

Національна академія наук України  
Інститут технічної теплофізики

Національна академія наук України  
Інститут технічної теплофізики

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

**Петров Павло Іванович**

УДК 664.8.047

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**РОЗРОБКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВИХ  
ПОРОШКІВ ТА ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКТІВ ШВИДКОГО  
ПРИГОТУВАННЯ**

144 – Теплоенергетика

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Павло ПЕТРОВ

Науковий керівник – Снежкін Юрій Федорович, академік НАН України,  
доктор технічних наук, професор

Київ - 2026

## АНОТАЦІЯ

*Петров П.І.* Розробка теплотехнології отримання харчових порошків та виробництво продуктів швидкого приготування. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика. – Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена інтенсифікації тепломасообміну при сушінні рослинної та тваринної сировини та розробці теплотехнології отримання натуральних продуктів швидкого приготування на їх основі.

Сучасне харчування потребує нових високоякісних продуктів. Розробка енергоефективної теплотехнології виробництва інноваційних натуральних сухих продуктів для гарячого харчування населення є важливим завданням, оскільки від цього залежить здоров'я людей в екстремальних умовах. Ці продукти мають бути збалансовані за своїм складом, містити лише натуральні складники та мати оптимальну енергетичну та поживну цінність. Основною перевагою таких продуктів має бути натуральний склад, тривалий термін зберігання та легкість у приготуванні в екстремальних умовах або у випадку надзвичайних ситуацій.

Одним із методів переробки овочів та фруктів, м'ясної сировини на харчові порошки є консервування методом зневоднення. Оскільки процеси сушіння є одними із найбільш енергозатратних у агропромисловому секторі, гостро стоять проблеми створення та впровадження на виробництві сучасних енергоефективних теплотехнологій, які б забезпечували скорочення витрат енергоносіїв на процес зневоднення та максимальне збереження вітамінів, мікро- та макроелементів, біологічно активних речовин. Підвищення енергоефективності може позитивно вплинути на екологічні та економічні аспекти виробництва.

Зміст дисертаційного дослідження викладено у п'яти розділах, у яких представлені та обґрунтовані основні результати.

У **вступі** обґрунтовується обрана тема дослідження та її актуальність, формуються цілі та завдання дослідження, надаються дані про зв'язок роботи з науковими програмами, пояснюється наукова новизна та практичне значення результатів. Також надається інформація про прийняття результатів дослідження та список публікацій.

У **першому розділі** представлено огляд існуючих технологій, методів та обладнання для розробки продуктів швидкого приготування. З літературних джерел випливає, що більшість сучасних розробок даних продуктів містять у своєму складі різні сторонні домішки, надто високі енерговитратні методи підготовки та сушіння сировини, або продукти мають низьку якість. Тому постає завдання дослідити процеси тепломасообміну при сушінні рослинної та тваринної сировини з подальшою розробкою теплотехнології отримання продуктів швидкого приготування – борщу з м'ясом та горохового супу-щуре з м'ясом.

У **другому розділі** представлено матеріали та методи для проведення експериментальних досліджень, а також опис установок та приладів, що використані для досліджень.

У **третьому розділі** представлено результати експериментальних досліджень попередньої підготовки до зневоднення та кінетики сушіння білково-каротиновмісної рослинної сировини та м'яса курятини; експериментальні дослідження з метою зниження енергозатрат на камерній сушарці з комбінованим нагрівом теплоносія за рахунок зміни напрямку потоку теплоносія; розраховано критерій оптимізації сушіння, який вказує на те, що від зміни напрямку потоку характер процесу сушіння не змінюється, але відбувається більш інтенсивне випаровування вологи з матеріалу; визначені та розраховані енергетичні витрати від зміни напрямку потоку теплоносія, які зменшуються на 4,5%, а к.к.д установки збільшується на 2 %.

**У четвертому розділі** представлено експериментальні дослідження з визначення якісних характеристик досліджуваної сировини після сушіння з метою контролю їх використання та зберігання.

Реальну оцінку терміну придатності можливо отримати лише в результаті досліджень та при дотриманні вимог зберігання. Важливим є дослідження з температурно-вологісних умов, в яких будуть зберігатись харчові функціональні порошки та сухі продукти швидкого приготування на їх основі.

Визначено регідратаційні властивості натуральних продуктів швидкого приготування, які показали, що коефіцієнт набухання становить 5,3 для борщу з м'ясом та 3,9 для горохового супу-пюре з м'ясом. Відновлюваність даних продуктів знаходиться в межах 95 – 99 %. Визначено кислотне число м'яса курятини та виявлено, що при зберіганні протягом року кислотне число збільшилось в 1,6 рази, а для м'яса курятини в продуктах швидкого приготування майже не змінилось. Через два роки зберігання кислотне число є у 2,7 рази вище у порівнянні із свіжим висушеним м'ясом, а із борщу та супу всього в 1,6 рази. Тобто, відбувається часткова стабілізація м'яса курятини за рахунок взаємодії із іншими компонентами в продуктах швидкого приготування.

**У п'ятому розділі** представлені розроблені енергоефективні теплотехнології отримання м'яса курятини, білково-каротиновмісної сировини, горохового супу-пюре з м'ясом та борщу з м'ясом. Досліджено адсорбційні властивості функціональних порошків та продуктів швидкого приготування на їх основі та доведено, що останні мають нижчу рівноважну вологість у порівнянні із порошками.

**У загальних висновках** автором представлені наукові та практичні результати дисертаційного дослідження.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

- на основі результатів комплексу виконаних експериментальних досліджень підготовки сировини до сушіння, встановлено зв'язок тепло- та вологообміну в матеріалі і розроблені режимні параметри обробки рослинної та тваринної сировини, які дозволили зменшити енерговитрати на 15 – 20 % із збереженням якості кінцевої продукції;

- дослідженнями кінетики сушіння встановлено ефективні режими зневоднення м'яса курятини та критично допустиму температуру матеріалу;

- досліджено залежність критерію оптимізації сушіння від вологовмісту матеріалу, що обґрунтовує ефективність розроблених режимів сушіння білкововмісної сировини;

- досліджено регідратаційні властивості сушеного м'яса, отриманого при різних способах його підготовки до зневоднення та режимах сушіння;

- досліджено активність води м'яса курятини при різних режимах сушіння, яка не перевищує гранично допустимі значення;

- *вперше* досліджені сорбційні властивості харчових порошків та продуктів швидкого приготування з них при різних умовах їх зберігання;

- *вперше* встановлено вплив тривалості зберігання на зміну кислотного числа м'яса курятини в моносировині та продуктах швидкого приготування.

#### **Практичне значення одержаних результатів:**

- на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблені енергоефективні теплотехнології виробництва білкововмісних продуктів та м'яса сушеного;

- розроблені теплотехнології виробництва горохового супу-пюре з м'ясом швидкого приготування та борщу з м'ясом швидкого приготування з використанням білково-каротиновмісної сировини та м'яса курятини;

- на енергоефективній камерній дослідно-промисловій сушарці отримано м'ясо сушене та харчові порошки у кількості більше 500 кг, на

основі яких розроблено продукти швидкого приготування та передані більше 10 000 пакетів з цими продуктами до лав Збройних сил України;

- на пріоритети нових способів подані патенти: Заявка на Патент України на Винахід № а202405902 від 12.12.2024 р. «Спосіб одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту»; Заявка на Патент України на Винахід № а202500756 від 20.02.2025р «Спосіб одержання м'ясного продукту швидкого приготування».

**Ключові слова:** сушіння, тепломасообмін, випаровування вологи, вологовміст, енергоефективність, м'ясо курятини, білково-каротиновмісна сировина.

## ANNOTATION

*Petrov P.I.* Development of thermal technology for obtaining food powders and production of instant products. – Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 144 – Thermal Power Engineering. – Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to the intensification of heat and mass transfer during the drying of plant and animal raw materials and the development of heat technology for obtaining natural instant products based on them.

Modern nutrition requires new high-quality products. The development of energy-efficient heat technology for the production of innovative natural dry products for hot meals for the population is an important task, as people's health in extreme conditions depends on it. These products must be balanced in their composition, contain only natural ingredients and have optimal energy and nutritional value. The main advantages of such products should be their natural composition, long shelf life and ease of preparation in extreme conditions or in emergencies.

One of the methods of processing vegetables, fruits and meat raw materials into food powders is preservation by dehydration. Since drying processes are among the most energy-intensive in the agro-industrial sector, there is an urgent need to develop and implement modern energy-efficient heat technologies that would reduce energy consumption in the dehydration process and maximise the preservation of vitamins, micro- and macroelements, and biologically active substances. Improving energy efficiency can have a positive impact on the environmental and economic aspects of production.

The content of the dissertation research is presented in five chapters, which present and substantiate the main results.

**The introduction** justifies the chosen research topic and its relevance, formulates the goals and objectives of the research, provides data on the connection

of the work with scientific programs, explains the scientific novelty and practical significance of the results. Information on the acceptance of the research results and a list of publications are also provided.

**The first chapter** presents an overview of existing technologies, methods and equipment for the development of instant food products. From the literature it follows that most modern developments of these products contain various foreign impurities, too high energy-consuming methods of preparation and drying of raw materials, or the products are of low quality. Therefore, the task is to investigate the processes of heat and mass transfer during the drying of plant and animal raw materials with the subsequent development of heat technology for obtaining instant food products - borscht with meat and pea soup-puree with meat.

**The second chapter** presents materials and methods for conducting experimental research, as well as a description of the installations and devices used for the research.

**The third chapter** presents the results of experimental studies of preliminary preparation for dehydration and the kinetics of drying of protein-carotene-containing plant raw materials and chicken meat; experimental studies aimed at reducing energy consumption in a chamber dryer with combined heating of the coolant by changing the direction of the coolant flow; the drying optimization criterion was calculated, which indicates that changing the direction of the flow does not change the nature of the drying process, but more intensive evaporation of moisture from the material occurs; energy consumption from changing the direction of the coolant flow was determined and calculated, which is reduced by 4.5%, and the efficiency of the installation increases by 2%.

**The fourth chapter** presents experimental studies to determine the qualitative characteristics of the studied raw materials after drying in order to control their use and storage.

A real estimate of the shelf life can only be obtained as a result of research and compliance with storage requirements. It is important to study the temperature

and humidity conditions in which functional food powders and dry instant products based on them will be stored.

The rehydration properties of natural instant products were determined, which showed that the swelling coefficient is 5.3 for borscht with meat and 3.9 for pea soup-puree with meat. The recoverability of these products is within 95 - 99%. The acid number of chicken meat was determined and it was found that during storage for a year the acid number increased by 1.6 times, while for chicken meat in instant products it almost did not change. After two years of storage, the acid number is 2.7 times higher compared to fresh dried meat, and for borscht and soup only 1.6 times. That is, there is a partial stabilization of chicken meat due to interaction with other components in instant products.

**The fifth chapter** presents the developed energy-efficient heat technologies for obtaining chicken meat, protein-carotene-containing raw materials, pea soup-puree with meat and borscht with meat. The adsorption properties of functional powders and instant products based on them were studied and it was proven that the latter have a lower equilibrium humidity compared to powders.

**In the general conclusions** the author presents the scientific and practical results of the dissertation research.

**The scientific novelty of the obtained results is as follows:**

- based on the results of a complex of experimental studies of the preparation of raw materials for drying, the relationship between heat and moisture exchange in the material was established and the operating parameters for processing plant and animal raw materials were developed, which allowed reducing energy consumption by 15-20% while maintaining the quality of the final product;
- drying kinetics studies have established effective modes of dehydration of chicken meat and the critical permissible temperature of the material;
- the dependence of the drying optimization criterion on the moisture content of the material was investigated, which substantiates the effectiveness of the developed drying modes of protein-containing raw materials;

- the rehydration properties of dried meat obtained by various methods of its preparation for dehydration and drying modes were investigated;
- the water activity of chicken meat was investigated under various drying modes, which does not exceed the maximum permissible values;
- *for the first time* the sorption properties of food powders and instant products from them under various storage conditions were investigated;
- *for the first time* the effect of storage duration on the change in the acid number of chicken meat in mono-raw materials and instant products was established.

**Practical significance of the obtained results:**

- based on the results of theoretical and experimental research, energy-efficient heat technologies for the production of protein-containing products and dried meat were developed;
- heat technologies for the production of instant pea puree soup with meat and instant borscht with meat were developed using protein-carotene-containing raw materials and chicken meat;
- dried meat and food powders in the amount of more than 500 kg were obtained on an energy-efficient chamber experimental and industrial dryer, on the basis of which instant products were developed and more than 10,000 packages of these products were transferred to the ranks of the Armed Forces of Ukraine;
- patents were filed on the priorities of new methods: Application for the Patent of Ukraine for Invention No. a202405902 dated 12.12.2024 “Method for obtaining a dried granulated meat product”; Application for the Patent of Ukraine for Invention No. a202500756 dated 02/20/2025 “Method for producing a quick-cooking meat product”.

**Keywords:** drying, heat and mass transfer, moisture evaporation, moisture content, energy efficiency, chicken meat, protein-carotene-containing.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P. (2022). Equilibrium humidity as one of important energy-efficiency indexes in drying of food powder materials of biological nature. *Energy Engineering and Control Systems*. 8 (2). 90 – 97. DOI: <https://doi.org/10.23939/jeecs2022.02.090>. [Фахове видання, Index Copernicus, CrossRef та інші]. (Внесок здобувача: обробка та аналіз експериментальних даних).
2. Sniezhkin Yu., Petrova Zh., Bessarab O., Samoilenko K., Grakov D., Petrov P. (2023). Intensification of drying process of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) using combined methods of dehydration. *Ukrainian Food Journal*. 12 (3). 444-457, DOI: 10.24263/2304-974X-2023-12-3-10. [Фахове видання, SCOPUS, Q3] (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних)
3. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P., Vyshnievskiy V., Petrov A. (2024). Adsorption properties of fast-food products. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2024, 32 (4). 1030-1038 <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i4.302324>. [Фахове видання, категорія А, SCOPUS, Q4]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних)
4. Sniezhkin Yu.F., Petrov P.I. (2024). Research and development of heat technology of prebiotic complex-forming powder production. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 2024, 46 (2), 25-31. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2024.12>. [Фахове видання, Index Copernicus, Google Scholar та інші]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).
5. Снежкін Ю.Ф., Петров П.І. (2024). Вибір раціонального режиму сушіння м'яса курятини при його використанні в продуктах швидкого приготування. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 2024, 46 (4), 51-59.

<https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2024.6>. [Фахове видання, Index Copernicus, Google Scholar та інші]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).

6. Petrova Zh., Paziuk V., Samoilenko K., Vyshnevskiy V., Petrov P., Koval I. (2024). The energy-efficient chamber dryer for drying meat products. *Food Science and Technology*. 2024, 18 (4). <https://doi.org/10.15673/fst.v18i4.3142>. [Фахове видання, категорія A, Web of Science, Q4, SCOPUS, Q4]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації)

7. Petrova Zh., Paziuk V., Samoilenko K., Novikova Yu., Slobodianiuk K., Petrov P. (2025). Drying of protein-carotene-containing raw materials based on carrot and fabaceae. *Journal of Chemistry and Technologies*, 2025, Vol. 33 No. 2, P. 401-417 <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i4.302324>. [Фахове видання, категорія A, SCOPUS, Q4]. (Внесок здобувача: проведений огляд літератури за даною тематикою, підготовка матеріалів до публікації).

