

ВИЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ СУШЕНОГО ТОПІНАМБУРА

Сабадаш Сергій Михайловичкандидат технічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет
ORCID: 0000-0002-0371-8208
E-mail: s.v.sabadash@ukr.net**Казаков Дмитро Дмитрович**старший викладач
Сумський національний аграрний університет
ORCID: 0000-0002-1750-8578
E-mail: sms.kazak.dd@ukr.net**Колодненко Віталій Миколайович**старший викладач
Сумський національний аграрний університет
ORCID: 0000-0002-8450-6759
E-mail: kolodnenko_vn@ukr.net**Бало Павло Миколайович**старший викладач
Сумський національний аграрний університет
ORCID: 0000-0001-7042-8772
E-mail: Pavelbalo@ukr.net

Порошкоподібні матеріали застосовуються в багатьох галузях промисловості. Багато властивостей порошків в значній мірі залежать від дисперсності. Аналіз дисперсного складу є обов'язковим методом контролю у всіх технологічних процесах, пов'язаних з виготовленням і переробкою порошкоподібних матеріалів.

Ключові слова: сушіння, топінамбур, порошок, аналіз, переробка, порошкоподібні матеріали, барда, мікроскоп.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2020.3.9>

Постановка проблеми. В даний час існує декілька методів визначення дисперсного складу [1, 2]: ситовий аналіз, седиментаційний аналіз, гідродинамічні методи, мікроскопічний аналіз. У цьому ряду мікроскопічний метод вигідно відрізняється тим, що дозволяє визначити не тільки геометричні розміри досліджуваних об'єктів, а й побачити особливості їх форми, структури і будови поверхні.

Мікроскопічний метод [2] дозволяє вимірювати частинки розміром 0,3-100 мкм. Для визначення розміру часток менше 1 мкм застосовують електронні мікроскопи з більш високою роздільною здатністю, ніж оптичні.

Для раціонального використання методів транспортування і зберігання топінамбура, було досліджено методом мікроскопічного визначення дисперсний склад продукту.

Виклад основного матеріалу. Досліджено кілька модельних зразків порошків із топінамбура. Досліджувані порошки різної дисперсності досліджували за допомогою USB цифровий мікроскоп. Знявши мікроскопічну лінійку отримали ціну поділки мікрофотографій.

Для кожного зразка знімалися не менше 6 полів з різних ділянок зору. За допомогою програми обробки цифрових фотографій PhotoM 1,21 визначали лінійні розміри частинок.

Процентне співвідношення часток різного розміру визначали за формулою (1):

$$Q_i := \frac{N_i}{\sum_i N} \cdot 100, \quad (1)$$

де N_i - число часток в даній фракції; $\sum N$ - сумарне число часток.

Відповідно до цієї формули ділимо кількість частинок певного розміру на загальну кількість частинок і множимо на 100% [3].

За формулою:

$$\sum Q = Q_0 + Q_1 + \dots + Q_n \quad (2)$$

Спираючись на рівняння 1 та 2 будемо інтегральні функції розподілу, які представлені на рис. 1.

Розпочинаємо побудову з найдрібніших частинок, відкладаючи їх процентний вміст (Q_0) на ординаті; потім для частинки наступної фракції, відклали ординату, рівну сумі процентного вмісту часток попередньої фракції і фракції з великим радіусом і так далі, працювали доти, поки остання ордината (відповідна максимальному діаметру) не склала 100%.

