

Висновки. У результаті проведеного дослідження розроблено математична модель вмісту інгредієнтів в одному з раціонів одноразового споживання, призначеного для других сніданків. Визначено оптимальні величини вмісту інгредієнтів у РОСі, що створюється, оптимальні значення основних фізіологічних співвідношень між макронутрієнтами та рівень забезпечення РОСом добових потреб у нутрієнтах, що впливають на засвоєння кальцію організмом людини.

Список літератури

1. Черевко, О. І. Застосування математичних методів для розробки рецептур виробів з максимально можливим вмістом кальцію [Текст] / О. І. Черевко [та ін.] // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Х. : ХНТУСГ, 2006. – Вип. 45. – С. 194–200.

2. Крутовой, Ж. А. Экономико-математические методы в торговле и общественном питании. : учебное пособие [Текст] / Ж. А. Крутовой. – Х. : ХИОП, 1991. – Ч. 2. – 264 с.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.

© Ж.А. Крутовой, Н.В. Манжос, Т.В. Запаренко, 2011.

УДК 664-492.2:531.717.1

М.І. Погожих, д-р техн. наук

Ж.В. Воронцова, канд. пед. наук

І.М. Павлюк, асист.

РОЗРАХУНОК ДИСПЕРСНОСТІ ПОРОШКІВ НА ПРИКЛАДІ МОДЕЛЬНОГО ЗРАЗКА ІЗ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

Розглянуто мікроскопічний метод, який дозволяє дослідити особливості форми, структури й будови поверхні досліджуваних зразків із харчової сировини. Показано розрахунок дисперсності модельного порошкоподібного зразка і визначено оптимальний розмір його частинок. Підібрано найоптимальніші апроксимаційні криві для порошоків із різною дисперсністю.

Рассмотрен микроскопический метод, позволяющий исследовать особенности формы, структуры и строения поверхности исследуемых образцов из пищевого сырья. Показан расчет дисперсности модельного порошкоподобного образца и определен оптимальный размер его частиц. Подобраны наиболее

лее оптимальные аппроксимирующие кривые для порошков с различной дисперсностью.

A microscopic technique that allows us to see features of shape, structure and surface structure of the samples of food raw materials are considered. The calculation of dispersion modelling of powder sample and determine the optimal size of its particles are shown. Picked the best option approximating curves for powders of different dispersity.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Існують різні методи визначення дисперсності порошків [1; 2]. Відповідно до прийнятої класифікації [1] всі методи можна розділити на групи: механічне розділення частинок, що включає ситовий та фільтраційний аналіз; седиментаційний аналіз, що включає пофракційне осадження, відмулювання, накопичення осаду, відбір вагових проб; динамічні методи, засновані на сепарації в потоці у вертикальних судинах і відцентрових апаратах; індивідуальне вивчення частинок, що включає мікроскопічний та ультрамікроскопічний аналіз; визначення питомої поверхні, що включає адсорбційний метод, за швидкістю розчинення та ін.

Найбільш поширеними методами експрес-аналізу дисперсного складу порошків є ситовий та мікроскопічний [2]. У результаті ситового аналізу отримують гістограми розподілу маси частинок за розмірами, у результаті мікроскопічного – гістограми розподілу кількості частинок за розмірами.

Дисперсний (гранулометричний) склад порошку показує, яку частку за масою, об'ємом або кількістю складають частки в будь-якому діапазоні їх розмірів. Характеристика дисперсного складу може бути задана у вигляді таблиці, кривої або за допомогою формули, котра виражає функцію розподілу або щільності розподілу часток.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для опису дисперсного складу порошків застосовуються чотири формули: Годена-Андреєва, Розіна-Раммлера, нормального (НР) та логарифмічно нормального законів розподілу (ЛНР) [1]. Формула Годена-Андреєва, виведена на основі узагальнення результатів ситового аналізу порошків, подрібнених на різному виробничому обладнанні, має вигляд

$$D(\delta) = 0,8 \left(\frac{\delta}{A} \right)^l, \quad (1)$$

де $D(\delta)$ - інтегральна функція розподілу, δ - розміри частинок, A - стала, параметр l характеризує напрям та ступінь вигину кривої розподілу:

при $l = 1$ крива перетворюється на пряму лінію; при $l < 1$ крива $D(\delta)$ опукла; при $l > 1$ крива $D(\delta)$ увігнута. При її диференціюванні виходить функція щільності розподілу

$$\varphi_{\delta} = 0,8 \cdot l \cdot A^{-l} \cdot \delta^{l-1}. \quad (2)$$

У формулі Розіна-Рамлера [1] криві розподілу за даними ситових аналізів можуть бути виражені рівнянням

$$D_{\delta} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\delta}{B}\right)^A\right], \quad (3)$$

де A та B – постійні, які легко визначає в логарифмічній формі цього рівняння за дослідними даними.