8. Петрова Ж.О., Кузнецова І.В., Самойленко К.М., Петров П.І., Маноха Д.О. (2025). Переробка білкововмісної рослинної сировини на сухий продукт. *Продовольчі ресурси*, 13, № 24, с. 33-44 <https://doi.org/10.31073/foodresources2025-24-03>. [Google Scholar, CrossRef та інші]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

9. Petrova Zh., Novikova Yu., Samoilenko K., Petrov P. (2023). Adsorption studies of functional quick cooking products on the example of borsch. Theoretical and practical aspects of modern scientific research: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Seoul, November 24, 2023. Seoul-Vinnytsia: Case Co., Ltd. & European Scientific Platform, 2023. UDC001 (08). ISBN 978-617-8126-69-

8. ISBN 978-89-5764-769-1 (PDF). 84-85. *(Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).*

10. Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Новікова Ю.П., Петров П.І. (2023). Експериментальні дослідження рівноважної вологості колоїдних капілярно-пористих матеріалів на основі столового буряку. *Збірник тез доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання", (3 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. (с. 160-163) – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського». (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних).*

11. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P., Yurchak O. (2025). The Influence of Dehydration Mode on the Duration of the Drying Process of Protein-Containing Raw Materials of Animal Origin. *5th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering. (p. 389-394). Lviv, Ukraine. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних).*

12. Sniezhkin Yu., Petrov P. (2025). Research and development of effective chicken meat dehydration methods. *Збірник тез доповідей XVI міжнародної онлайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» 11 – 12 листопада 2025 року, – К: Інститут технічної теплофізики НАН України. (с. 50). (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних, підготовка матеріалів до друку).*

***Наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:***

13. Петрова Ж.О., Снежкін Ю.Ф., Самойленко К.М., Вишнівський В.М., Петров П.І. (2024). Спосіб одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту (Заявка № а202405902). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний

офіс інтелектуальної власності та інновацій». *(Внесок здобувача: розробка та створення способу одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту, проведення досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних та патентний пошук).*

14. Петрова Ж.О., Снежкін Ю.Ф., Самойленко К.М., Петров П.І. (2025). Спосіб одержання м'ясного продукту швидкого приготування. (Заявка № а202500756). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». *(Внесок здобувача: розробка та створення м'ясного продукту швидкого приготування, проведення досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних та патентний пошук).*

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ ТА ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОРОШКИ .....	25
1.1. Стан технологій виробництва продуктів швидкого приготування в Україні та світі .....	25
1.2. Аналіз відомих досліджень тепломасообміну при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів .....	42
1.3. Сучасне сушильне обладнання для зневоднення колоїдних капілярно-пористих матеріалів .....	48
1.4. Висновки до першого розділу та завдання дослідження .....	57
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКИ ТА УСТАНОВКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	59
2.1. Об'єкти досліджень.....	59
2.2. Методики досліджень.....	67
2.3. Експериментальні установки для проведення досліджень .....	77
2.4. Похибка обробки результатів експерименту .....	84
2.5. Висновки до другого розділу.....	85
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ....	87
3.1. Дослідження тепломасообмінних процесів підготовки матеріалів до сушіння.....	87
3.1.1. Дослідження попередньої підготовки білково-каротиновмісних композицій .....	87
3.1.2. Дослідження гідротермічної обробки м'яса курятини .....	89

3.2. Дослідження кінетики процесу сушіння білково-каротиновмісної сировини на дослідно-промисловій установці .....	90
3.3. Дослідження кінетики процесу сушіння м'яса курятини .....	96
3.3.1. Експериментальні дослідження м'яса курятини на конвективному стенді .....	98
3.3.2. Дослідження кінетики процесу сушіння м'яса курятини на дослідно-промисловій установці .....	105
3.4. Дослідження тепловологообміну при зневодненні м'ясної і рослинної сировини .....	108
3.5. Розрахунок критерію оптимізації процесу зневоднення м'яса курятини .....	118
3.6. Висновки до третього розділу .....	121
<b>РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІЛКОВОВМІСНИХ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ .....</b>	<b>123</b>
4.1. Відновлюваність білкововмісних матеріалів .....	123
4.2. Дослідження активності води у м'ясі курятини.....	129
4.3. Дослідження зміни кислотного числа м'яса курятини .....	135
4.4. Висновки до четвертого розділу.....	138
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ .....</b>	<b>139</b>
5.1. Теплотехнологія виробництва сушеного м'яса курятини .....	139
5.2. Теплотехнологія отримання білково-каротиновмісних порошків .....	141
5.3. Теплотехнологія виробництва борщу з м'ясом швидкого приготування .....	143
5.4. Теплотехнологія виробництва горохового супу-пюре з м'ясом швидкого приготування .....	147

5.5. Дослідження сорбційних властивостей порошкоподібних сухих матеріалів та продуктів швидкого приготування на їх основі	150
5.6. Розробка апаратурно-технологічної лінії отримання м'яса курятини .....	160
5.7. Висновки до п'ятого розділу.....	162
ВИСНОВКИ.....	163
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	165
ДОДАТОК А .....	178
ДОДАТОК Б .....	183

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

$W$  – вологість, %;

$m$  – маса, г;

$\tau$  – тривалість, с;

$\varphi$  – відносна вологість повітря, %;

$p$  – парціальний тиск, мм.рт.ст.;

$p_s$  – тиск насичення водяної пари при тиску 760 мм рт.ст., мм.рт.ст.;

$a_w$  – активність води, %;

$t$  – температура теплоносія, °С;

$v$  – швидкість теплоносія, м/с;

$d$  – діаметр гранул, мм;

$\chi$  – відносний коефіцієнт сушіння;

$K$  – кінетичний коефіцієнт сушіння;

$Rb$  – критерій оптимізації сушіння;

$b$  – температурний коефіцієнт сушіння.

Скорочення:

ККПМ – колоїдні капілярно-пористі матеріали;

ІЧВ – інфрачервоне випромінювання.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** В сучасних умовах ведення бойових дій на території України існує потреба якісного харчування бійців на передовій та населення в екстремальних умовах, де забезпечити нормальне гаряче харчування неможливо. Розроблені страви зручні у використанні, мають тривалий термін зберігання, відповідають сучасним уявленням про здорове та функціональне харчування. З огляду на це, застосування в продуктах швидкого приготування, а саме різних супів та борщу, спеціально підготовленого сушеного м'яса курятини, яка є натуральним продуктом і підвищує його калорійність, є досить актуально.

Сушіння є одним із надважливих методів консервування харчових продуктів, який передбачає зниження вологості продуктів до необхідного рівня, щоб уникнути псування та зберегти їх якість [1, 2]. Це процес, який одночасно передає тепло до матеріалу та видаляє з нього вологу, що призводить до змін у продукті, що висушується. Сушіння м'яса – це видалення вологи з продукту для отримання ідеальних умов для зберігання сушених м'ясних продуктів. Умови сушіння слід ретельно враховувати, оскільки вони впливатимуть на якість м'яса після проходження певних процесів, що можуть змінити якість або стан м'яса.

Температура, період сушіння, відносна вологість та вміст води в матеріалі є ключовими параметрами в умовах сушіння, що впливатимуть на якість сушеного м'яса [2]. Важливим моментом є те, що в результаті неефективних режимів зневоднення втрачається значна кількість поживних речовин, включаючи білки, амінокислоти, вітаміни та ін. Знижується швидкість сушіння та коефіцієнт регідратації при використанні традиційних методів зневоднення. Тому, з метою отримання кращої якості продукту, слід застосовувати новітні технології [3].

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно плану НДР Інституту технічної

теплофізики НАН України у відділі «Тепломасопереносу в теплотехнологіях» за науковою тематикою: 1.7.1.897 «Інтенсифікація тепломасопереносу при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів та розроблення енергоефективного сушильного обладнання» (ДР 0120U103352), у якій автор бере участь як виконавець, приймає участь в проведенні експериментальних досліджень, аналізі та обробці дослідних даних, підготовці публікацій.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є теплофізичне обґрунтування та розробка теплотехнологій отримання харчових порошків та виробництво продуктів швидкого приготування на їх основі.

Для досягнення мети були поставлені та вирішені наступні задачі дослідження:

- на основі проведеного літературного огляду проаналізувати сучасний стан наукових та практичних розробок сухих продуктів швидкого приготування із натуральним складом та довготривалим зберіганням;
- на основі експериментальних досліджень розробити попередню підготовку до сушіння білкововмісної сировини з метою збереження біологічно активних речовин та зменшення енерговитрат на процес;
- дослідити тепломасообмін зневоднення білкововмісних матеріалів з урахуванням властивостей сировини і режимів їх сушіння;
- враховуючи отримані експериментальні дані, розробити енергоефективні режими зневоднення м'яса курятини та білково-каротиновмісної сировини;
- визначити теплофізичні характеристики та фізико-хімічні властивості вихідної та сушеної сировини;
- провести експериментальні дослідження сушіння м'яса курятини в реальних умовах роботи дослідно-промислової сушарки;

- дослідити сорбційні властивості висушеної білково-каротиновмісної сировини та активність води в м'ясі курятини з метою визначення умов та терміну зберігання;

- визначити кислотне число м'яса курятини в процесі зберігання моносировини та в продуктах швидкого приготування;

- розробити ресурсоенергозберігаючі теплотехнології отримання сухих продуктів швидкого приготування з підвищеним вмістом білку.

**Об'єкт досліджень** – тепломасообмінні процеси при розробці енергоефективних теплотехнологій отримання сухих продуктів швидкого приготування.

**Предмет досліджень** - білково-каротиновмісна сировина та м'ясо курятини.

**Методи дослідження.** Експериментальні дослідження проводились із використанням експериментального методу дослідження кінетики конвективного та сушіння інфрачервоним випромінюванням, для оцінки якості сушеного матеріалу використані стандартні методи дослідження визначення біологічно активних речовин, регідратійних властивостей, розрахунки теоретичного дослідження тепломасопереносу здійснювалися засобами програмування.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються:**

Достовірність отриманих наукових положень та висновків сформульованих в дисертації обґрунтовано методами та збігом теоретичних і експериментальних результатів досліджень.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- на основі результатів комплексу виконаних експериментальних досліджень підготовки сировини до сушіння, встановлено зв'язок тепло- та вологообміну в матеріалі і розроблені режимні параметри обробки рослинної

та тваринної сировини, які дозволили зменшити енерговитрати на 15 – 20 % із збереженням якості кінцевої продукції;

- дослідженнями кінетики сушіння встановлено ефективні режими зневоднення м'яса курятини та критично допустиму температуру матеріалу;
- досліджено залежність критерію оптимізації сушіння від вологовмісту матеріалу, що обґрунтовує ефективність розроблених режимів сушіння білкововмісної сировини;
- досліджено регідраційні властивості сушеного м'яса, отриманого при різних способах його підготовки до зневоднення та режимах сушіння;
- досліджено активність води м'яса курятини при різних режимах сушіння, яка не перевищує гранично допустимі значення;
- *вперше* досліджені сорбційні властивості харчових порошоків та продуктів швидкого приготування з них при різних умовах їх зберігання
- *вперше* встановлено вплив тривалості зберігання на зміну кислотного числа м'яса курятини в моносировині та продуктах швидкого приготування.

#### **Практичне значення одержаних результатів:**

- на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблені енергоефективні теплотехнології виробництва білкововмісних продуктів та м'яса сушеного;
- розроблені теплотехнології виробництва горохового супу-пюре з м'ясом швидкого приготування та борщу з м'ясом швидкого приготування з використанням білково-каротиновмісної сировини та м'яса курятини;
- на енергоефективній камерній дослідно-промисловій сушарці отримано м'ясо сушене та харчові порошки у кількості більше 500 кг, на основі яких розроблено продукти швидкого приготування та передані більше 10 000 пакетів з цими продуктами до лав Збройних сил України;

- на пріоритети нових способів подані патенти: Заявка на Патент України на Винахід № а202405902 від 12.12.2024 р. «Спосіб одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту»; Заявка на Патент України на Винахід № а202500756 від 20.02.2025р «Спосіб одержання м'ясного продукту швидкого приготування».

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем виконано аналіз літератури, основний обсяг експериментальних досліджень, обробку та аналіз отриманих даних. Участь у постановці загальної задачі досліджень, трактування та узагальнення експериментальних результатів. Підготовка доповідей та статей.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи обговорювались та отримали схвалення на III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of modern scientific research» (Seoul-Vinnitsia, 2023), XXIV міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського (Київ, 2023), 5th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering (Львів, 2025), XVI міжнародній онлайн-конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» (Київ, 2025).

**Публікації.** Основні положення та наукові результати викладено у 14 публікаціях наукових робіт, у тому числі: 3 статті у наукових спеціалізованих виданнях України, перелік яких затверджено МОН України; 1 стаття у наукових виданнях України, 4 статті у наукових виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus, Web of Science; опубліковано 4 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій, подано 2 заявки на патенти України на винахід.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 186 сторінках, складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної

роботи становить 140 сторінок, включно 67 рисунків, 23 таблиці та 2 додатки.  
Список використаних джерел містить 105 найменувань.

# **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ ТА ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ НА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОРОШКИ**

## **1.1. Стан технологій виробництва продуктів швидкого приготування в Україні та світі**

Проблема забезпечення населення високовітамінними екологічно безпечними продуктами харчування протягом всього року, в тому числі і за рахунок сушеної продукції має велике медичне та соціально-економічне значення. Наш ринок насичений різними видами сушеної продукції, але вона практично вся завезена із-за кордону, дорого коштує та містить додатковий цукор та хімічні інгредієнти. Через дефіцит і подорожчання енергоносіїв промислове виробництво сушеної продукції в Україні майже відсутнє. Відновлення промислової переробки сільськогосподарської сировини дозволить забезпечити ринок вітчизняною сушеною продукцією з високими споживчими властивостями, яка складе гідну конкуренцію закордонним сушеним фруктам, овочам, а також супам та кашам швидкого приготування.

На основі комплексного дослідження тепломасообмінних процесів переробки функціональної рослинної сировини будуть розроблені інноваційні енергоресурсозберігаючі теплотехнології виробництва білкововмісних продуктів. Купажування сировини у поєднанні з тепловою обробкою стабілізує функціональні інгредієнти сировини. Це дає змогу поліпшити структуру раціонів харчування населення України та підвищити ефективність переробки вітчизняної сировини, що є стратегічно важливим для України. Найбільш ефективним напрямом вирішення даної проблеми є переробка рослинної і тваринної сировини та отримання функціональних продуктів. Такий шлях можливий лише за умов розробки нових та вдосконалення існуючих теплотехнологій. Це дозволило нам розробити кінцеву продукцію функціональні продукти швидкого приготування.

Розробка енергоефективних теплотехнологій функціональних порошків та кінцевих продуктів з них дозволить сформувати наукові основи раціонального харчування населення України функціональними оздоровчими продуктами.