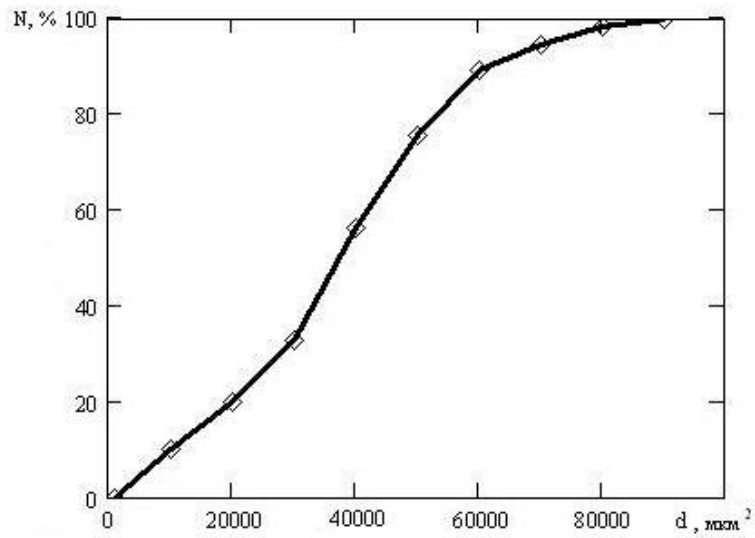


Рис. 1. Інтегральна функція розподілу для зволоженого порошку із топінамбура

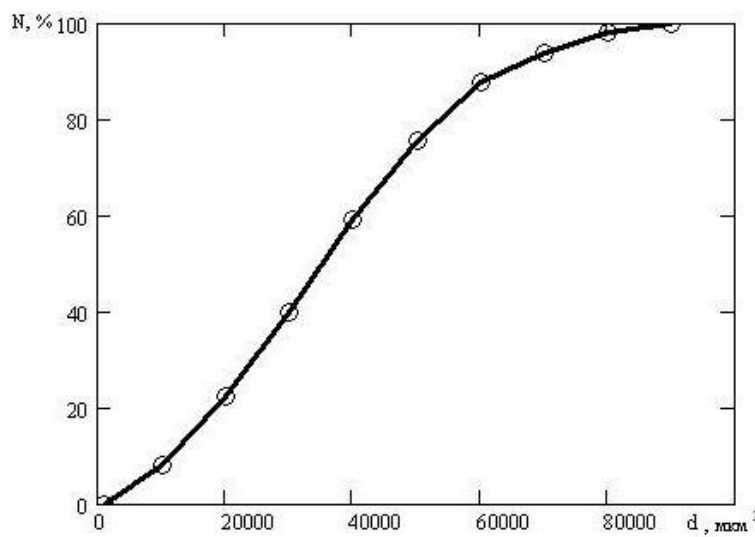


Рис. 2. Інтегральна функція розподілу для сухого порошку із топінамбура

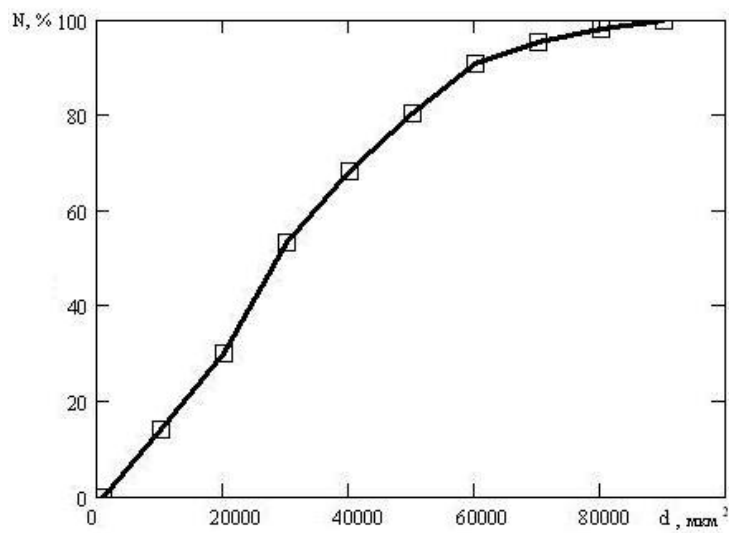


Рис. 3. Інтегральна функція розподілу для відновленого топінамбура

Далі за допомогою наступних операцій, в середовищі програми Mathcad:

$$\begin{aligned}
 d &:= data^{(0)} \\
 Y_1 &:= \frac{\rightarrow}{\ln(z)} \\
 X_{1i,0} &:= 1 \\
 X_1 &:= \frac{\rightarrow}{\ln(d)} \\
 X_2 &:= d \\
 a_0 &:= (X_1^T \cdot X_1)^{-1} \cdot X_1^T Y_1 \\
 a_1 &:= \text{genfit}(d, z, a_0, F)
 \end{aligned}
 \quad
 F(x, a) := \begin{cases} a_1 \cdot x \cdot e^{a_0+a_2x} \\ a_1 \cdot x \cdot e^{a_0+a_2x} \\ x \cdot e^{a_0+a_2x} \\ a_1 \cdot x^3 \cdot e^{a_0+a_2x} \end{cases}$$

