

Секція 4. ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

УДК 664-492.2:531.717.1

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСКОПІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ ХАРЧОВИХ ПОРОШКІВ

**М.І. Погожих, І.М. Павлюк, А.О. Борисова,
О.Г. Дьяков, А.В. Затула**

Подано один із методів дисперсійного аналізу – мікроскопічний метод для підвищення точності даних і порівняльний аналіз описаного методу з іншими популярними методами. Метод мікроскопії дозволяє аналізувати особливості форми, текстури та структури поверхні розглянутих зразків продовольчої сировини. Цей факт має велике значення тоді, коли порошки використовуються в подальшому для отримання хімічно активних гетерогенних сумішей, які застосовуються в харчовій промисловості. Знайдено оптимальний розмір частинок і найбільш оптимальні апроксимуючі криві для порошків різного ступеня дисперсії.

Ключові слова: мікроскопічний метод, дисперсія порошків, аналіз знімків порошків, диференційні функції розподілу.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ПИЩЕВЫХ ПОРОШКОВ

**Н.И. Погожих, И.Н. Павлюк, А.А. Борисова,
А.Г. Дьяков, А.В. Затула**

Представлен один из методов дисперсионного анализа – микроскопический метод для повышения точности данных и сравнительный анализ описанного метода с другими популярными методами. Метод микроскопии позволяет анализировать особенности формы, текстуры и структуры поверхности рассматриваемых образцов продовольственного сырья. Этот факт имеет большое значение в тех случаях, когда порошки используются в дальнейшем для получения химически активных гетерогенных смесей, которые применяются в пищевой промышленности. Найдены оптимальный размер частиц и наиболее оптимальные аппроксимирующие кривые для порошков различной дисперсии.

Ключевые слова: микроскопический метод, дисперсия порошков, анализ снимков порошков, дифференциальные функции распределения

© Погожих М.І., Павлюк І.М., Борисова А.О.,
Дьяков А.Г., Затула А.В., 2016

USAGE OF MICROSCOPIC METHOD TO ANALYZE DISPERSION OF FOOD POWDERS

M. Pogozhikh, I. Pavliuk, A. Borysova, A. Dyakov, A. Zatula

The relevance of this work relates to the problems of dispersion systems investigation and improvement of the experiment accuracy. These problems' solution requires new experimental methods. Trends of modern science, its orientation to new technologies require a differentiated approach to conducting experiments and training. Using the latest experimental methods is intended to provide clear and sufficiently accurate results that can be used in the future. In this regard, the authors of the article discuss the goals, objectives and requirements posed to the experimenter working in modern science.

This article presents one of the methods of dispersive analysis for improving the data accuracy and comparative analysis of the described method with other popular methods of mathematical statistics.

The methods of dispersive analysis are widely used for food raw material analysis. There are several methods of dispersive analysis at the modern stage of the development of science. A microscopic technique allows analyze the shape, texture and surface structure of the considered samples of food raw materials. This fact is of high importance in cases, when the powders are used for further preparation of reactive heterogeneous mixtures, which are used in food industry. The calculation of dispersion for modelling powder sample is shown and the optimal size of its particles is determined. The most optimal approximating curves for powders of different dispersion are chosen.

The authors of the article give a number of conclusions and recommendations for the analysis of food powders.

Keywords: *microscopic method, dispersion of powders, screen analysis of powders, differentiated distribution function.*

Statement of the problem. Microscopic method differs from other methods by the possibility not only to define geometrical dimensions of the analyzed objects, but also to see the features of their form, texture and surface structure. The last fact is of high importance in cases, when powders are further used for the preparation of reactive heterogeneous mixtures, which are used in food industry. Microscopic method allows to measure particles of 0,3–100 micrometers in dimension. The disadvantage of microscopic method is its high laboriousness. Reliable results of particles determination by microscopic method can be derived only by measuring several hundreds of particles. Consequently, duration of microscopic analysis could take several hours. This disadvantage is easily eliminated by means of modern computer technologies. Application of the computer techniques allows both to evaluate rapidly the average dimension of the particles of powder, and to define parameters of the

distribution law describing dispersed composition of the powdered food raw material in the best possible way [1; 2].

The objective of the research. The purpose of the research is to develop methods of calculation of powders' dispersion and to select the most optimal variant of approximating function for powders with different dispersion.

Presentation of the research material. To define dispersion of particles it is necessary to prepare the samples in a special way. The pattern of the powder is carefully mixed in full volume, and then a needle moves the sample on a slide with a water drop, which disperses. The particles of the sample are uniformly allocated on the drop and are covered with cover glass. The cover glass is carefully pressed to the sample to make monolayer of particles in the sample. After this, microphotographs are taken.