З огляду літературних джерел відомо, що напрямок розробок сухих супів швидкого приготування, що відрізняються між собою різним складом, калорійністю, поживністю та дегустаційними властивостями постійно розвивається. Асортимент таких продуктів є все більш різноманітним, зокрема в науковій статті [4] описано розробку сухого супу, основними інгредієнтами якого є виноград Veldt та гібіскус. Перевагою цього продукту, як заявлено авторами, є задоволення потреби в поживних речовинах та корисні властивості винограду Veldt для дієтичного та оздоровчого харчування.

Розроблений крем-суп швидкого приготування з солодкої картоплі на основі сухого незбираного молока [5]. Додавання більшої кількості сухого молока має значний вплив на фізичні, хімічні та органолептичні властивості крем-супу швидкого приготування, а саме регідратація, в'язкість, вихід, вміст води, вміст білку та жиру.

Була розроблена збагачена протеїном суміш рибного супу швидкого приготування, в процесі розробки якого досліджували різний вміст рибного порошку в продукті від 45 до 75 % [6]. Рибний порошок готували наступним чином: м'ясо риби товстолобика без голови та луски, плавників, зябрів промивали 1 % розчином розсолу, далі змішували з 1 % розчином куркуми протягом 10 хв. Потім готували рибу при 100 °С протягом 10 хв з 2 % розчином оцту та 1 % розчином кунжутної олії. Після відділення всіх кісток рибу сушили в духовій шафі при 60 °С в тонкому шарі протягом ночі до повного зневоднення. Далі подрібнювали.

Паралельно готували томатний порошок: для цього помідори нарізали скибочками та варили. Після цього сушили в духовій шафі 4 години при 60 °С. Далі подрібнювали. До рецептури рибного супу також входять різні спеції.

Рибний суп швидкого приготування на основі товстолобика може бути чудовим джерелом поживних речовин та альтернативою деяким тваринним чи рослинним білкам в супах, проте технологія виробництва продукту є дорогою та має бути удосконалена.

Був розроблений суп швидкого приготування, що збагачений хітозаном та виготовлений в процесі сушіння, як корисна харчова добавка для покращення функціональних якостей продуктів швидкого приготування. Вартість, як зазначено в статті, є оптимальною [7].



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд сухого супу швидкого приготування з різним вмістом хітозану та порошку *chui jhal* згідно рецептури в таблиці 1.1.

Порошок хітозану готували з панцирів креветок. Куряче м'ясо без кісток нарізали на кубики та поміщали в сублімаційну сушарку для зневоднення на 24 години. Свіжі сирі гриби та овочі промивали водою. Гриби сушили при 65 °C протягом 6 годин конвективним способом. Цвітну капусту, томати, броколі змішували у співвідношенні 1:2:2 для сушіння та сушили при 60 °C протягом 4 годин. Сухі зразки подрібнювали електроподрібнювачем. Вченими було досліджено чотири суміші супу з різним вмістом порошку хітозану, як представлено в таблиці. 1.1 та показано на рис. 1.1 [7].

Таблиця 1.1. Різні рецептури сухого супу на основі хітозану із панцирів креветок та порошку chui jhal

<b>Інгредієнти</b>	<b>F-1</b>	<b>F-2</b>	<b>F-3</b>	<b>F-4</b>
Кукурудзяний крохмаль	30	25	25	25
Креветка	20	15	10	5
Порошок хітозану	0	5	10	15
Чуй Джаал (chui jhal)	0	5	5	5
Куряче м'ясо	15	15	15	15
Знежирене молоко	12,5	12,5	12,5	12,5
Грибно-овочева суміш	12,5	12,5	12,5	12,5
Суміш спецій	6,5	6,5	6,5	6,5
Рожева сіль	3,5	3,5	3,5	3,5
<i>Всього, %</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Здатність харчових продуктів поглинати воду має вирішальне значення для їх якості та текстури, оскільки цей показник стабілізує продукт при несприятливих наслідках, таких як синерезис, а також важливий для в'язкості, що відіграє важливу роль у збільшенні обсягу та консистенції харчових продуктів. Здатність продукту зв'язуватися з водою (відновлюватись) за умов малої кількості води називається водопоглинальною здатністю [7].

Таблиця 1.2. Якісні характеристики сухих супів швидкого приготування на основі хітозану із панцирів креветок та порошку chui jhal

<b>№ зразка</b>	<b>Водопоглинальна здатність (мл/100 г)</b>	<b>Насипна щільність, (г/мл)</b>	<b>Індекс набухання г/г</b>
<b>F-1</b>	94,74	0,5868	1,13
<b>F-2</b>	106,25	0,5752	1,21
<b>F-3</b>	112,5	0,6216	1,42
<b>F-4</b>	119,74	0,5978	1,20

У таблиці 1.2. представлено якісні характеристики сухих супів швидкого приготування на основі хітозану та порошку chui jhal. Водопоглинальна здатність зразків коливається від 95 до 120 мл/100 г. Найвище значення має зразок F-4 [7].

Насипна щільність визначається масою частинок, що займають одиницю об'єму. На насипну щільність порошку впливає початковий вміст вологи та розмір частинок. Більш дрібний суп має більшу насипну щільність. Ці знання мають бути застосовані у процесах пакування та транспортування [8, 9]. Для зразків (табл. 1.2) з додаванням порошку хітозану коливається від 0,57 до 0,62 г/мл, однак для зразку F-3 із вмістом хітозану 10 % показник є найбільшим [6, 7]. Як видно з таблиці 1.2, коефіцієнт набухання для зразку F-3 є найвищим із представлених та становить 1,42, а для композиції F-1 - найнижчий.

Отже, ці результати досліджень свідчать про те, що сухий порошок на основі хітозану із панцирів креветок та порошку *chui jhal* може бути корисною харчовою добавкою для покращення функціональних властивостей супу швидкого приготування [7]. Однак, технологія розробки цього продукту є енерговитратною за рахунок сублімаційного сушіння курячого м'яса.

Kumar AS. та ін. [10] представляють поживну суміш для швидкого приготування супу, основними інгредієнтами якої є пророщене насіння крес-салату посівного (*Lepidium sativum*) та червоної квасолі, амли [11-13].

Крес-салат належить до родини хрестоцвітих та є джерелом заліза та фолієвої кислоти, а також володіє антиоксидантними, протианемічними, протидіабетичними, протизапальними властивостями [11]. Червона квасоля є джерелом вуглеводів, клітковини та білків, а також містить значну кількість фолієвої кислоти [12].

Технологія виробництва суміші відбувається наступним чином. Насіння крес-салату пророщували, далі висушували та подрібнювали в порошок. Червону квасоллю висушували та подрібнювали до стану порошку. З метою покращення загущування суміші застосовували деякі види загусників – кукурудзяне чи пшеничне борошно або борошно з рагі (Ragi).

У таблиці 1.3 представлено рецептуру суміші для швидкого приготування супу [10] на основі крес-салату та червоної квасолі. Як видно з таблиці, вченими було розроблено різні рецептури, що відрізняються між

собою різними пропорціями основних складових. Представлена рецептура стандартизована, 20 г порошку суміші для супу швидкого приготування на 200 мл води. У першому зразку вміст крес-салату становить найвищу кількість 4,56 г, у другому – найбільший вміст червоної квасолі, для третього – порошку амли, а для четвертого – однакова кількість основних складових відповідно.

Таблиця 1.3. Рецептура суміші для швидкого приготування супу на основі крес-салату та червоної квасолі [10]

Інгредієнти	Рецептура			
	зразок 1	зразок 2	зразок 3	зразок 4
Порошок з пророщеного насіння крес-салату, г	4,56	1,99	1,99	2,85
Порошок червоної квасолі, г	1,99	4,56	1,99	2,85
Порошок амли, г	1,99	1,99	4,56	2,85
Загусник (борошно з рагі), г	7,41	7,41	7,41	7,41
Порошок імбирний, г	0,57	0,57	0,57	0,57
Порошок перцевий, г	0,28	0,28	0,28	0,28
Подрібнений червоний перець Чилі, г	0,28	0,28	0,28	0,28
Порошок часниковий, г	0,57	0,57	0,57	0,57
Порошок кориці, г	0,28	0,28	0,28	0,28
Порошок гвоздики, г	0,28	0,28	0,28	0,28
Порошок цибулевий, г	1,79	1,79	1,79	1,79
<b>Всього, г</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

Таблиця 1.4. Приблизний хімічний склад суміші для швидкого приготування супу на основі крес-салату та червоної квасолі [10]

Параметр	Показник	Відсоток від рекомендованої добі норми RDA, %
Вуглеводи, г/100 г	55,77	43
Білки, г/100 г	28,81	63
Жири, г/100 г	3	-
Клітковина, г/100 г	7	-
Вологість, г/100 г	8,83	-
Енергетична цінність, ккал	365,32	37

Аналізуючи хімічний склад представлених сумішей для швидкого приготування супу на основі крес-салату та червоної квасолі (табл. 1.4), можна

зазначити, що енергетична цінність продукту становить 365,32 ккал, а вміст білка – 28,81 г/100 г при вологості 8,83 г/100 г.

В таблиці 1.5. представлено фізико-хімічні властивості сумішей для швидкого приготування супу на основі крес-салату та червоної квасолі. Як видно, що найвища водопоглинальна здатність у зразку 2, а найнижча – у зразку 3. Коефіцієнт набухання найбільший показник для зразків 2 та 3.

Таблиця 1.5. Фізико-хімічні властивості сумішей для швидкого приготування супу на основі крес-салату та червоної квасолі [10]

Аналізований параметр	зразок 1		зразок 2		зразок 3		зразок 4	
	мл/г	%	мл/г	%	мл/г	%	мл/г	%
Водопоглинальна здатність	1,8	18	2,6	26	1,6	16	2	20
Коефіцієнт (індекс) набухання	0,1	10	0,6	60	0,6	60	0,2	20
Розчинні тверді речовини	0,014	0,7	0,005	0,25	0,004	0,2	0,022	1,1

Отже, даний продукт має достатню енергетичну цінність, проте показник водопоглинальна здатності та коефіцієнту набухання мають невисокі значення, тому технологія потребує удосконалення.

Наукова робота над створенням оптимальної рецептури супів швидкого приготування базується на фізико-хімічних та реологічних властивостях під час та після приготування. Тому важливо зрозуміти взаємодію інгредієнтів як у сухому так і у відновленому вигляді [14].

Взаємодія між собою складових компонентів суміші відіграє важливу роль у забезпеченні структури та консистенції готового продукту. Наприклад, кількість крохмалю, що використовується в супі, головним чином відповідає за сенсорні відчуття в роті, змінюючи в'язкість під час відновлення та подальшої термічної обробки під час його приготування. В даному випадку, авторами Yadav Y.S. та ін. [14] заявлено, що оптимальною рецептурою

основних інгредієнтів є рисове борошно 5,537 г, порошок листя морінги 0,890 г, суміш олії 0,526 г, що призводить до того, що суміш для супу має енергетичну цінність 390,55 ккал/100 г зі значною кількістю білка 7,79 % та жиру 9,11 % з прийнятною якістю продукту.

Суміш для супу готували наступним чином: рис сорту басматі був подрібнений до шліфованого рису зі ступенем помелу 6 %. Рис застосовувався з метою повної заміни кукурудзяного крохмалю. Листя морінги олійної було зневоднено, подрібнено на порошок, розділено на фракції та була застосована дрібна фракція. Застосовували суміш олій – соняшникова, рисових висівок, пальмової, лляної до бажаного співвідношення жирних кислот 1:1:1. Інші інгредієнти також застосовувались, такі як швидкорозчинний зневоднений горошок та нарізана кубиками морква та ін.



Рис. 1.2. Зовнішній вигляд сухої суміші для супу та відновлений суп швидкого приготування на основі рису [14]

На рис. 1.2. показано зовнішній вигляд суміші та відновленого супу швидкого приготування на основі рису. 12 г сухої суміші згідно рецептури розчиняли у невеликій кількості дистильованої води 88 мл. Далі суспензію варили у пароварці (100 °C) близько 5 хв при постійному помішуванні [14].

Anju K. Dhiman та ін. [15] досліджували сухий суп швидкого приготування на основі гарбуза. В процесі розробки технології стиглі плоди гарбуза промивали та розрізали навпіл. Після видалення насіння, м'які частини гарбуза нарізали скибочками, які далі очищали від шкірки, натирали на терці та бланшували парою протягом 4 хв, а потім занурювали у розчин метабісульфіту калію  $K_2H_2O_5$  з концентрацією 500 ppm протягом 15 хв. Потім скибочки гарбуза сушили в механічному дегідраторі при температурі 60 °C

протягом 8-10 годин. Висушені скибочки подрібнювали за допомогою м'ясорубки, а потім просіювали через сито для отримання гранульованого порошку. Інші овочі, такі як морква, горох, томати, шпинат, цибуля, імбир, часник сушили згідно з методом, описаним Lal та ін [15, 16]. Рисове та кукурудзяне борошно застосовували як джерело крохмалю.

Dhiman A.K. та ін [15] розробили та досліджували суміш для швидкого приготування супу з дегідратованого гарбузового порошку. Аналогічно, як і в попередніх дослідженнях було визначено хімічний склад, вміст вологи, біологічно-активні речовини, а також визначали термін придатності протягом 6 місяців. Досліджували якісні характеристики продукту в залежності від різних джерел крохмалю. Визначено, що кукурудзяний крохмаль більш позитивно впливає на сенсорні властивості та суміш має вищий вміст бета-каротину та білку. Dhiman A.K. та ін [15] виявлено, протягом шести місяців зберігання волога збільшилась на 5,49 %, зменшення білку та бета-каротину на 3,16 % та 5,27 % відповідно. Проте, продукт був стабільним при зберіганні в алюмінієвих ламінованих пакетах протягом періоду досліджень за кімнатних умов. У таблиці 1.6. представлено рецептури для приготування супу на основі гарбуза [15]. Найбільш оптимальним співвідношенням складових суміші визначено зразок 3.

Таблиця 1.6. Рецепт у різних співвідношеннях компонентів для приготування супу на основі гарбуза

Інгредієнти, г	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Порошок гарбуза	20	20	20	20
Порошок moong dhal	5	5	5	5
Порошок томату	12	13	15	16
Порошок імбирний	6	7	8	8,5
Порошок часниковий	0,7	0,8	0,85	0,9
Порошок цибулевий	0,7	0,8	0,85	0,9
Порошок чорного перцю	0,7	0,8	0,85	0,9
Сушений горох	0,75	0,85	0,85	0,9
Сушений шпинат	2	2	2	2
Сушена морква	2	2	2	2

Rasitha K and Shweta Sharma [17] представляють суміш для швидкого приготування супу для хворих на діабет, яка містить інгредієнти з низьким глікемічним індексом. Розробка цього продукту має на меті забезпечити людей з діабетом швидким та збалансованим харчуванням в екстремальних умовах.

Одним із технологічних етапів даної розробки є підготовка до сушіння та зневоднення. В роботі вказано - овочі, що входять до складу продукту, мили та бланшували протягом певного періоду часу при 100 °С, зокрема моркву 4 - 6 хв, цвітну капусту 3 - 5 хв, шпинат 2 - 3 хв. Далі сушили в лотковій сушарці при 60 °С: моркву 10 - 12 год, шпинат 5 - 6 год, цвітна капуста 6 - 8 год, томати 12 - 16 год, цибуля 6 - 8 год. Змішували у відповідних пропорціях [17]. Для приготування страви необхідно 25 г суміші та 250 мл води.