Побудуємо диференціальні функції розподілу
 Для апроксимації використовувалися функції виду
 $a_0 \cdot x^{a_1} \cdot e^{a_2 \cdot x}$ для зволоженого топінамбуру;
 $a_0 \cdot x \cdot e^{a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2}$ для сухого топінамбуру;
 $a_1 \cdot x \cdot e^{a_0 \cdot a_2 \cdot x^2}$ відновленого топінамбуру. Як бачимо вони повністю і в точній мірі описують експериментальні дані і припадають на експериментальний максимум, що дає можливість визначити найбільш ймовірний розмір часток для даного зразка [4]. Інтегральна функції розподілу для трьох модельних продуктів різної дисперсності показані на рис. 7.

Для визначення середнього розміру продукту (барда: віджата, суха, відновлена) із сировини наводимо на одній системі координат всі диференціальні функції розподілу рис 8.

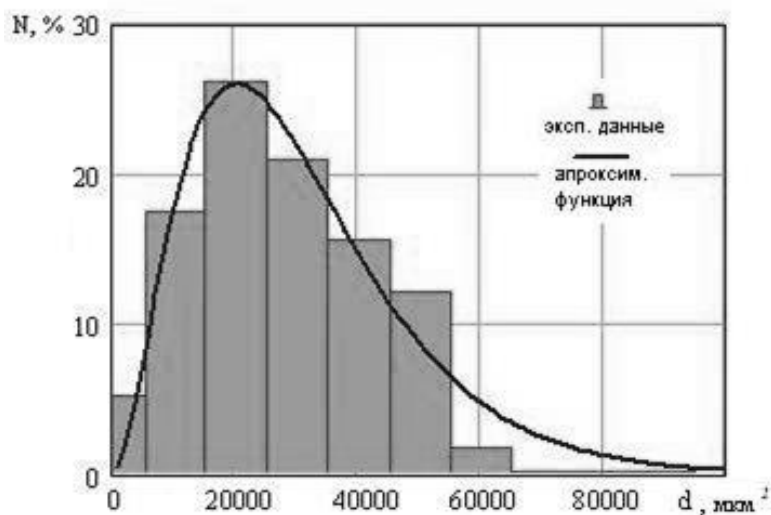


Рис. 4. Диференціальна функція розподілу, на фоні експериментальної дискретної гістограми, яка вказує на кількість частинок різних розмірів (топінамбур зволожений).

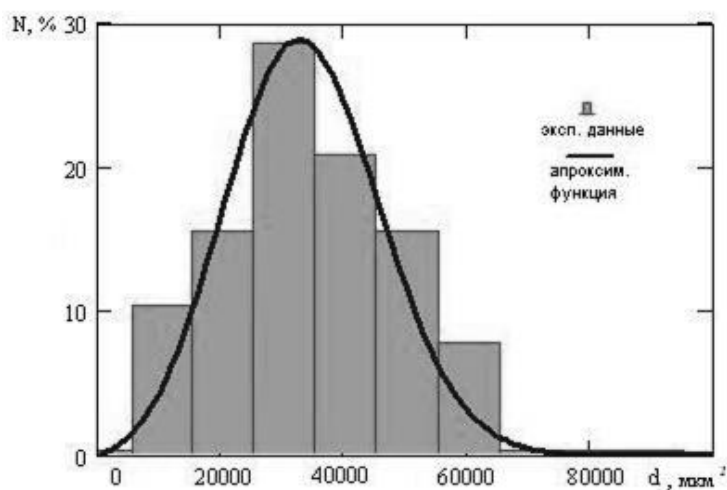


Рис. 5. Диференціальна функція розподілу, на фоні експериментальної дискретної гістограми, яка вказує на кількість частинок різних розмірів (топінамбур сухий)