To describe the dispersed composition of powders four equations are used: Goden-Andreev equation, Rozin-Rammmler equation, normal (ND) and lognormal distribution law (LND) [3]. Goden-Andreev equation derived under the generalization of the results of particle size analysis of powders disintegrated on various industrial equipment is the following:

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

where $D(\delta)$ is an integral function of distribution, δ – size of particles, A – constant, parameter l characterizes direction and rate of inflection of distribution curve: if $l = 1$ curve changes to straight line; if $l < 1$ curve $D(\delta)$ is convex; if $l > 1$ curve $D(\delta)$ is concave.

After the differentiation of its relative distribution function, the following comes out:

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

In Rozin-Rammmler equation, [1] distribution curves according to screen analyses' data, can be expressed by the formula:

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

where A and B are constants, easily defined in logarithmic form of this equation according to data of the research.

As a result of previous equation density of mass distribution by diameters is defined by formula [4]:

$$\varphi(\delta) = \frac{A}{\delta} \left(\frac{\delta}{B} \right)^{A-1} \exp \left[- \left(\frac{\delta}{B} \right)^A \right]. \quad (4)$$

If $A < 1$ and $\delta \rightarrow 0$, distribution density $\varphi(\delta) \rightarrow \infty$, though $D(\delta)$, if $\delta = 0$, stays finite. Therefore, if $A < 1$, the formula (4) doesn't give correct description of the distribution of very small fractions. Normal distribution is normal Gaussian function, which looks like:

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

where δ_{S0} is median of distribution; σ – mean-square of deviations of diameters from their mean value. Differentiation of distribution function $D(\delta)$ by δ provides distribution density function:

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

where $0 < \delta < \infty$,

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

where t is normalized quantity normally distributed, which can be found in reference literature.

Lognormal distribution is obtained, if the argument in normal Gaussian function substitutes not the particles' diameter, but logarithm of diameter. LND function looks like:

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

where δ_{S0} is a distribution median; $\ln(\sigma)$ – mean-square mediation of logarithms of diameters from their mean value. Differentiation of distribution function $D(\delta)$ by δ results in relative distribution function:

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

where $0 < \delta < \infty$. If distribution of particles' mass by dimensions follows lognormal law, then it will also be followed by the distributions of quantity and specific surface area of particles by dimensions [5; 6].

Obtained from food raw material, the powders of different dispersion are studied by means of USB Digital Microscope. After removing the microscopic bar, the division value of microphotography is obtained. At least five fields from different angles of vision are shot for each sample. With photo-editing program PhotoM 1.21, linear dimensions of particles are defined. The results are presented in table 1.

Table 1

Number of particles of different dimension in food raw material powders with various dispersion during grinding

Intervals	2 min.	5 min.	8 min.	12 min.
0	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

In this table, the columns (except the first one) respond to the powders of different dispersion, rows – to the number of particles of different dimension. The highest dispersion has the powder in the fourth column, and the lowest – in the second. Our calculations started from the last one. First, the percentage of the particles of different dimensions is found by the formula [7]:

$$z = \frac{data^{(1)}}{\sum_i data_{i,1}} \cdot 100\% . \quad (10)$$

According to the formula (2), we divide the amount of particles of the defined dimension by the total amount of particles and multiply by 100%. By the formula:

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

Integral function of distribution is build:

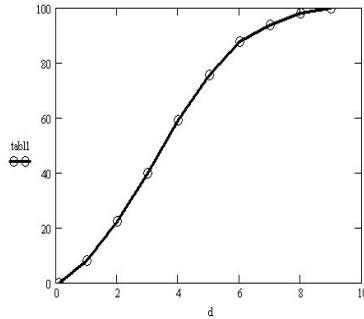


Fig. 1. Integral distribution function for powder 2 min

Then using Mathcad software environment, we build differentiating distribution function.

Conclusion. After the analysis of different methods for the determination of the powders' dispersion, microscopic method is selected for the study of food raw material for powders, which allows to obtain much information about the features of shape, texture and surface structure of the observed samples of food raw materials. The study of modeling samples of food raw materials of various grinding allowed to develop a method of calculating the dispersion of food powders. In the analysis obtained during the experiment of dispersion curves selection of the most rational approximation curves for powders of different dispersion was carried out.

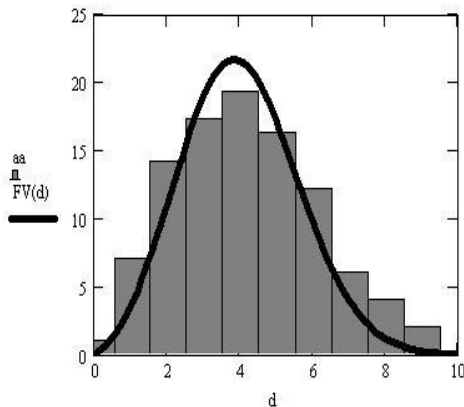


Fig. 2. Differentiating distribution function against the background of experimental discrete histogram pointing out amount of particles of different dimension (for powder 2 min)

From our point of view, a comparative analysis of two pairs of food powders with significantly different dispersion was appropriate.