В результаті проведених сенсорних та стандартних методик визначення якості продукту, вченими виявлено, що розроблена суміш для супу швидкого приготування є придатною для людей, хворих на діабет, які можуть потребувати продукти харчування в екстремальних умовах [17].

У науковій праці [18] описано дослідження потенціалу борошна з нуту з різною мікроструктурою як альтернативних загусників у швидкорозчинних супах з метою заміни картопляного крохмалю. При цьому борошно нуту, як заявлено, позитивно впливає на продукт, покращуючи властивості сипучості порошку та харчової цінності продукту, хоча відбулись деякі зміни для летких речовин. Дана розробка потребує подальшого дослідження сенсорних властивостей, таких як смак, аромат, текстура та відчуття у роті, щоб мати змогу покращити харчову цінність у більшій мірі [18].

Згідно з Крејсова та ін [19], сухі супи швидкого приготування особливо є корисними для задоволення соціальних потреб людей похилого віку, оскільки можливість останніх вживати легку та багату на поживні речовини їжі є альтернативним методом із вирішення проблем недоїдання та ковтання при певних хворобах.

Всесвітня організація охорони здоров'я зазначає, що у 2019 році у світі налічувався 1 млрд людей віком 60 років та старше, а до 2030 р. їхня кількість зросте до 1,4 млрд. Наприклад, у Тайланді починає формуватися старіюче суспільство (19 % населення старше 60 років), яке потребує спеціального оздоровчого харчування, що сприятиме підтримці здоров'я людей похилого віку [20].

Достатня обізнаність про харчування людей похилого віку є надзвичайно важливою, включаючи кілька факторів, а саме недостатнє споживання їжі цією верствою населення та зміна метаболічних процесів, що сприяє фізичним змінам і може призвести до не засвоюваності необхідних поживних речовин. Також виникають труднощі з ефективним жуванням їжі.

Одним із способів уникнути недоїдання та вирішити проблему ковтання та пережовування внаслідок втрати зубів у людей похилого віку – це забезпечення їх збагаченими поживними продуктами швидкого приготування, які легко готувати та споживати; перевагою цих продуктів є стабільність смаку протягом тривалого періоду часу при кімнатній температурі та захист від ферментативного та окислювального псування [21].

Правильне харчування може допомогти знизити ризик розвитку хронічних захворювань, таких як діабет, високий тиск, серцево-судинні захворювання. Недостатнє споживання вітаміну B<sub>12</sub> та фолатів може сприяти їх дефіциту в похилому віці. Засвоюваність вітаміну B<sub>12</sub> знижується з віком людини через зниження вироблення травних ферментів підшлункової залози та шлунку. Людям похилого віку необхідно вживати здорову їжу, щоб залишатися фізично активними та здоровими протягом дня. Зростаюча кількість людей похилого віку зацікавлена у профілактичних та оздоровчих заходах щодо розробки сухих продуктів швидкого приготування. Тому розробка продуктів швидкого приготування може допомогти раціоналізувати харчування людей похилого віку [20].

Vittayaporn V. та ін [20] представлено суп швидкого приготування на основі курятини, кокосу та галангалу (тайський калган). При розробці даної технології було застосовано сублімаційне та барабанне сушіння. До рецептури даного продукту входять переважно овочі та трави з високою харчовою цінністю, а також королівські гливи, енокі, солом'яні гриби, листя кафського лайма та галангал. Зазначено, що сублімаційне сушіння інгредієнтів дає змогу краще зберегти сенсорні властивості, ніж метод барабанного сушіння.

Тайський суп швидкого приготування на основі курятини, кокосу та галангалу має приємну структуру, що полегшує його споживання.

В Національному університеті харчових технологій в м. Київ вченими Г.О. Сімахіна та ін., було розроблено суп швидкого приготування на основі культивованих грибів, сочевичних пластівців і лляного шроту [22].

Таблиця 1.7. Рецептури модельних зразків супу «Шампінє» порівняно з контрольним зразком [22].

Перелік компонентів	Масова частка компонентів у рецептурах, %				
	Контроль (Street Soup)	I	II	III	IV
Пластівці сочевиці	-	75,0	50,0	45,0	62,25
Шрот льону	-	5,0	20,0	10,0	12,75
Грибний напівфабрикат	5,0	10,0	20,0	35,0	15,0
Крупа горохова	85,0	—	—	—	—
Цибуля ріпчаста сушена	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Часник сушений	4,0	—	—	—	—
Петрушка сушена	-	4,0	4,0	4,0	4,0
Сіль кухонна	2,0	—	—	—	—
Сіль гімалайська	—	2,0	2,0	2,0	2,0

У науковій праці [22] показано рецептури модельних зразків супу «Шампінє» порівняно з контрольним, як представлено в таблиці 1.7. Як заявлено вченими, оптимальною за органолептичними показниками виявилась рецептура IV з масовою часткою пластівців сочевиці, лляного шроту та грибного порошку у співвідношенні, відповідно, 72,25:12,75:15,0%.

При розробці даної технології отримання супів швидкого приготування одним із етапів було висушити гриби печериці. При цьому застосовували такі режимні параметри: температура 45 °С, тривалість процесу сушіння становила 340 хв до залишкової вологості 10 – 11 % [22].

Також у науковій праці [22] представлено залежність фізико-хімічних показників модельних зразків супу розроблених рецептур від масових часток інгредієнтів, як показано в таблиці 1.8. З даних таблиці видно, що всі зразки неістотно відрізняються між собою та мають досить високу концентрацію білків (від 23,2% до 27,6%), та високу енергетичну цінність продукту.

Таблиця 1.8. Залежність фізико-хімічних показників модельних зразків супу розроблених рецептур від масових часток інгредієнтів [22]

Показники	Контрольний зразок (Street Soup)	Варіант рецептури			
		I	II	III	IV
Вміст СР, %	30,8	14,6	29,2	24,8	20,2
Вміст білка, %	14,2	23,2	24,9	27,6	25,8
Вміст вуглеводів, %	2,7	3,3	3,6	3,4	3,9
Вміст клітковини, %	0,8	1,9	2,2	2,2	2,4
Вміст золи, %	1,6	2,7	3,0	2,9	3,1
Енергетична цінність, кДж	805,4	778,4	724,7	695,5	688,5

Дане дослідження показує, що порошкоподібний напівфабрикат печериць низькотемпературного сушіння, пластівці сочевиці та шрот насіння льону, виявили більш значущу біологічну цінність, ніж кожна культура окремо; у фракційному складі білків цієї композиції переважають легкозасвоювані водо- та солерозчинні фракції. З порцією супу швидкого приготування організм отримує 20 – 25 г повноцінного білка. Складові композиції у водному середовищі створюють необхідну консистенцію страви, її органолептичні показники [22].

Загалом як у світі, так і в Україні швидко розвивається харчова галузь у сфері сухих супів швидкого приготування. Основними виробниками є Knorr, Lipton, Batchelors, Heinz, Mivina, Vegeta, Street soup.



Рис. 1.3. Зовнішній вигляд супу швидкого приготування «Гороховий крем-суп Street Soup» 50 г [23]

На рис. 1.3. представлено суп швидкого приготування на прикладі української фірми-виробника Street soup [23]. Як заявлено виробником [23], склад даного продукту є - пюре горохове сухе (94,2%), сіль морська, цибуля сушена мелена, часник сушений, порошок куркуми, кріп сушений, петрушка сушена.

Заснована 1862 року в Одесі, компанія «Єнні Фудз» сьогодні є найстарішим FMCG-виробником в Україні [24]. Був розроблений суп гороховий традиційний ТМ “Тьотя Соня” 60 г за класичним рецептом з варено-сушеного гороху (рис. 1.4). Спосіб приготування цього продукту: вміст пакету висипати в 0,7 літра холодної води. Помішуючи, довести до кипіння. Варити на помірному вогні 15 хв.

Історія Knorr походить від 1838 року, коли Карл Генріх Кнорр відкрив першу кухню Knorr у Хайльбронні, Німеччина. Справжній підприємець, Карл незабаром почав експериментувати з методами сушіння овочів та спецій, щоб зберегти як їхню поживну цінність, так і смак. Ця кулінарна цікавість призвела до створення перших сушених супів Knorr, які дебютували в Європі у 1870-х роках.



Рис. 1.4. Суп гороховий традиційний ТМ “Тьотя Соня”, виробник «Єнні Фудз»



Рис. 1.5. Суп швидкого приготування виробника Knorr

Фірмовий продукт Knorr, доступний у формі кубиків, желе або порошку, залишається бестселером бренду. Він відомий і прославлений за смак, який він надає місцевим стравам у всьому світі. Сьогодні Knorr доступний у більш, ніж 90 країнах і відрізняється своєю здатністю враховувати смакові тенденції та пропонувати місцеві уподобання для популярних страв [25].

На рис. 1.5. зображено суп швидкого приготування Knorr. Виробником зазначено, для того щоб приготувати, необхідно висипати вміст пакетика в чашку. Потім додати 150 мл гарячої води. Добре перемішати, дати настоятися.

На рис. 1.6., 1.7, зображено суп гороховий з овочами миттєвого приготування ТМ «Злаково» від українського виробника [26]. Спосіб приготування: достатньо залити окропом в кількості 650 мл (3 порції), перемішати, накрити щільно кришкою і дати настоятися 5-7 хв.

Як заявлено виробником, основа супу — горохові пластівці, що виготовляються за новітньою технологією обробки зерна Vita Com, яка

дозволяє зберегти всі корисні речовини. Натуральний продукт багатий на рослинну клітковину, живі вітаміни В1, В3, В6, РР, необхідні організму мікроелементи: залізо, магній, кальцій, цинк. Містить сушену зелень, цибулю, моркву. Технологія виробництва даного продукту – плющення.



Рис. 1.6. Суп гороховий з овочами миттєвого приготування ТМ «Злаково»



Рис. 1.7. Основа супу — горохові пластівці, що виготовляються за новітньою технологією обробки зерна Vita Com

Склад: пластівці горохові 72,5 %, сіль кухонна «Екстра», жир кондитерський (олія пальмова та її фракції рафіновані дезодоровані, емульгатор Е 471, антиоксидант Е 306), цибуля сушена, морква сушена, цукор білий, зелень сушена, глутамат натрію.

На рис. 1.8. зображено суп курячий з локшиною, ТМ Харчі зі складом: локшина пропарена та сушена (54%), картопляні пластівці, сушені: курка варена (7 %), цибуля, морква, кріп, зелена цибуля; сіль [27].

В Інституті технічної теплофізики НАН України було розроблено концентрат супу швидкого приготування функціонального призначення на основі екструдату рисової крупи, сушеного гранульованого м'яса, функціональних порошоків, натуральних приправ, який не потребує варіння,

має тривалий термін зберігання, не містить синтетичних добавок та має високий вміст біологічно активних речовин при такому співвідношенні компонентів, мас. % [28].

Концентрат супу не містить додаткових згущувачів і складається тільки з натуральних компонентів. Завдяки вмісту каротиноїдів моркви та перцю продукт має антиоксидантні властивості, а харчові волокна овочів, що містяться в супі надають йому, крім того, пребіотичних властивостей. Висока калорійність, гарний смак та аромат, колір, властивий нативній сировині, збереження до 97 % вітамінів та інших поживних речовин є перевагами для цього продукту у порівнянні з існуючими [28].

Отже, розробка продуктів швидкого приготування має важливе значення для населення як України, так і світу, оскільки людство потребує якісного харчування, яке повинно бути натуральним, поживним, смачним та не займати багато часу на приготування.



Рис. 1.8. Суп курячий з локшиною, ТМ Харчі

Як видно з огляду літератури, розробка сухих супів швидкого приготування з різним складом та харчовою цінністю постійно розвивається. Проте, зазначені технології потребують подальших досліджень з метою

покращення якісних сенсорних та фізико-хімічних властивостей продукту та зниження витрат енергії на їх виготовлення.

Літературний огляд матеріалів по розробці оздоровчого харчування показує, що це питання є важливе та потребує розвитку. В промислових масштабах ще недостатньо виробництва функціональних продуктів швидкого приготування. Проблеми існують на етапі підготовки матеріалу до сушіння, енергоефективного сушіння та поєднання компонентів у продукті. Тому важливо у даній роботі дослідити ці проблеми.

## **1.2. Аналіз відомих досліджень тепломасообміну при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів**

Біологічна та харчова цінність сухих продуктів швидкого приготування залежить як від рецептурних складових, так і від технології отримання продукту, а саме підготовки сировини до зневоднення, підбір ефективних режимів і способів сушіння, подрібнення, фасування та зберігання.

Останнім часом вчені спрямовують свої зусилля на розробку сухих продуктів швидкого приготування з підвищеним вмістом тваринних чи рослинних білків з метою отримання більш поживної страви [29, 30, 31].

Сушіння м'яса застосовувалося давно для якісного та тривалого збереження цього продукту. Його використовували у Стародавньому Єгипті, Іспанії, Мексиці. А в античній літературі у Платона, Евріпіда і Гомера зберігся опис бенкетів, в яких йшлося про велику різноманітність м'ясних продуктів. На столах давньогрецьких, давньоримських правителів і вельмож у величезній кількості були присутні солоне, сушене, копчене, в'ялене м'ясо свійських і диких тварин.

Сушіння м'яса застосовували індіанці Південної Америки та кочові племена північноамериканських жителів. Такий спосіб оцінили іспанські конкістадори, які, подорожуючи під палючим сонцем, просто розкладали шматочки м'яса на дахи своїх возів, де вони висушувалися. І в наші часи кількість любителів сушеного м'яса не зменшується, і воно досі залишається

популярним. Тому в сучасних магазинах представлений величезний асортимент такого делікатесу.

Даних по зневодненню вареного м'яса мало, а воно сьогодні починає широко використовуватись в продуктах швидкого приготування (супів, каш та ін.).

М'ясо є незамінним джерелом білка, з якого будується м'язова тканина людини [32]. Воно особливо необхідне для людей, які займаються важкою фізичною працею, а також для військовослужбовців, спортсменів, мандрівників та туристів. У висушеному м'ясі зберігаються протеїни, мікроелементи, амінокислоти в більш концентрованому вигляді, у ньому є цинк, залізо, вітаміни групи В, які корисні для здоров'я людини.

Сушене м'ясо – при вживанні поступово розбухає у шлунку, повільно насичуючи організм корисними харчовими компонентами, даруючи почуття ситості і приплив сил. Це простий і швидкий перекус, який допомагає швидко відновити сили. Що дуже важливо для людей, які отримують посилені фізичні навантаження.

До національних сухих м'ясних продуктів, що виробляються за традиційними або інноваційними технологіями у країнах Америки, Європи, Азії та Африки, належать джерки, чарки, білтонг, пеммікан, пастирма, ніккі, юкола та інші. Сучасний асортимент сухих м'ясних продуктів включає м'ясні пластівці, чіпси, палички та інші [33, 34, 35, 36, 37, 38, 39].