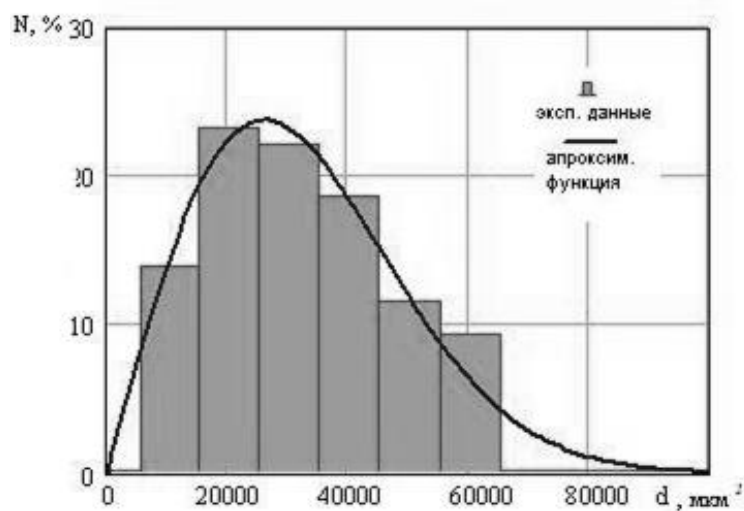


Рис. 6. Диференціальна функція розподілу, на фоні експериментальної дискретної гістограми, яка вказує на кількість частинок різних розмірів (топінамбур відновлений).

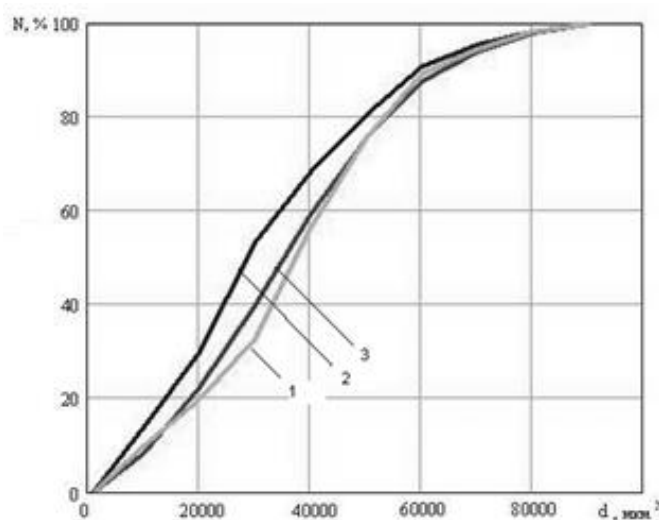


Рис. 7. Інтегральні функції розподілу для трьох модельних продуктів різної дисперсності: 1 - крива для зволоженого топінамбура; 2 - крива для сухого топінамбура; 3 - крива для відновленого топінамбура.

Отримані результати по визначенню розмірів частинок топінамбура методом мікроскопіювання. Для знаходження оптимальних умов транспортування і подальшого зберігання була досліджена дисперсність порошоків із топінамбура шляхом підбору найбільш оптимального варіанту апроксимуючої функції порошоків різної дисперсності. Здійснено математичну обробку отриманих результатів з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Розрахунок діаметра частинок сушеного топінамбура табл. 1

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

№	Найменування	Площа поверхні частинок
1	Топінамбур зволожений	20000 мкм ²
2	Топінамбур сухий	37000 мкм ²
3	Топінамбур відновлений	24000 мкм ²

Знайдемо діаметри цих частинок, щоб оперувати ними як визначальним розміром. У першому наближенні частинки в полідисперсній системі мають сферичну форму, тоді площа сфери:

$$S = 4\pi R^2, \quad (3)$$

де R – радіус сфери;
S – площа поверхні.

На рисунку 9 представлені середні розміри частинок для трьох модельних продуктів різної дисперсності.