Список джерел інформації / References

1. Fayed, M., Otten, L. (1997), *Handbook of powder science*. Technolog, Carman-Hall, New York.
2. Квеско Н. Оценка точности и области применения некоторых методов анализа дисперсности порошков / Н. Квеско // Сибирский физико-технический журнал СО АН СССР. – 1992.
Kvesko, N. (1992), [Otsenka tochnosti i oblasti primeneniya nekotorykh metodov analiza dispersnosti poroshkov, Sibirskiy fiziko-tehnicheskii zhurnal SO AN SSSR].
3. Петрунин В. Ультрадисперсные (нано-) материалы и нанотехнологии / В. Петрунин // Инженерная физика. – 2001.
Petrunin, V. (2001), [Ultradispersnyie (nano-) materialyi i nanotehno-logii, Inzhenernaya fizika].
4. Kunze, K., Wright, S. (1993) *Textures and Microstructures*, Vol. 20, pp. 41-54.
5. Коузов П. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П. Коузов. – Ленинград : Химия, 1987.
Kouзов, P. (1987), [Osnovyi analiza dispersnogo sostava promyshlennyih puylei i izmelchennyih materialov], Himiya, Leningrad.
6. Кирьянов Д. Вычислительная физика / Д. Кирьянов. – Москва : Полибук Мультимедиа, 2006.
Kiryanov, D. (2006), [Vyichislitel'naya fizika], Polibuk Multimedia, Moscow.
7. Максфилд Б. Mathcad в инженерных расчетах / Б. Максфилд. – Санкт-Петербург : КОРОНА-Век, 2010.
Maksfeld, B. (2010), [Mathcad v inzhenernyih raschetah], KORONA-Vek, Sankt-Peterburg.

Погожих Микола Іванович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-00.

Погожих Николай Иванович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой фізико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-00.

Pogozhikh Micola, prof., Head of the department of physical and mathematical and engineering sciences, Kharkiv State University of Food and Trade of Ukraine, Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-00.

Павлюк Ігор Миколайович, ст. викл., кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-00.

Павлюк Ігорь Николаевич, ст. преп., кафедра физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-00.

Pavliuk Igor, Senior Lecturer of the department of physical, mathematical and engineering sciences, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-00.

Дьяков Олександр Георгійович, канд. техн. наук, доц., кафедра енергетики та фізики, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-00; e-mail: dyakov_ag@mail.ru.

Дьяков Александр Георгиевич, канд. техн. наук, доц., кафедра энергетики и физики, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-00; e-mail: dyakov_ag@mail.ru.

Diakov Alexandr, PhD (technical sciences), associate professor, Department of energetics and physics, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-00; e-mail: dyakov_ag@mail.ru.

Борисова Аліна Олексіївна, канд. психол. наук, доц., зав. кафедри іноземних мов, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-69; e-mail: interhduht@gmail.com.

Борисова Алина Алексеевна, канд. психол. наук, доц., зав. кафедрой иностранных языков, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-69; e-mail: interhduht@gmail.com.

Borysova Alina, PhD (psychology), associate professor, Head of the Department of foreign languages, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska st., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-69; e-mail: interhduht@gmail.com.

Затула Аліна Валентинівна, студ., Навчально-науковий інститут харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051.

Затула Алина Валентиновна, студ., Учебно-научный институт пищевых технологий и бизнеса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051.

Zatula Alina, a student, Educational-and-Research Institute of Food Technologies and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 641.1/3:664-4

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОЛІКОМПОНЕНТНИХ ФАРШЕВИХ МАС

Д.П. Крамаренко, Н.І. Гіренко, В.В. Дуб

Наведено результати експериментальних досліджень реологічних властивостей дисперсних систем для створення полікомпонентних фаршевих мас. Отримано залежності основного реологічного показника для фаршевої системи – граничної напруги зсуву. Досліджено зміни граничної напруги зсуву від зміни співвідношення компонентів.

Ключові слова: дисперсна система, напруга зсуву, фаршева маса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛІКОМПОНЕНТНЫХ ФАРШЕВЫХ МАСС

Д.П. Крамаренко, Н.И. Гиренко, В.В. Дуб

Приведены результаты экспериментальных исследований реологических свойств дисперсных систем для создания поликомпонентных фаршевых масс. Получены зависимости основного реологического показателя для фаршевых системы – предельного напряжения сдвига. Исследованы изменения предельного напряжения сдвига от изменения соотношения компонентов.

Ключевые слова: дисперсная система, напряжение сдвига, фаршевая масса.

THE STUDY OF DISPERSE SYSTEMS FOR CREATING MULTI-COMPONENT STUFFING MASSES

D. Kramarenko, N. Hirenko, V. Dub

Knowledge of basic rheological indicators forming a structure of semi-finished and finished food products, allows us to properly assess their quality, in a timely manner to ensure the control and regulation of technological processes in various stages of production.

© Крамаренко Д.П., Гіренко Н.І., Дуб, 2016 В.В.