В Україні функціонують декілька підприємств із виробництва сушеного м'яса. Проте обсяг їх виробництва та асортимент продукції обмежені. На сьогодні відомі способи сушіння м'яса в камерних, каналних, шафових сушарках, а також на відкритому повітрі. Враховуючи тривалість даних способів сушіння сировину перед сушінням спеціально обробляють [32].

Основними недоліками конвективного методу сушіння м'яса в камерних, каналних, шафових сушарках є втрати в сухому продукті

розчинних білків та значна тривалість процесу. Тому ці способи сушіння застосовуються обмежено на дрібних підприємствах.

Відоме промислове використання мікрохвильової НВЧ-енергії для сушіння різних харчових продуктів, у тому числі й м'яса. Характер сушіння дозволяє різко інтенсифікувати процеси тепло- і масообміну та зменшити тривалість сушіння. За останні роки запропоновані різні варіанти сушильних установок із використанням НВЧ-енергії, в тому числі в різних комбінаціях з іншими методами: конвекцією, інфрачервоним випромінюванням, ультрафільтрацією і ін.

Сублімаційне сушіння є найбільш поширеним способом зневоднення. Воно полягає в тому, що в умовах вакууму із замороженого продукту сублімують лід, який перетворюється на пару, минаючи рідку фазу. При такому висушуванні забезпечуються мінімальні зміни фізико-хімічних і біологічних властивостей продукту не тільки в процесі сушіння, але й при тривалому зберіганні [41, 42]. Проте, сублімаційне сушіння є досить складне і вартісне, тому не набуло широкого використання.

Специфічні властивості окремих м'ясних продуктів зумовлюють різні вимоги до процесу сушіння, а, отже, і до режиму його проведення. Під час організації сушіння необхідно врахувати технологічні властивості продуктів, як об'єктів сушіння. Значення цих властивостей і закономірностей зміни їх під час сушіння залежно від параметрів процесу дає можливість вибору найбільш раціонального способу і режимів сушіння. Раціональні параметри сушіння забезпечують мінімальні витрати енергії при максимальному збереженні високої якості продуктів.

Інтенсифікація багатьох способів сушіння відбувається, головним чином, за рахунок підвищення температури сушильного агента. Проте для деяких продуктів застосування високих температур взагалі неприпустимо з технологічних міркувань (сушіння м'яса, овочів, фруктів тощо) [40].

Для удосконалення технології виробництва сушеного м'яса, надання йому певних функціонально-технологічних властивостей виникає необхідність застосування нових способів сушіння м'ясної сировини.

У Харківському державному університеті харчування та торгівлі використовували сушіння зі змішаним теплопідведенням. На відміну від інших розповсюджених способів є створення особливих умов взаємодії зневоджуваного матеріалу з сушильним агентом – повітрям, зниженням енерговитрат та тривалості процесу, високій якості отриманого продукту за харчовою цінністю, яка не поступається сублімованим продуктам [42]. Метод зі змішаним теплопідведенням є непоширеним через відсутність таких сушарок.

Якщо в процесі сушіння відбувається негативний термічний вплив на продукт, то знижується швидкість сушіння та коефіцієнт дегідратації, що в подальшому призводить до втрати смаку, кольору та поживних речовин, вітамінів, амінокислот і т.д. Втрата води продуктом та вплив теплоти можуть призвести до утворення пор та усадки, що теж впливає на текстуру та смак м'яса [43].

У дослідженні [2, 44] досліджували сушіння фаршу м'ясного вакуумним, ультразвуковим вакуумним та сублімаційним сушінням. Вакуумне сушіння дозволяє уникнути зміну кольору, втрату смаку та деяких поживних компонентів. Однак не повністю дозволяє зберегти біологічно активні речовини продукту [2, 44]. Сублімаційне сушіння є одним із оптимальних методів сушіння, чутливої до нагрівання та окислення. При цьому вода в продуктах заморожується при низькій температурі та сублімується з твердого стану в газоподібний.

Вміст вологи та активність води в меленому сушеному м'ясі знижувалися зі збільшенням періоду сушіння та підвищенням температури. Контроль вмісту вологи та активності води в сушеному м'ясі є важливим для запобігання створенню сприятливого середовища для росту мікробів у м'ясі.

Тому слід уникати тривалого перебування в середовищі з високою вологістю, щоб обмежити забруднення мікроорганізмами [2].

Таким чином, сублімовані продукти зберігають свою якість та не відбувається повна денатурація білків чи втрата вітамінів в процесі зневоднення. Заявлено, що такий продукт має низький вміст вологи, пористу структуру та може бути швидко відновлений [2, 45]. Але при цьому на процес витрачається в 7-8 разів більше енергоносіїв у порівнянні з конвективним способом, що призводить до підвищення ціни.

Для сублімаційного сушіння була побудована та розв'язана модифікована математична модель для кількісного опису динамічної поведінки первинної та вторинної стадій сушіння сублімаційного сушіння м'яса індички на лотках [46].

В роботі [47] представлено вплив різних ультразвукових обробок з різною потужністю (300, 500, 800 Вт) та тривалістю (10 та 30 хв) на фізико-хімічні характеристики, текстуру, амінокислотний склад та посилення смаку з акцентом на покращення смакових якостей та аромату. Ультразвукова обробка, розриваючи м'язові волокна, дозволяє покращити проникність мембран, тим самим пришвидшити процес вивільнення вологи при сушінні. Тому ультразвукова обробка може застосовуватись на стадії підготовки сировини до сушіння.

Способи сушіння м'яса все більше удосконалюються та збільшується асортимент сушених м'ясних продуктів. Наприклад, «Pastirma» в Туреччині, «jerky» в Північній Америці, «carne-de-sol» в Бразилії, «biltong» в Південній Африці, «kaddid» в Північній Африці і «сесіна» в Іспанії – це лише деякі з багатьох видів сушених м'ясних продуктів з усього світу [44, 48].

Сухі закусочні продукти типу «Джерки», «Чіпси», «Білтонг» тощо набули популярності серед українців завдяки високій біологічній цінності, гарантованій мікробній стабільності, тривалості при зберіганні за температури навколишнього середовища та зручності у використанні.

Літературний аналіз режимів конвективного сушіння м'ясних неферментованих продуктів малих розмірів дозволив встановити мінімальну температуру процесу 49 °С. Автори вказали, що ця температура є стандартним значенням масової частки вологи, яка досягає максимуму після 20 годин обробки. При температурі сушіння понад 77 °С тривалість обробки скорочується до мінімум 8 годин [49, 50, 51].

Сушіння м'яса перегрітою парою та конвективне сушіння (температура сушильного середовища 130, 160 або 180 °С; швидкість потоку сушильного середовища 35, 45 або 55 кг/год, товщина зразка 3 мм, 6 мм, 9 мм або фарш). Зменшення товщини зразка або збільшення переданого тепла шляхом підвищення температури або швидкості сушильного середовища призводить до прискорення процесу сушіння. Однак температури вище 160 °С викликають зміни всередині та на його поверхні та перешкоджають випаровуванню зв'язаної вологи на поверхні м'яса. Цей так званий ефект затвердіння поверхні гірший для сушіння на повітрі, ніж для сушіння перегрітою парою, і призводить до ще тривалішого часу сушіння та вищого кінцевого вмісту вологи. Сушіння перегрітою парою знижує активність води швидше, ніж сушіння на повітрі на початку процесу сушіння, але ті ж значення досягаються в кінці циклу сушіння. Крім того, дослідження доводить, що відсутність кисню під час сушіння перегрітою парою призводить до запобігання або мінімізації реакцій окислення ліпідів, що призводить до низьких перекисних чисел. Небажані зміни якості, такі як сторонні присмаки та запахи, майже не розвиваються під час сушіння перегрітою парою навіть за високих температур і тривалого часу сушіння [52].

Наступний сучасний метод сушіння м'ясних продуктів, який має експериментальний характер – вакуумно-інфрачервоне. Нерівномірне випаровування вологи призводить до надмірного ущільнення верхнього шару, що додає твердості та одночасно крихкості консистенції, при застосуванні механічної сили структура зразка руйнується з утворенням стружки.

Сушіння сировини при температурі повітря 80 °С призводить до швидшого нагрівання сировини в 1,5 рази, ніж при 60 °С, і процес триває до кінцевої вологості 10,85 %. Завдяки сушінню при температурі повітря 80 °С отримують такі характеристики сушеного м'яса: крихке, ламке, надмірно сухе, важко змочується.

В результаті експериментальних досліджень автори запропонували режим вакуумно-інфрачервоного сушіння м'яса птиці з температурою 60 °С, тривалістю обробки - не менше 60 хв. Перевага вакуумно-інфрачервоного сушіння над конвективним сушінням - скорочення тривалості сушіння в 3,3 - 3,5 рази.

У дослідженні [53] миттєве контрольоване падіння тиску (DIC) було використано як новий метод попередньої текстуруючої обробки свіжого м'яса грудки курятини перед сушінням гарячим повітрям, щоб змінити текстуру м'яса. Мікроструктурі зміни скоротили час сушіння та збільшили кінетику регідратації та водоутримуючу здатність.

У статті [54] досліджується вплив умов розпилювального сушіння на фізико-хімічні властивості порошку гідролізату курячого м'яса.

У дослідженні [55] вивчався вплив конвективного сушіння повітрям на якість сирого та вареного курячого філе при температурі 60, 70 та 80°C. Сирі зразки були нарізані на розміри 20 мм × 20 мм × 7 мм, а варені зразки були попередньо проварені в гарячій воді та нарізані на аналогічні розміри. Було помічено, що варені зразки мали нижчий початковий вміст вологи та сушилися швидше, ніж сирі зразки. Здатність до регідратації була нижчою у варених зразках, що може бути пов'язано з жорсткою структурою, що утворилася в результаті процесу попереднього приготування. Це ще більше зменшило поглинання води зразком.

Хоча запропоновані методи сушіння інтенсифікують процес, вакуумно-сублімаційний метод є витратним методом, який вимагає додаткового конвективного сушіння в кінці процесу, вакуумно-інфрачервоний метод за

рекомендованої температури сушіння 60 °С висушує матеріал лише до 22,5 %, що також вимагає додаткового конвективного сушіння для зниження вологості.

Тобто, при всіх вищезазначених методах оптимально використовувати конвективне сушіння. Конвективний метод сушіння також можна інтенсифікувати, проводячи попередню термічну обробку м'яса перед сушінням (двостадійну обробку), але, на жаль, дослідження не вказують на те, наскільки прискорюється процес. Конвективний метод сушіння продуктів харчування, овочів та фруктів широко поширений і використовується в сушарках різних типів, таких як: камерні, тунельні, конвеєрні, вібраційні тощо [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63]. Питома витрата тепла в існуючих камерних та тунельних сушарках становить 3000 - 5000 кДж/кг випарованої вологи.

Усе вищесказане, зумовило розробку нової енергоефективної теплотехнології отримання сухих харчових порошків та виробництво на їх основі продуктів швидкого приготування.

### **1.3. Сучасне сушильне обладнання для зневоднення колоїдних капілярно-пористих матеріалів**

Шляхи зниження питомих енерговитрат під час сушіння, розроблення способів інтенсифікації процесу залежно від певного методу та об'єкту зневоднення, теплотехнології і сушильного обладнання ґрунтуються на узагальненні закономірностей тепломасообміну і є предметом теоретичних й експериментальних досліджень багатьох вітчизняних та іноземних вчених і достатньо широко висвітлено в наукових працях А.А. Долінського, Ю.Ф. Снежкіна, Ж.О. Петрової, Л.Ю. Авдєєвої, В.М. Пазюка, К.Д. Малецької, О.Г. Бурдо, В.М. Атаманюка, В.О. Потапова, М.І. Погожих, Т. Kudra, та ін.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено багатостадійний метод сушіння (рис. 1.9). Суть методу полягає в застосуванні в процесах сушіння максимальної температури теплоносія на всьому процесі зневоднення і вона залежить від максимально допустимої температури

матеріалу. Багатостадійні режими сушіння знижують питомі теплові витрати на випаровування 1 кг вологи на 15-25 % в порівнянні з одностадійними [63].

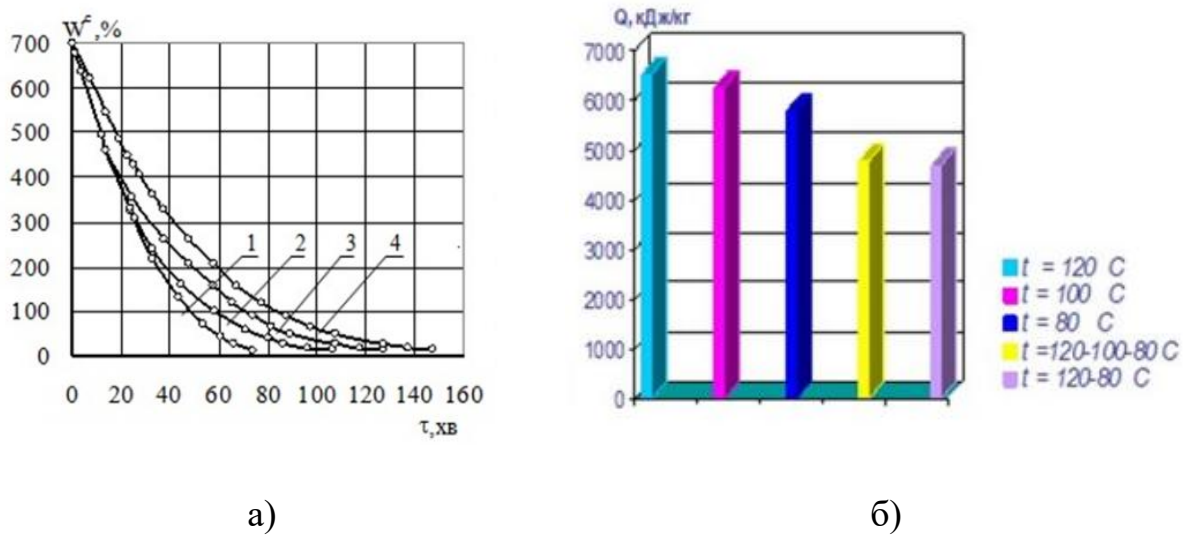


Рис. 1.9. Багатостадійне сушіння:

а) стадійні режими сушіння: столовий буряк  $V = 1 \text{ м/с}$ ;  $d = 10 \text{ г/кг с.п}$ ;  $g = 6,3 \text{ кг/м}^2$ ; 1 – 120 °C; 2 – 120...100...80°C; 3 – 120...80°C; 4 – 80 °C

б) питомі теплові витрати на випаровування 1 кг вологи

Для реалізації багатостадійного методу сушіння створена багатозонна стрічкова сушарка (рис. 1.11). Вона має зону високотемпературної вологої обробки матеріалу, вісім температурних та одну зону охолодження. Потужність сушарки 1,2 тонни сировини на годину. Витрати теплоти на 1 кг випареної вологи у 1,4-2,7 рази нижчі порівняно з існуючими аналогами [61, 63].