З попереднього рівняння випливає, що щільність розподілу маси за діаметрами визначається формулою

$$\varphi_{\delta} = \frac{A}{\delta} \left(\frac{\delta}{B}\right)^A \exp\left[-\left(\frac{\delta}{B}\right)^A\right]. \quad (4)$$

При $A < 1$ та $\delta \rightarrow 0$ щільність розподілу $\varphi(\delta) \rightarrow \infty$, хоча $D(\delta)$ при $\delta = 0$ залишається кінцевою. Тому при $A < 1$ формула (4) не дає правильного опису розподілу дуже дрібних фракцій. Нормальний розподіл – це нормальна Гауссова функція, що має вигляд:

$$D_{\delta} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\delta} \exp\left[-\frac{\delta - \delta_{S0}}{2\sigma^2}\right] d\delta, \quad (5)$$

де δ_{S0} – медіана розподілу; σ – середньоквадратичне відхилення діаметрів від їх середнього значення. Диференціювання функції розподілу $D(\delta)$ за δ дає функцію щільності розподілу

$$\varphi_{\delta} = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\delta - \delta_{S0}}{2\sigma^2}\right] = \frac{1}{\sigma} F_{\delta}, \quad (6)$$

де $0 < \delta < \infty$,

$$F(\delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\delta^2}{2}\right), \quad (7)$$

де t – нормована величина нормально розподілена, яку можна знайти в довідковій літературі.

Логарифмічно нормальний розподіл виходить, якщо у нормальну функцію розподілу Гауса підставити у якості аргументу не діаметр частинок, а логарифм діаметру. Функція ЛНР за діаметрами часток має вигляд:

$$D(\delta) = \frac{1}{\ln(\sigma) \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\ln(\delta)} \exp\left[-\frac{\ln(\delta) - \ln(\delta_{S0})^2}{2 \ln^2(\sigma)}\right] d \ln(\delta), \quad (8)$$

де δ_{S0} – медіана розподілу; $\ln(\sigma)$ – середньоквадратичне відхилення логарифмів діаметрів від їх середнього значення. Диференціювання функції розподілу $D(\delta)$ за δ дає функцію щільності розподілу

$$\varphi(\delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta \cdot \ln(\sigma)} \exp\left[-\frac{\ln(\delta) - \ln(\delta_{S0})^2}{2 \ln^2(\sigma)}\right] = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta \cdot \ln(\sigma)} F(\delta), \quad (9)$$

де $0 < \delta < \infty$. Якщо розподіл маси частинок за розмірами підпорядковується логарифмічно нормальному закону, то йому ж будуть підпорядковані розподіли і кількості, і питомої поверхні частинок за розмірами [1].

Мета та завдання статті. Розробити методику розрахунку дисперсності порошоків і підібрати найбільш оптимальний варіант апроксимуючої функції для порошоків різної дисперсності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Було досліджено модельний зразок з харчового порошку різного подрібнення. Подрібнення порошоків із харчової сировини отримували шляхом механічного помелу у ступці з постійною швидкістю на протязі відповідного часу. Отримані порошки з харчової сировини різної дисперсності досліджували за допомогою USB Digital Microscope. Знявши мікроскопічну лінійку отримали ціну поділки мікрофотографій.

Таблиця – Кількість частинок різного розміру у порошках з харчової сировини зі змінною дисперсністю під час подрібнення

Інтервали	2 хв	5 хв	8 хв	12 хв
0.1	1	1	3	2
1	7	14	8	6
2	14	17	11	13
3	17	25	14	16
4	19	16	26	27
5	16	13	21	19
6	12	11	15	14
7	6	5	6	6
8	4	3	4	4
9	2	2	2	2

Для кожного зразка знімалися не менш 5 полів із різних ділянок зору. За допомогою програми обробки цифрових фотографій PhotoM 1.21 визначили лінійні розміри частинок. Результати представлені у вигляді таблиці.

У цій таблиці колонки (крім першої) відповідають за порошки різної дисперсності, строки за кількість частинок різного розміру. Найбільшу дисперсність має порошок у четвертій колонці, а найменшу у другій, з нього і почнемо проводити свої розрахунки. Для початку знаходимо відсоткове співвідношення частинок різного розміру, за формулою

$$Q_i := \frac{N_i}{\sum_i N} \cdot 100\% . \quad (10)$$

Згідно з цією формулою ділимо кількість частинок певного розміру на загальну кількість частинок і помножуємо на 100 % [3].