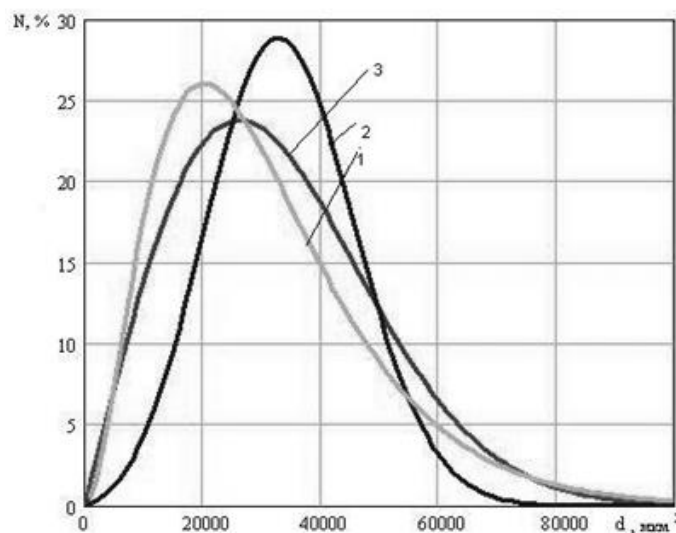


Рис. 8. Диференціальні функції розподілу для трьох модельних продуктів різної дисперсності: 1 - крива для зволоженого топінамбура; 2 - крива для сухого топінамбура; 3 - крива для відновленого топінамбура.

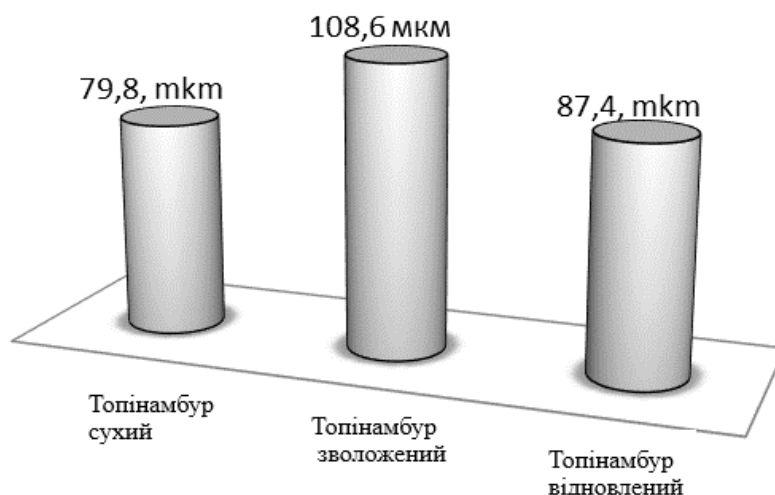


Рис. 9. Середні розміри частинок для трьох модельних продуктів різної дисперсності

Висновок. Як видно з рис. 9, дана диференціальна функція розподілу частинок для дослідного продукту для трьох модельних продуктів різної дисперсності, досить точно описує експериментальні дані, видно що після сушіння криві розподілу мають виражений максимум і меншу ширину, так як частинки по розмірам більш однорідні. В той час як вологий топінамбур і відновлена характеризується зміщенням максимуму в ліво, і стає ширше. Очевидно це пов'язано з тим, що

більш крупні частинки при зволоженні в більшій мірі із за часткового набухання збільшують свій розмір що і відражає певна асиметрія самих кривих. Відповідно, при сушінні необхідно враховувати даний факт, який буде відображатися і на режимі утворення псевдозрідження і на масообміні, так як краще частинки (висока дисперсність) легко віддають вологу. Крім того слідче на очікування зміни адгезійних і когезійних властивостей топінамбуру.

Список літератури:

1. Коузов, П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов [Текст] / П. А. Коузов.— Л. : Химия, 1987. – 264 с.
2. Ребиндер, П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур. [Текст] / П. А. Ребиндер.— М. : Наука, 1966.
3. Кирьянов, Д. В. Вычислительная физика [Текст] / Д. В. Кирьянов, Е. Н. Кирьянова.— М. : Полибук Мультимедиа, 2006.
4. Максфилд, Б. Mathcad в инженерных расчетах [Текст] / Б. Максфилд. – М. : КОРОНА-Век : МК-Пресс, 2010.

Sabadash S.M., Sumy National Agrarian University (Ukraine)
Kazakov D.D., Sumy National Agrarian University (Ukraine)

Kolodnenko V.M., Sumy National Agrarian University (Ukraine)

Balo P.M., Sumy National Agrarian University (Ukraine)

Determination of the dispersed composition of dried topinambur

Powdered materials are used in many industries. Many properties of powders largely depend on the dispersion. Analysis of the dispersed composition is a mandatory method of control in all technological processes associated with the manufacture and processing of powdered materials.

Key words: *drying, Jerusalem artichoke, powder, analysis, processing, powdered materials, bard, microscope.*

Дата надходження до редакції: 19.11.2020 р.