Для використання цього методу сушіння створені багатозонні тунельні сушарки потужністю від 0,1 до 1,1 т/год по сировині (рис. 1.10). В кожній зоні такої сушарки підтримується окремий температурно-вологісний режим зневоднення [63]. Витрати енергії на 1 кг випареної вологи в 1,5-2 рази нижчі за існуючі аналоги. Для зневоднення рослинної сировини в умовах високовологого клімату створено чотирьохзонну сушарку на теплогенераторах і використанням ТН в кінцевій 4-х зоні сушарки. Це дозволило в високовологих кліматичних умовах В'єтнаму вперше в світі

отримати натуральні харчові порошки з ананасів і бананів, та на 10-15% знизити витрати енергії на сушарках такого типу [63].



Рис. 1.10. Зовнішній вигляд двозонної сушарки

В Україні великий «парк» випарних та розпилюючих сушарок, які працюють в харчовій та хіміко-фармацевтичній промисловості [64, 65]. На них виробляють тисячі тонн цукру, сухого знежиреного і цільного молока, підсирної сироватки, розчинної кави, пеніциліну, стрептоміцину та інше. В більшості випадків на ці процеси сушіння витрачається в 2,5 – 3,0 рази більше енергії, ніж необхідно для перетворення вологи в пару. Витрати енергії на ці процеси складають 0,2 – 0,3 млн т.у.п. і в оточуюче середовище надходить біля 0,6 млн тонн водяної пари. В Інституті створені ступеневі випарно-сушильні агрегати розпилюючої дії. Використання цього обладнання дозволяє одночасно вирішити: збереження БАР при зневодненні термолабільних матеріалів; концентрування розчинів; збільшення виходу продукту за рахунок процесу «мокрого» вловлювання; вирішення питань захисту навколишнього середовища та скорочення теплових витрат на 18-25% [64].

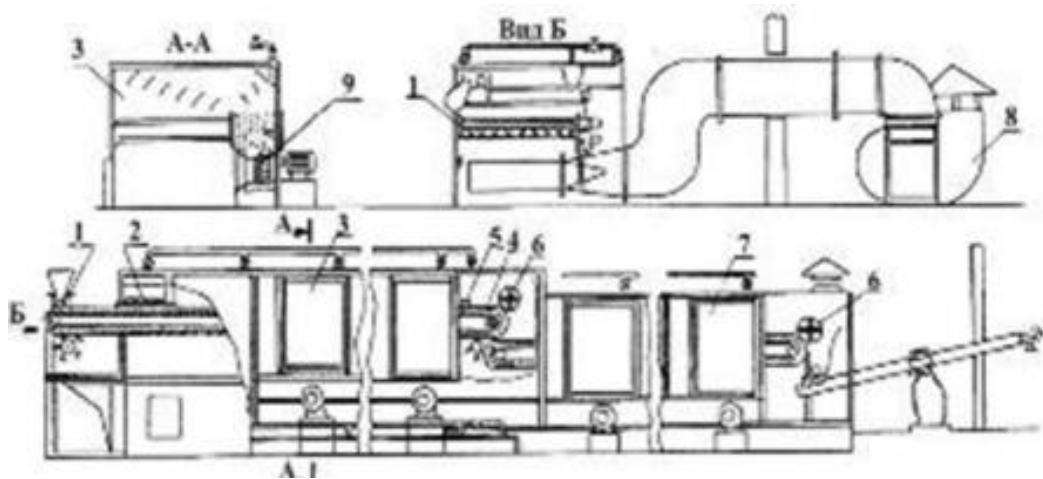


Рис. 1.11. Багатозонна стрічкова сушильна установка:

- 1 – шнек-розкладник; 2 – зона гігротермічної обробки; 3 – зона сушіння;  
 4 – сушильна стрічка; 5 – розпушувач; 6 – скидач; 7 – зона охолодження;  
 8 – викидний вентилятор; 9 – вентилятор сушильної зони

Потенціал енергозбереження при сушінні на розпилюючих сушарках харчових та хіміко-фармацевтичних продуктів та матеріалів становить біля 0,05 млн т.у.п. в оточуюче середовище при цьому надходить біля 0,2 млн тонн водяної пари [64].

Розроблений в Інституті високотемпературний високовологий метод сушіння дозволяє значно підвищити внутрішній перенос вологи з внутрішніх шарів матеріалу до його поверхні за рахунок підвищення температури матеріалу в період постійної швидкості сушки, тим самим інтенсифікує процес більше ніж в 2 рази. Потенціал енергозбереження при сушінні будівельних матеріалів біля 0,7 млн т.у.п. та зменшення викидів водяної пари в оточуюче середовище можливо на 0,2 млн тонн [65].

Розроблена енергоефективна геотермальна сушарка тунельного типу на водяних калориферах, в якості палива використовують термальну воду з температурою 45-70 °С. Витрати енергії в цій сушарці тільки на привід вентилятора і циркуляційного насоса для геотермальної води і тому значно нижчі, ніж в аналогічних сушарках працюючих на парових калориферах (рис. 1.12) [64].

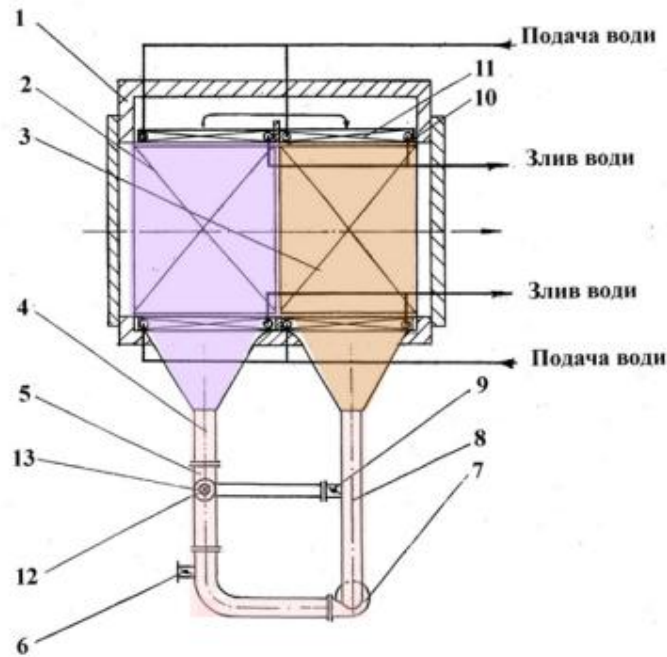


Рис. 1.12. Геотермальна сушарка: 1 – сушильна камера; 2,3 – візки; 4,5 – повітропроводи; 5 – теплогенератор; 6,9 – патрубок із заслонкою; 10,11,14,15 – калорифери; 12 – утилізатор теплоти; 13 – димова труба

Тунельні сушарки широко використовуються в виробництві сушених плодів в США, Франції, Румунії та в інших країнах. Вони використовуються для сушіння кускових (штучних) продуктів (хліб, нарізані овочі та фрукти, яблучні вичавки та ін.) [65, 66]. Тунельна сушарка – це поєднання двох або більше шаф сушарки в послідовному розташуванні всередині тунелю. В тунельних сушарках можна проводити сушіння великих обсягів сировини та використовувати менше енергії у порівнянні з потужністю, яку має кожна сушильна шафа при окремій її експлуатації.

Класифікацію тунельних сушарок можна провести наступним чином:

1. *За способом подачі сушильного агенту в робочий канал сушарки поділяються на:*

- *прямоточні – потік теплоносія переміщується паралельно руху візків з сировиною; температура теплоносія максимальна на вході в сушильний канал;*

- протиточні – теплоносій рухається назустріч візкам з сировиною; максимальна температура реєструється на виході візків з сушарки;
- комбіновані – прямоточно-протиточні двозонні сушарки;
- з перехресним потоком теплоносія – потік направлений перпендикулярно руху продукту; теплоносій в кожній зоні циркулює автономно, підтримуючи задані параметри.

*2. За організацією сушильного процесу:*

- викид відпрацьованого сушильного агенту назовні;
- з рециркуляцією сушильного агенту;
- з розподіленою подачею сушильного агенту;
- з додатковим підігріванням сушильного агенту в сушильній камері.

*3. За способом нагрівання сушильного агента:*

- з електричними нагрівачами;
- вогневими калориферами;
- паровими калориферами;
- водяними калориферами.

*4. За кількістю сушильних зон:*

- однозонні;
- багатозонні.

*5. За видом сушильного агенту:*

- повітряна;
- газова;
- газоповітряна;
- парова

*6. За режимом роботи сушильної установки:*

- періодичної дії;
- безперервної дії;
- циклічної дії.

Основним недоліком камерних і тунельних сушарок є використання ручної праці при завантаженні піддонів з матеріалом; використання топкових газів, що в свою чергу може викликати утворення канцерогенних речовин; а також паралельний рух повітря і матеріалу, при цьому зменшується контакт і теплообмін між ними.

За кордоном дослідники вивчали сушіння в тунелях. Cáceres-Huambo, V.N. та ін [66] працювали над моделюванням та оптимізацією напівнеперервних тунельних сушарок для фруктів, Maroulis, Z. B. & Saravacos G. D. [67] також працювали над моделюванням та проектуванням процесів сушіння, а Chou, S.K. та ін. [68] досліджували сушіння харчового продукту в тунельній сушарці, Ajala et al., Kiranoudis, C.T. et al., [56, 69] працював над статистичним моделюванням та моделюванням процесу сушіння в тунелях. Однак, за даними Nindo, et al., [70] та Abonyi, et al., [71], к.к.д. тунельної сушарки становить 38-42 %.

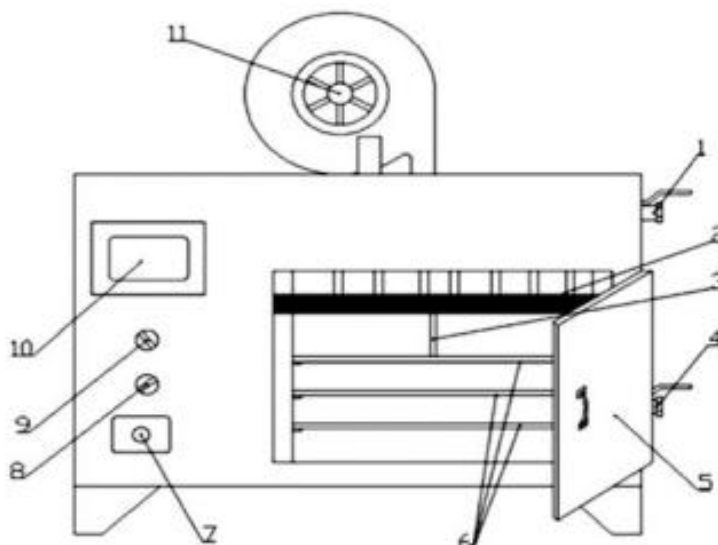


Рис. 1.13. Конвективна сушарка з інфрачервоним випромінюванням:  
1 – забір повітря; 2 – радіаційна трубка; 3 – датчик температури; 4 – вихід повітря; 5 – двері; 6 – навантажувальний матеріал; 7 – регулятор повітря; 8 – перемикач (регулятор вентилятора); 9 – перемикач (регулююча нагрівальна трубка); 10 – екран дисплея; 11 – вентилятор

При дослідженні процесу сушіння рослинних матеріалів дослідники досліджували наступні фактори: вплив відносної вологості та швидкості руху повітря, температури теплоносія та розмірів і форми матеріалу на тривалість сушіння.

Конвективна сушарка з інфрачервоним випромінюванням складається з сушильної камери, в якій знаходяться лотки з матеріалом з встановленими нагрівальними лампами з інфрачервоним випромінюванням над ним та вентилятором. Для зміни режиму сушіння передбачені перемикачі, що регулюють оберти вентилятора та інтенсивність випромінювання (рис. 1.13) [72].

Огляд обладнання для сушіння рослинної сировини показує, що є значна кількість сушильних установок, які відрізняються за продуктивністю, способом підведення теплоти до матеріалу (конвективний, інфрачервоний, сублімаційний чи кондуктивний або поєднанням обох способів), станом матеріалу (у вигляді пасти, рідини чи зерен або шматочків нарізаного матеріалу), станом шару матеріалу в сушарці (щільний шар або псевдорозріджений) тощо. Серед конвективних сушильних установок домінують камерні сушильні установки, потім – стрічкові, тунельні, вакуумні та барабанні, а їхня продуктивність коливається в широкому діапазоні від 0,06 до 5 т/годину і вибір типу сушильного обладнання залежить від обраної схеми технологічного обладнання, об'єму сировини та матеріальних можливостей підприємства [73].

З аналізу літературного огляду видно, що не дивлячись на різні комбінації методів сушіння досить високе споживання теплової енергії і коливається 3000 – 6000 кДж/кг випареної вологи. Тому потрібно розробляти способи сушіння для сушарок з мінімальними енерговитратами і з максимальним збереженням якісних характеристик сировини.

#### **1.4. Висновки до першого розділу та завдання дослідження**

З вищенаведеного літературного огляду випливає, що відомі способи переробки рослинної сировини та розробка теплотехнологій продуктів швидкого приготування характеризуються високими енерговитратами, низькою продуктивністю або низькою якістю отриманого продукту.

З огляду літератури видно, що для сушіння м'ясної сировини застосовуються різні способи, зокрема конвективне, сублімаційне, вакуумне, ультразвукове, мікрохвильове, імпульсним електричним полем та ін. Кожен з цих способів має свої недоліки.

Такі параметри як температура та швидкість теплоносія, тривалість процесу, розмір та вид м'ясної сировини слід оптимізувати для забезпечення ефективності сушіння. Початкова та кінцева вологість матеріалу мають значення при зневодненні та зберіганні після сушіння.

Визначення критичних температурних меж та оптимізація кожного етапу обробки є важливими для запобігання псуванню готового продукту. Також слід зазначити, що при переробці сирого м'яса на сушене відбуваються біохімічні та структурні зміни продукту – змінюється якість білків, які можуть руйнуватись при неправильному температурному режимі, та інших біологічно активних речовин. Тому існують проблеми у забезпеченні якості та безпеки сушених м'ясних продуктів, що необхідно вирішувати. Тому, удосконалення існуючих способів з метою зниження енерговитрат на процес зневоднення м'яса та збереження біологічно активних речовин, є актуальним завданням.

Основна мета дисертаційної роботи є теплофізичне обґрунтування та розробка теплотехнологій отримання харчових порошоків та виробництво продуктів швидкого приготування на їх основі.

Для досягнення мети були поставлені та вирішені наступні задачі дослідження:

- на основі проведеного літературного огляду проаналізувати сучасний стан наукових та практичних розробок сухих продуктів швидкого приготування із натуральним складом та довготривалим зберіганням;
- на основі експериментальних досліджень розробити попередню підготовку до сушіння білкововмісної сировини з метою збереження біологічно активних речовин та зменшення енерговитрат на процес;
- дослідити тепломасообмін зневоднення білкововмісних матеріалів з урахуванням властивостей сировини і режимів їх сушіння;
- враховуючи отримані експериментальні дані, розробити енергоефективні режими зневоднення м'яса курятини та білково-каротиновмісної сировини;
- визначити теплофізичні характеристики та фізико-хімічні властивості вихідної та сушеної сировини;
- провести експериментальні дослідження сушіння м'яса курятини в реальних умовах роботи дослідно-промислової сушарки;
- дослідити сорбційні властивості висушеної білково-каротиновмісної сировини та активність води в м'ясі курятини з метою визначення умов та терміну зберігання;
- визначити кислотне число м'яса курятини в процесі зберігання моносировини та в продуктах швидкого приготування;
- розробити ресурсоенергозберігаючі теплотехнології отримання сухих продуктів швидкого приготування з підвищеним вмістом білку.