За формулою

$$\sum Q = Q_0 + Q_1 + \dots \quad (11)$$

Будуємо інтегральну функцію розподілу (рис. 1).

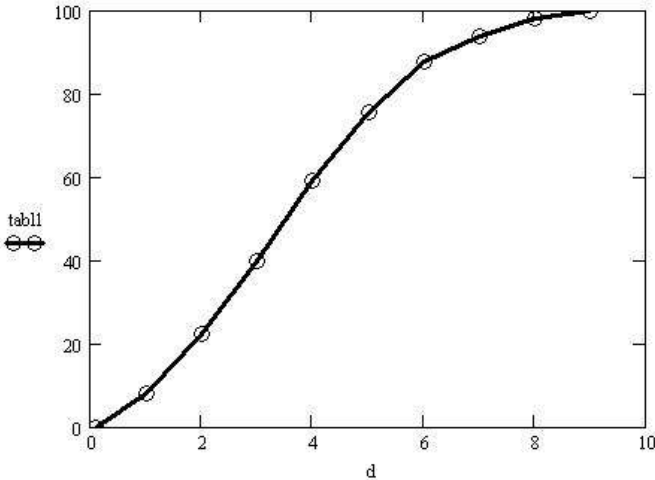


Рисунок 1 – Інтегральна функція розподілу для порошку 2 хв

Тобто починали побудову із найдрібніших частинок, відкладаючи їхній відсотковий вміст (Q_0) на ординаті; потім для частинок наступної фракції, відклали ординату, рівну сумі відсоткового вмісту частинок попередньої фракції і фракції з більшим радіусом і так далі, працюють доти, доки остання ордината (відповідна максимальному діаметру) не складе 100%.

Далі за допомогою наступних операцій, в середовищі програми Mathcad:

$$\begin{aligned}
 d &:= data^{(0)} \\
 Y_1 &:= \frac{\quad}{\ln(z)} \rightarrow \\
 X_{1_{i,0}} &:= 1 \\
 X_1 &:= \frac{\quad}{\ln(d)} \rightarrow \\
 X_2 &:= d \\
 a_0 &:= (X_1^T \cdot X_1)^{-1} \cdot X_1^T Y_1 \\
 a_1 &:= \text{genfit}(d, z, a_0, F)
 \end{aligned}
 \quad
 F(x, a) := \left\{ \begin{array}{l} a_1 \cdot x \cdot e^{a_0 + a_2 x} \\ a_1 \cdot x \cdot e^{a_0 + a_2 x} \\ x \cdot e^{a_0 + a_2 x} \\ a_1 \cdot x^3 \cdot e^{a_0 + a_2 x} \end{array} \right\}$$

Побудуємо диференційну функцію розподілу (рис. 2).

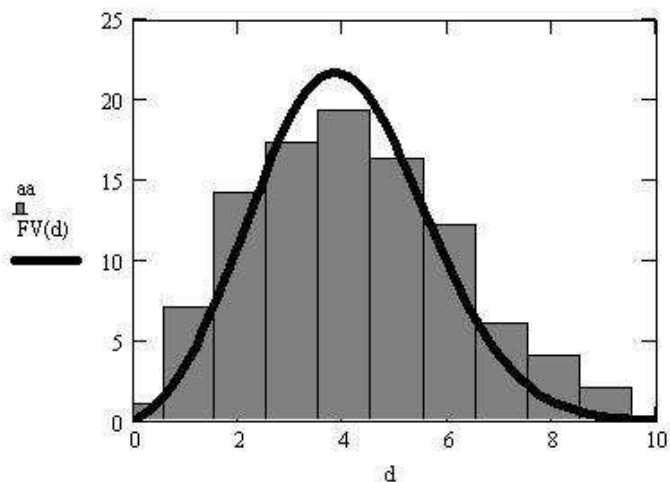


Рисунок 2 – Диференційна функція розподілу, на фоні експериментальної дискретної гістограми, яка вказує на кількість частинок різних розмірів (для порошку 2 хв)

