залишкової м'якоті на кісточці дорівнює нулю,  $m_{\text{з.м.}} = 0$ .

На основі методу “аналізу розмірностей” отримано безрозмірний комплекс, що враховує співвідношення сил інерції та сил протидії при відокремленні м'якоті від кісточок. По суті, отримано нове модифіковане число Ньютона

$$N_e = \frac{v_n^2}{\sigma} \rho \quad (3)$$

де  $v_n$  – колова швидкість лопатей, м/с;  $\rho$  – густина м'якоті, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  – узагальнений показник міцності покривної тканини та м'якоті, Н/мм<sup>2</sup>.

Цей показник варіюється в доволі широкому діапазоні і залежить, як було показано вище, від виду культури, сорту в кожному виді, кліматичних умов і умов вирощування та інших чинників.

Колову швидкість лопатей визначали за виразом

$$v_n = \pi D n_n / 60 \quad (4)$$

де  $D$  – внутрішній діаметр перфорованої оболонки, м;  $n_n$  – кількість обертів лопатей, об/хв.

Вибір діаметрів отворів для реалізації процесу переробки плодів базувався на аналізі літературних джерел та наукових видань. Так, при переробці кісточкових плодів після їх розварювання за допомогою протиральних машин [7], використовували перфоровані оболонки (сита) з діаметрами отворів (5...7) мм.

В лабораторних умовах дослідження процесу відокремлення м'якоті від кісточок використовували перфоровані оболонки з діаметрами отворів 2, 4, 6, 8 та 10 мм.

Для визначення впливу діаметрів отворів на процес відокремлення м'якоті скористалися відношенням базового діаметру отвору до отворів діаметром 4, 6, 8 та 10 мм ( $d_6/d_i$ ). За базовий діаметр прийняли отвір діаметром 2 мм. В результаті одержали наступні співвідношення: 1,00; 0,50; 0,33; 0,25; 0,20.

Частоту обертання лопатей варіювали на рівнях 600, 900, 1200, 1500 та 1800 об/хв, що відповідало їх коловій швидкості 3,72; 5,57; 7,43; 9,29 та 11,15 м/с.

На кожному рівні експерименти виконували в десятикратній повторності.

Таким чином, критеріальне рівняння, яке описує процес відокремлення м'якоті від кісточок на перфорованій поверхні в полі відцентрових сил має наступний вигляд

$$K_e = A(N_e)^m (d_6/d_i)^n \quad (5)$$

де  $A$ ,  $m$ ,  $n$  – постійні, які визначали за результатами експериментальних досліджень.

#### Результати експериментальних досліджень

За результатами експериментальних досліджень побудовано графічну залежність (рис. 1) процесу переробки плодів аличі сорту “Фіолетова десертна” з метою їх розділення на складові – м'якоть та кісточки.

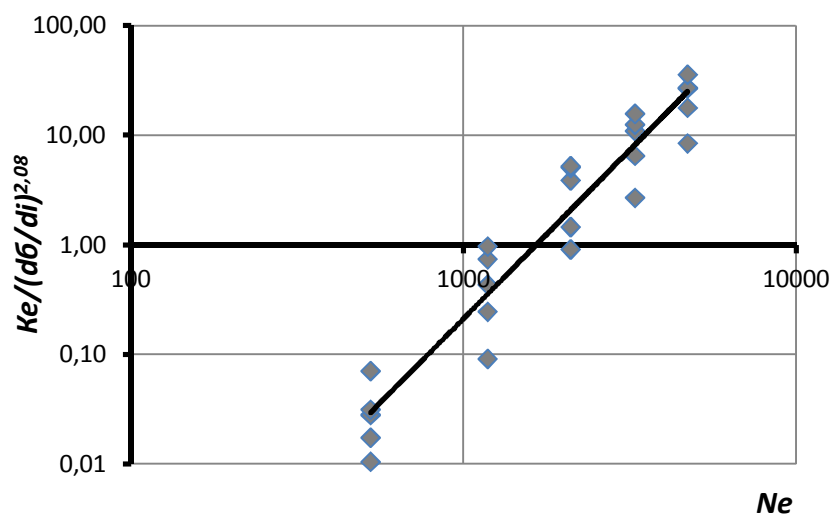


Рис. 1 – Залежність продуктивності процесу відокремлення м'якоті від кісточок від числа Ньютона

## ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Вказана залежність може бути описана виразом

(6)

Рівняння (6) справедливе для діапазону критерію Ньютона  $500 \leq Ne \leq 5000$ , відношенню діаметрів отворів в діапазоні  $1,00 \leq d_o/d_i \leq 0,20$  при переробці плодів кісточкових культур в межах міцності покривної тканини на прокол  $(0,1 \leq \dots \leq 0,4) \text{ Н/мм}^2$  та середній густині м'якоті  $\rho = 1020 \text{ кг/м}^3$ .

#### Висновки

1. Використання перфорованих оболонок з діаметрами отворів перфорації 2 та 4 мм є недоцільним при переробці плодів з аналогічними характеристиками.

2. Продуктивність процесу розділення плодів у свіжому стані на напівфабрикат та відходи залежить від числа Ньютона та діаметрів отворів, із збільшенням яких інтенсивність відокремлення м'якоті від кісточок збільшується.

3. При виготовленні перфорованих оболонок діаметри отворів перфорації можуть бути рекомендовані в діапазоні (6...8) мм. Використання перфорованих оболонок з діаметрами отворів перфорації 10 мм приводить до руйнування кісточок в межах до 5 % і не можуть бути рекомендовані для промислових умов стосовно плодів, в яких максимальний розмір кісточок (висота) не перевищує 10 мм.

#### Література

1. Кепін М.І. Порівняльна оцінка способів розділення плодів кісточкових культур на напівфабрикат і відходи без попередньої термообробки/ОНАХТ. Пищевая наука и технология. – 2008. – № 3 – С. 53-57.
2. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. – Изд. 2-е доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1976. – 479 с.
3. Красильникова Л.О., Садовниченко Ю.О. Анатомія рослин. Рослинна клітина, тканини, вегетативні органи: Навч. посіб. – Х.: Колорит, 2004. – 245 с.

#### References

1. Kepin, M.I. (2008), "Comparative estimation of methods of separation of seed crop fruits on semiproduct and wastes without thermal pretreatment", *Pishchevaya nauka i tekhnologiya*, no. 3, pp. 53-57.
2. Venikov, V.A. (1976), *Teoriya podobiya i modelirovaniya* [Similarity theory and modeling], 2nd ed., Vysshaya shkola, Moscow, Russia
3. Krasil'nikova, L.O., Sadovnichenko, YU.O. (2004), *Anatomiya roslin. Roslinna klitina, tkanini, vegetativni organi* [Vegetable anatomy. Vegetable cell, tissues, vegetative organs], Kolorit, Harkiv, Ukraine.

УДК 631.563.4

## ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЦУКРОВОГО СИРОПУ В НАПОЇ ПРИ ЗМІШУВАННІ У ПРОТИТЕЧІЙНО-СТУМИННОМУ АПАРАТІ DETERMINATION OF CONTENT SYRUP IN DRINKS BY MIXING IN OPPOSITE-STREAM MACHINE

Самойчук К.О., канд. техн. наук, доцент, Паніна В.В., канд. техн. наук, доцент

Полудненко О.В., асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

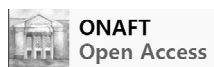
Samoichuk K.O., Panina V.V., Poludnenko O.V.

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



З огляду на зростаючі об'єми виробництва безалкогольних напоїв та актуальність розробки нових, більш ефективних змішувачів рідких компонентів обґрунтовано конструкцію протитечіє-струминного змішувача,