## РОЗДІЛ 2.

### ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКИ ТА УСТАНОВКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Об'єкти досліджень

Продукти швидкого приготування – це суміш сухих порошоків з овочів, фруктів, грибів чи м'яса різної дисперсності чи гранул, які дають можливість приготувати смачну та корисну їжу за лічені хвилини в екстремальних умовах або коли немає можливості приготувати звичайне харчування. Як видно з огляду літератури, до рецептури продуктів швидкого приготування можуть входити будь-які інгредієнти вихідної сировини, залежно від країни-розробника. Однак важливо, щоб продукт був збалансований за калорійністю, поживністю та органолептичними якостями, тобто містив у своєму складі білки, жири та вуглеводи. Основними рецептурними інгредієнтами в даній роботі є овочі та м'ясна сировина, а саме куряча грудка.

#### *Білково-каротиновмісна сировина рослинного походження*

Морква — це коренеплід, відомий своїм високим вмістом поживних речовин і корисними властивостями для здоров'я. До його складу входять каротиноїди, які на 95 % представлені β-каротином, великим вмістом антиоксидантів, флавоноїдів, вітамінів та мінералів, що надають цьому продукту антиоксидантні, антиканцерогенні та імуностимулюючі властивості.

За рахунок цього, вживання моркви у повсякденному раціоні підвищує імунітет, зміцнює захисні сили організму, захищає шкіру від шкідливого впливу сонця, через вміст β-каротину, а також знижує ризик серцево-судинних захворювань.

Численні дослідження *in vivo* та *in vitro* виявили численні переваги моркви для здоров'я, включаючи зниження рівня холестерину, протидіабетичну, антигіпертензивну, ренопротекторну, гепатопротекторну дію та полегшення виведення жирів і жовчі печінкою.

У свіжому вигляді морква на 88 % складається з води, 10 % вуглеводів і 2 % білка з мінералами і вітамінами. Також містить кальцій, фосфор, калій,

натрій, магній, залізо, кобальт, цинк, а також вітаміни, головним чином: А, В1, В2, В6, РР і фолієву кислоту [73, 74].

Зберігання каротиновмісної рослинної сировини (моркви) у складських приміщеннях передбачає витрати великих площ та забезпечення умов зберігання, а також протягом зберігання відбуваються втрати каротиноїдів. Тому переробка моркви на сухий харчовий продукт є актуальною. Велика частина виробництва цього овоча спрямована на переробку, в тому числі на сушіння, яке є, як правило, енергозатратним процесом [74, 75].

Як відомо, каротиноїди найкраще перетворюються у ретинол тоді, коли у раціоні харчування є достатня кількість легко засвоюваного білку та жиру.

Для засвоєння та перетворення каротину у вітамін А дуже важливе значення має форма, в якій каротин та супутні йому речовини вводяться в організм. Каротин, який вводиться в організм у вигляді зневоднених рослинних препаратів або екстрактів, значно краще засвоюється, якщо одночасно вживати жири. Внаслідок чого, очевидно, раціональним є використання зневодненої каротиновмісної сировини, разом з жирами.

Тому доцільним було створення таких каротиновмісних композицій, які б містили би в собі повний комплекс каротиноїдів, ліпідів та білків. Цим вимогам відповідає такі рослини, як овес, горох та квасоля. Поліненасичені жирні кислоти, які входять до складу клітинних мембран та інших структурних елементів рослинних тканин, виконують в організмі ряд важливих функцій, в тому числі, забезпечують нормальний ріст та обмін речовин, еластичність судин. Горох та квасоля також багаті на білок, вміст якого становить до 20 -50 % [76, 77].

У зв'язку із вищесказаним, в Інституті технічної теплофізики НАН України було розроблено білково-каротиновмісну композицію на основі моркви і бобових на стадії підготовки сировини до сушіння (наприклад, горохово-морквяна, квасолево-морквяна). Це поєднання дає можливість об'єднати каротиноїди, білки та жири у одному продукті [77].

## *М'ясна сировина*

До білкововмісної сировини відноситься м'ясо. М'ясом у промисловому значенні називають скелетні м'язи разом з кістками скелета, у тому числі атлант, два хвостові хребці, плечова і гомілкорова кістки. Окрім м'язової тканини до складу м'яса в різній кількості можуть входити сполучна тканина (пухка, щільна, жирова, хрящова, кісткова), кров, нервова тканина, а також кровоносні та лімфатичні судини і лімфатичні вузли. З огляду технологічної практики тканини, з яких складається м'ясо, класифікують за промисловим значенням: м'язову, жирову, сполучну, хрящову, кісткову і кров. Це вважається більш умовним поділом, оскільки більша частина тканин не може бути повністю відділена одна від одної [32].

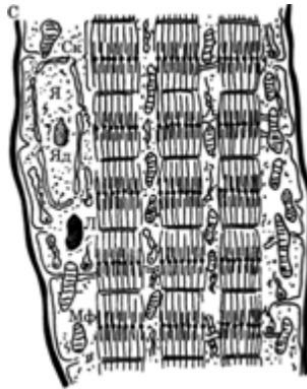


Рис. 2.1. Схема субмікроскопічної будови поперечносмугастого м'язового волокна:

С – сарколема; Ск – саркомер; Я – ядро; Яд – ядерце; Л – лізосоми;  
Мф – міофібрили

Саме м'язова тканина має найбільшу поживну цінність, оскільки є сукупністю м'язових волокон і сполучнотканинних оболонок, що кількісно переважають. М'язові волокна – це своєрідна гігантська багатоядерна клітина завтовшки 10-100 мкм і завдовжки 12 см і більше, яка має складну структуру. Поверхня його вкрита еластиновою оболонкою – сарколемою (рис. 2.1). Крім сарколеми, в структурі м'язового волокна присутні тонкі поздовжні структури – міофібрили, ядра і органели: мітохондрії, рибосоми, лізосоми та ін.

М'язова тканина характеризується складним хімічним складом. Масова частка основних хімічних речовин у м'язовій тканині (препарованій) ссавців становить 72-80 % води, органічні речовини 20-28 %, у тому числі білки 16,5-20,9 %, ліпіди – 2-3 %, азотисті екстрактивні речовини 1-1,7 %, безазотисті екстрактивні речовини 0,7-1,4 %, неорганічні солі – 1-1,5 %. Після висушування м'язової тканини сухий залишок становить близько 30 %, у тому числі органічних речовин 20-28 %.

Основним компонентом органічних речовин тканини є білки, тобто близько 80 % сухого залишку або 16,5-20,9 % маси тканини.

До основних білків м'язової тканини належать:

1. *Міоген* – складається із комплексу міогенів А, В, С та становить близько 20 % від усіх білкових волокон, розчиняється у воді, температура денатурації вільного від солей міогену 55-60 °С, ізоелектрична точка в інтервалі рН 6,0-6,5;

2. *Міоглобін* – розчинний у воді білок, являється хромопротеїдом, що складається із глобіну та гему, що координаційно пов'язані між собою. Кількість його становить близько 1 %. Температура денатурації міоглобіну близько 60 °С;

3. *Глобулін Х* – становить 20 % від усієї кількості білкових речовин м'язової тканини. Він є повноцінним, не розчиняється у воді. Температура денатурації близько 50 °С;

4. *Міоальбуміни* – становлять 1-2 % білкових речовин м'язового волокна і розчиняються у воді та мають температуру денатурації 45-47 °С;

5. *Нуклеопротейди* – зосереджені переважно в рибосомах, саркоплазматичному ретикулі. Їх особливістю є наявність у структурі молекули рибози, тобто нуклеїнові кислоти нуклеопротейдів саркоплазми є рибонуклеїновими кислотами (РНК), мають желеутворювальну здатність;

6. *Міозин* - повноцінний фібрилярний білок, що становить 40 % білкових волокон, добре перетравлюється. Його молекули мають виражену

ферментативну активність, високу водозв'язувальну, гелеутворюючу і емульгуючу здатності. У клітинах міозин здатний бути у комплексі з ліпідами. Денатурує за температури 45-50 °С [32].

Вміст ліпідів у препарованій м'язовій тканині становить близько 3 %. Ліпіди входять до складу м'язового волокна і представлені переважно фосфоліпідами, що є пластичним матеріалом і належать до структурних елементів та тригліцеридами, які виконують роль резервного енергетичного матеріалу.

Вітаміни м'язової тканини представлені переважно водорозчинними: В<sub>2</sub> (рибофлавін), В<sub>6</sub> (піридоксин), РР (нікотинамід), В<sub>3</sub> (пантотенова кислота), біотин, інозит, холін, В<sub>12</sub>, В<sub>15</sub>, фолієва кислота та ін. Вітаміни різною мірою руйнуються за теплового оброблення: наприклад, В<sub>1</sub> протягом теплової обробки 1 години при 97 °С втрачає активність на 80 %; В<sub>2</sub> при тепловій обробці 120 °С руйнується на 50 %. Вітамін В<sub>12</sub> не втрачає активності при нагріванні до 120 °С протягом перших 15 хв.

У м'язовій тканині міститься 1 – 1,5 % мінеральних речовин: калію, натрію, магнію, кальцію, заліза, цинку, фосфору, сірки, хлору. Поживна цінність м'яса залежить від кількісного співвідношення вологи, білка, жиру, вмісту незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, вітамінів групи В, мікро- і макроелементів, а також органолептичних показників м'яса [32].

Білкові речовини передусім визначають поживну цінність і важливі функціональні властивості м'язової тканини. Поживність визначається біологічною цінністю та засвоюваністю речовин, що входять до складу їжі. В свою чергу, біологічна цінність білкових речовин - це вихідний матеріал для побудови важливих елементів організму білкового походження – тканин, ферментів, гормонів. Біологічна цінність визначається тією частиною засвоєного організмом білка, як здатна задовольнити його потреби в синтезі

необхідних білкових сполук і компенсації витрат на функціональну діяльність органів.

Засвоюваність білкових речовин у сучасних умовах харчування залежить від багатьох факторів, а саме від фізико-хімічного стану білка, здатності розщеплюватися ферментами травлення та способу оброблення їжі.

Про поживну цінність м'яса роблять висновок за «якісним білковим показником», що являє собою співвідношення триптофану (індексу повноцінних білків м'язової тканини) до оксипроліну (показника неповноцінних сполучнотканинних білків). Якість м'яса характеризується також за співвідношенням вода-білок, жир-білок, вода-жир. Між вмістом вологи і жиру існує зворотна кореляційна залежність [32].

М'ясо різних тварин відрізняється за вмістом води, білка, жиру та енергетичною цінністю відповідно до особливостей морфологічного складу, як видно з таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Масова частка хімічних речовин в основних видах м'яса.

<i>М'ясо</i>	<i>Вміст, г на 100 їстівної частини</i>				<i>Енергетична цінність, кДж</i>
	<i>води</i>	<i>білка</i>	<i>жиру</i>	<i>золи</i>	
<i>Курятина</i>	61,9	18,2	18,4	0,8	1008
<i>Свинина</i>	51,6	14,6	33,0	0,8	1485
<i>Яловичина</i>	67,7	18,9	12,4	1,0	782

Теплофізичні властивості м'яса (теплопровідність, теплоємність і температуропровідність) визначають характер і швидкість перебігу теплових процесів, які застосовують для отримання продуктів із новими якісними показниками. Більшість м'ясопродуктів за нормальних умов класифікують як колоїдні капілярно-пористі тіла. Складна будова, наявність фазових переходів, а також біологічний характер походження роблять визначення теплофізичних і масо-вологообмінних характеристик дуже складним і досить наближеним процесом.

Теплопровідність м'яса залежить не тільки від його стану, а й від напрямку тепловотоку відносно повздовжньої осі м'язових волокон: теплопровідність м'язової тканини в напрямку паралельному волокнам, становить близько 0.88 теплопровідності у напрямку, перпендикулярному до волокон. Коефіцієнт теплопровідності м'язової тканини пісної яловичини дорівнює 0.5 Вт/(м\*К), свинини напівжирної – 0.33, курятини – 0.41 Вт/(м\*К).

Ж.Фур'є встановив закон теплопровідності й поклав в основу лінійний зв'язок між тепловим потоком і температурним градієнтом:

$$\vec{g} = -\lambda \nabla \theta, \quad (2.1)$$

де  $\vec{g}$  – тепловий потік, Вт;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м\*К);

$\nabla \theta$  – градієнт температур, К/м

Теплоінерційні властивості продукту характеризуються коефіцієнтом температуропровідності, м<sup>2</sup>/с:

$$a = \lambda / C\rho, \quad (2.2)$$

де  $C$  – питома теплоємність, Дж/(кг\*К);  $\rho$  – густина продукту, кг/м<sup>3</sup>.

Коефіцієнт температуропровідності практично не залежить від вологості продукту, якщо вона більша за гігроскопічну. За вологості, нижчої за гігроскопічну, вологість значно впливає на теплоємність.

Аналогічно теплопровідності, де перенесення теплоти відбувається від більш нагрітого до менш нагрітого тіла, маса також переноситься за наявності різниці потенціалу перенесення речовини. Рівняння перенесення речовини має такий вигляд:

$$\vec{q}_m = \lambda_m \nabla \theta_m, \quad (2.3)$$

де  $\vec{q}_m$  – вектор густини потоку вологи, кг/м<sup>2</sup>;  $\lambda_m$  – коефіцієнт вологопровідності, кг/м<sup>3</sup> од. потенціалу;  $\nabla \theta_m$  – градієнт потенціалу речовини, од. потенціалу/м.

Залежно від виду перенесення градієнт потенціалу речовини пропорційний градієнту тиску пари або градієнту капілярного потенціалу, або

градієнту осмотичного тиску. Коефіцієнт потенціалопровідності, або коефіцієнт дифузії вологи, визначають за формулою:

$$a_m = \lambda_m / (C_m \rho). \quad (2.4)$$

Теплофізичні показники м'яса залежать від вмісту вологи та жиру та представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Теплофізичні властивості м'яса

Вид м'яса	$W_l$ , %	Ж, %	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$C$ , Дж/(кг*К)	$\lambda$ , Вт/(м*К)	$\alpha * 10^8$ , м <sup>2</sup> /с
Курятина	-	-	1030	3307	0.41	12
Свинина	-	-	1030	3056	0.33	10.6
Яловичина	75	0.9	1158	3517	0.50	12.6

Підвищення вологості зумовлює характерні зміни теплофізичних властивостей не тільки м'яса, а й продуктів його переробки [32].

М'ясо – складний як по структурі, так і по білковому складу комплекс, властивості якого визначаються багатьма факторами. Білковий склад м'яса складається з трьох основних по розчинності фракцій:

- водорозчинної саркоплазматичної (близько 40 % всіх білків),
- солерозчинної міофібрилярної (близько 60 % усіх білків),
- частково розчинної в лугах фракції білків строми та денатурованих білків.