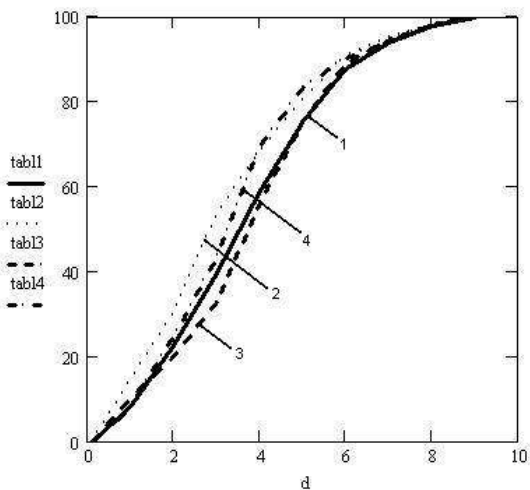


Рисунок 3 – Інтегральні функції розподілу для чотирьох модельних порошків різної дисперсності: 1 – крива для 2-хв. порошку (суцільна лінія); 2 – крива для 5-хв. порошку (точкова лінія); 3 – крива для 8-хв. порошку (пунктирна лінія); 4 – крива для 12-хв. порошку (точка - пунктир)

Для апроксимації використовувалася функція виду $a_1 \cdot x \cdot e^{a_0 + a_2 x}$. Як бачимо вона досить точно описує експериментальні дані і, що найголовніше, точно припадає на експериментальний максимум, що дає змогу визначити за допомогою такої функції найбільш вірогідний розмір частинок для даного зразка [4]. Аналогічно працюємо із даними для інших зразків (рис. 3.).

Для визначення середнього розміру порошків з харчової сировини зображаємо на одній системі координат усі диференційні функції розподілу (рис. 4.).

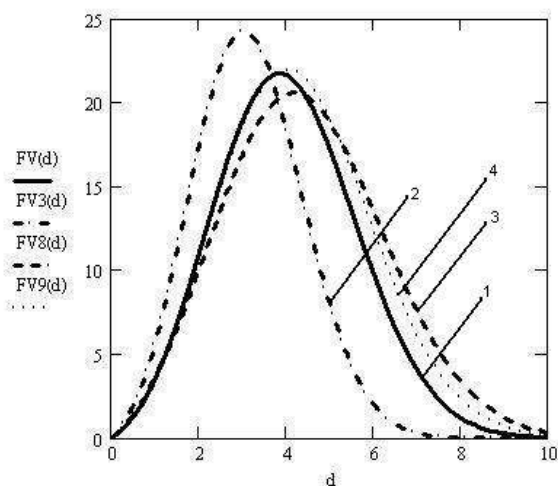


Рисунок 4 – Диференційні функції розподілу для чотирьох модельних порошків різної дисперсності: 1 – крива для 2-хв. порошку (суцільна лінія); 2 – крива для 5-хв. порошку (точка-пунктир); 3 – крива для 8-хв. порошку (пунктир); 4 – крива для 12-хв. порошку (точкова лінія)

Висновки. Проаналізувавши різні методи визначення дисперсності порошків, обрали для дослідження порошків з харчової сировини мікроскопічний метод, котрий дозволяє отримати багато інформації про особливості форми, структури й будови поверхні досліджуваних зразків із харчової сировини. Дослідження модельних зразків із харчової сировини різного помелу дало можливість розробити методикау з розрахунку дисперсності харчових порошків.

При аналізі отриманих у ході експерименту кривих дисперсності було проведено підбір найбільш раціональних кривих апроксимації для порошків різної дисперсності. Доцільним, на наш погляд, вияви-

лось провести порівняльний аналіз двох пар харчових порошків з істотно різною дисперсністю.

Дана робота виконана у відповідності до держбюджетної теми «Дослідження стану та структури вологи в харчових продуктах методами ямр та епр спектроскопії».

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.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.

© М.І. Погожих, Ж.В. Воронцова, І.М. Павлюк, 2011.

УДК 64.018:641.544:613.281

И.А. Тимошенко, ассист. (ГОУ ВПО СПбТЭИ, Санкт-Петербург)

Р.Л. Перкель, д-р техн. наук, доц. (ГОУ ВПО СПбТЭИ, Санкт-Петербург)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ РЫБЫ, ПРИГОТОВЛЕННОЙ В ВАКУУМНОЙ УПАКОВКЕ

Розглянуто елементи системи ХАССП для забезпечення безпечності технології приготування риби, запакованої в пакети з полімерної плівки під вакуумом. У ході роботи були визначені основні параметри технологічних режимів, чинники ризику та критичні контрольні точки.

Рассмотрены элементы системы ХАССП для обеспечения безопасности технологии приготовления рыбы, упакованной в пакеты из полимерной пленки под вакуумом. В ходе работы были установлены основные параметры технологических режимов, факторы риска и критические контрольные точки.