Крім того, м'ясо характеризується відповідною структурою, в основі якої лежать властивості клітин м'яса як основи цієї структури. Частка вологи в м'ясній сировині складає близько 70-75 %. Тому, якщо говорити про додаткову гідратацію м'ясної сировини в процесі технологічної обробки, то слід це розуміти, не як просте додавання води, а як систему впливу на компоненти та структуру. Дійсно, якщо натуральний шматок м'яса помістити у водне середовище, то з точки зору гідратації він буде інконтактний та в основному будуть відбуватись процеси дифузії, як результат різних

концентрацій. Якщо провести аналогічну дію в розчині хлористого натрію з відповідною концентрацією, то дифузія піде на спад, а на перший план вийдуть процеси осмотичної взаємодії, в результаті якого іони натрію будуть проникати вглиб тканин, підвищуючи розчинність солерозчинних білків і тим самим сприяючи їх набухання в результаті додаткової гідратації.

Кінетично такий процес малорухливий та залежить від багатьох факторів, в тому числі від геометричних розмірів м'яса, концентрації солі. Цей процес сповільнюється цілісністю клітинної структури м'яса, що не дає можливості проявитись функціональним можливостям солерозчинних білків.

Значно швидше та ефективніше цей процес відбувається в різаному (рубленому) м'ясі, де клітинна структура м'яса механічно порушена. Тому у виробках з фаршу гідратація білків і водо-, і солерозчинних більш виражена. Також необхідно враховувати поверхневі ефекти зв'язування води, які при інших рівних умовах визначаються ступінню подрібнення. Тому, водозв'язуюча здатність високодисперсних кутерованих систем вище грубодисперсної системи.

Розчинність білків і гідратація тісно пов'язані між собою, в значній мірі впливають на якість кінцевих продуктів та визначають ступінь гідратації білків. Ступінь гідратації слід розуміти не як фізична присутність вологи, а як вологу, яка зв'язана з білком [32].

## **2.2. Методики досліджень**

### ***Методика проведення досліджень на конвективному сушильному стенді***

Перед проведенням досліджень визначають початкову вологість матеріалу. Матеріал висипають в бюкси і на протягом 5 годин при температурі 105°C висушуємо в сушильній шафі. Після закінчення сушіння бюкси виймають з сушильної шафи і ставлять в ексікатор для охолодження на 15 – 30 хв. Охолоджені бюкси зі зразком зважують у закритому стані на терезах.

В теорії сушіння вологість матеріалу розраховується відносно маси абсолютно сухого матеріалу, яка в процесі сушіння залишається незмінною [78].

Загальна маса вологого матеріалу (в кг):

$$q = q_{\text{вл}} + q_{\text{ср}}, \quad (2.5)$$

де  $q_{\text{вл}}$  – маса води, кг;  $q_{\text{ср}}$  – маса сухої речовини, кг

Вологість матеріалу по відношенню до загальної маси обчислюють за формулою, %:

$$W = \frac{q_{\text{вл}}}{q} \cdot 100 = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100, \quad (2.6)$$

де  $m_1$  – маса порожньої бюкси (з кришкою), г;  $m_2$  – маса бюкси з наважкою до сушіння, г;  $m_3$  – маса бюкси з наважкою після сушіння, г.

Вологість матеріалу по відношенню до маси сухої речовини розраховується за формулою, %:

$$W^c = \frac{q_{\text{вл}}}{q_{\text{ср}}} \cdot 100 = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де  $m_1$  – маса порожньої бюкси (з кришкою), г;  $m_2$  – маса бюкси з наважкою до сушіння, г;  $m_3$  – маса бюкси з наважкою після сушіння, г.

Формули переходу, %:

$$W = \frac{W^c}{100 + W^c} \cdot 100,$$

$$W^c = \frac{W}{100 - W} \cdot 100,$$

Якщо вологість матеріалу відносно маси сухої речовини виразити в кг води/(кг сухої речовини), то отримаємо вологовміст (питомий масовміст) матеріалу [78]:

$$u = \frac{q_{\text{вл}}}{q_{\text{ср}}} = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \quad (2.8)$$

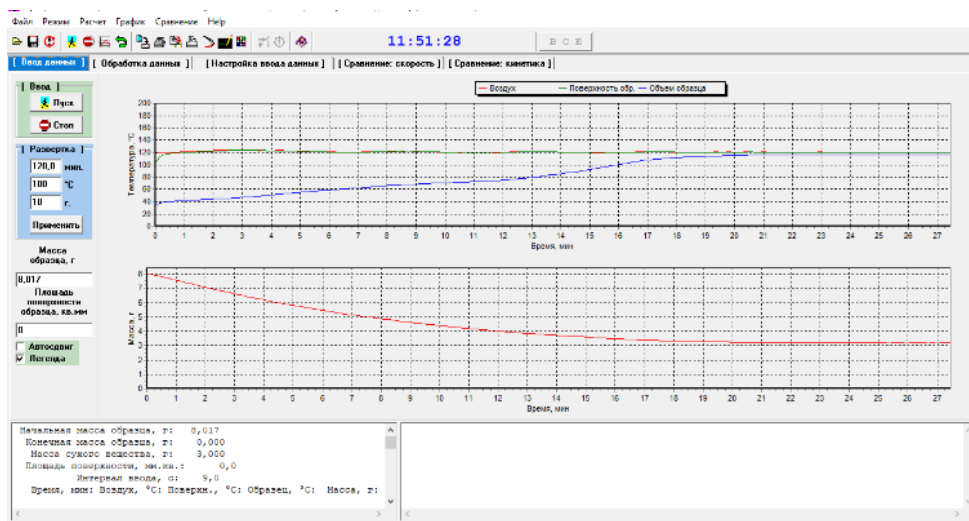


Рис. 2.2. – Панель управління системою збору та обробки інформації експериментального конвективного сушильного стану

Дослідження сушіння матеріалів починають з встановленням режиму сушіння на станді, розміщують матеріал на сітці, яка знаходиться на штанзі вагів в сушильній камері і вмиканням комп'ютерної програми збору та обробки інформації, що безперервно реєструє час та зміну маси навіски, температури теплоносія та температури в середині матеріалу. Приклад знімання кінетики процесу сушіння досліджуваної сировини наведено на рис. 2.2.

Розрахунок характеристик відбувається за допомогою спеціально розробленої програми «Sooshka».

Кінетика процесу сушіння:

$$W_{c.p.}(t) = \frac{G(t) - G_{a.c.}}{G_{a.c.}} \cdot 100\%, \quad (2.9)$$

де  $G(t)$  – розрахункові маси зразка, г;  $G_{a.c.}$  – абсолютно суха маса матеріалу, г.

Швидкість сушіння визначається, %/хв:

$$N = \frac{dW}{d\tau}, \quad (2.10)$$

де  $\tau$  – час сушіння, хв.

Температурний коефіцієнт сушіння представляє собою оцінку похідна середньої температури зразка від вологовмісту:

$$b = dt_{cp}/du, \quad (2.11)$$

де  $u = W_{c.p.}/100$  – вологовміст зразка, кг/кг с.р.;  $t_{cp}$  – вираховується як середнє значення розрахунку температури на поверхні та в матеріалі зразка, °С.

Критерій оптимізації сушіння дорівнює відношенню витрат кількості тепла на нагрівання тіла до кількості тепла на випаровування вологи за нескінченно малий проміжок часу:

$$Rb = \frac{c}{r} b, \quad (2.12)$$

де  $c$  – питома теплоємність матеріалу, кДж/(кг °С);  $r$  – питома теплота фазового перетворення, кДж/кг.

#### ***Методика визначення каротиноїдів білково-каротиновмісної сировини***

Каротиноїди знаходяться в хромопластах клітин і оточені водним середовищем. Тому, чим більш тонко подрібнений матеріал, тим більш повно вилучаються каротиноїди. Перед екстракцією матеріал зневоднюється, так як каротиноїди – жиророзчинні речовини. В даному випадку для визначення суми каротиноїдів необхідно взяти наважку 0,1 – 2 г. Величина наважки має значення при вирішенні питання виробу методу виділення та ідентифікації каротиноїдів [77, 79].

Зневоднення наважки проводиться етанолом, ретельно розтираючи її в ступці, для виділення залишкової вологи.

Для подрібнення сирової вихідної продукції дослідний матеріал розтирають в ступці з невеликою кількістю кварцового піску до одержання однорідної маси.

Вміст каротиноїдів визначали за формулою:

$$X = \frac{10 \cdot D \cdot V \cdot V_2}{E \cdot V_1 \cdot m} 100, \text{ мг/100 г} \quad (2.13)$$

де  $D$  – оптична густина досліджуваного розчину при визначеній довжині хвилі ( $\beta$ -каротин в гексані визначається при довжині хвилі 453 нм);

$E$  – екстинція (питомий показник поглинання при тій же довжині хвилі, яка приймалася для  $\beta$ -каротину в гексані і дорівнює 2592);

100 – коефіцієнт перерахунку на 100 г аналізованої проби;

$V$  – загальний об'єм екстракту, мл;

$m$  – маса наважки, г;

$V_2$  – об'єм кювети, мл;

$V_1$  – об'єм екстракту для спектрофотометра.

При перерахунку вмісту каротиноїдів або суми каротиноїдів на абсолютно суху речовину було враховано вологість досліджуваного матеріалу. При дослідженнях використовували середнє значення трьох паралельних експериментів.

#### ***Методика визначення коефіцієнту набухання (коефіцієнт регідратації)***

Дослідження проводять ваговим методом Б.В. Зозулевича [76]. Порядок визначення: у попередньо підготовлені бюкси зважують досліджуваний матеріал, заливають водою у співвідношенні 1:10. Витримують в термостаті, центрифугують протягом 10 хв. Відновлений продукт зважують та розраховують коефіцієнт набухання. Температура витримки 20 °С, 45 °С; час 5, 10, 30, 60 хв та 24 год.

Розрахунок: оцінка набухання проводиться за допомогою коефіцієнту набухання  $K_n$ , який показує відносне збільшення маси продукту після набухання і визначає здатність до встановлення початкових властивостей матеріалу при зневодненні. Коефіцієнт набухання визначається за формулою:

Коефіцієнт набухання визначається за формулою:

$$K_n = \frac{G_2}{G_1}, \quad K_n = \frac{\Delta G}{G_2} \quad (2.14)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт набухання;

$G_1$  та  $G_2$  – маса матеріалу до та після набухання відповідно, г,

$\Delta G$  – приріст маси протягом процесу набухання, г.

Відновлюваність матеріалу  $V$  – величина, яка показує наскільки вологість відновленого матеріалу наближується до вихідної маси, яка приймається за 100 %. Визначається за формулою:

$$V = \frac{S_0}{S_1} * K_H * 100 \% , \quad (2.15)$$

де  $S_0$  - вміст сухих речовин у вихідному матеріалі, %,  $S_0 = 100 \% - W_{\text{поч}}$

$S_1$  - вміст сухих речовин у висушеному матеріалі, %,  $S_1 = 100 \% - W_{\text{кінц}}$

### ***Методика визначення кислотного числа***

Кислотне число в м'ясі курятини визначали шляхом титрування розчином лугу вільних жирних кислот, які входять до складу олії, розчиненому в суміші етилового ефіру (ГОСТ 6265-55) з етиловим спиртом (ГОСТ 5962-67) [80].

Для цього виділяли наважку ядер в кількості 50 гр і подрібнювали їх до перетворення на порошок однорідного стану. Подрібнену масу поміщували в мірну колбу (ГОСТ 1770-70) номінальною місткістю 1 л і заливали 200 мл ефіру. Колбу закривали корковою пробкою і витримували 2 години, при  $t$  25 °С, періодично струшуючи.

Після 2 годин суміш фільтрували. Автоматичною піпеткою відбирали 25 мл фільтрату (місцели) і переносили в конічну колбу, куди додавали 15 мл попередньо нейтралізованого (0,1 N р-ном лугу при фенолфталеїні) етилового спирту. Суміш титрували 0,1 N р КОН при фенолфталеїні (3-5 кр 1% р-ну) до слабо рожевого кольору. Одночасно відбирали 25 мл фільтрату, в попередньо висушену і зважену колбу, відганяли ефір, висушену олію при  $t = 90 - 95$  °С до постійної ваги і визначали масу зразка, взятого для титрування.

Олію подрібнених ядер витягли екстракцією в апараті Сокслета. Для цього біля 30 грам подрібнених ядер розміщували в 2 патрона і екстрагували етиловим ефіром в апараті Сокслета 14 (об/сек). Потім об'єднували екстракти в одній колбі і автоматичною піпеткою відбирали по 25 мл екстракту в 2 колби для титрування і в 2 для висушування і зважування колби з метою визначення олії в ядрах.

Кількість олії в 25 мл розчину повинна бути не менше 0,5 г

$$KЧ = \frac{5,611 \cdot v \cdot k}{m}, \quad (2.16)$$

де 5,611 – кількість мг КОН в 1 мл (0,1 N р-ну КОН);

v – кількість 0,1 N р-ну КОН, витраченого на титрування, мл;

m – маса олії, яка входить до складу 25 мл екстракту, гр;

k – похибка титру 0,1 N р-ну КОН

#### Виноградні зернини

Кислотне число олії до сушіння 2,93

Кислотне число олії після сушіння при різних t 3,0 – 3,2

Кислотне число олії після 5 міс. зберігання 3,4 – 4,2

Число омилення 178 – 192

З підвищенням температури кислотне число змінюється незначно та збільшується в процесі зберігання, однак залишається в межах стандарту [80].

#### ***Методика визначення рівноважної вологості***

Визначення рівноважної вологості досліджуваних зразків залежно від відносної вологості повітря  $\varphi$  застосовувався тензометричний (статичний) метод Ван Бамелена [81]. Суть цього методу полягає в тому, що зразок матеріалу із заданою вологістю витримують в ексикаторі над водним розчином сірчаної кислоти. Відома концентрація розчинів відповідає конкретному парціальному тиску пари при даній температурі, тобто відповідному значенню відносного тиску  $p/p_s$ .

У процесі адсорбції потенціалом переносу є парціальний тиск пари. Рівновага системи настає, коли при однаковій температурі повітря і матеріалу парціальні тиски пари повітря  $p_{n\text{ нов}}$  і пари в тонкому шарі над матеріалом  $p_{n\text{ мат}}$  рівні. Тобто  $p_{n\text{ нов}} = p_{n\text{ мат}}$ . За цих умов матеріал піддається дії постійної вологості  $W_p$ , яка називається рівноважною, і рівновага системи розуміється лише, як динамічна. Коли матеріал поглинає воду,  $p_{n\text{ нов}} > p_{n\text{ мат}}$  - відбувається адсорбція, а коли він виділяє воду ( $p_{n\text{ нов}} < p_{n\text{ мат}}$ ) - відбувається десорбція. У рівноважному стані вологість матеріалу  $W_p$  однакова в будь-якій його точці.

Вміст водяної пари в повітрі визначається відносною вологістю  $\varphi$ , яка дорівнює відношенню парціального тиску пари повітряного  $p_{n\text{ пов}}$  і тиску насичення  $p_{нас}$  при тій же температурі над водою.

Зразки періодично зважували на аналітичних вагах з точністю  $\pm 0,0001$  г, а вимірювання маси зразка вели до досягнення постійної маси, при якій вологість їх відповідає рівноважній.

*Експеримент включає три етапи:*

#### 1. Приготування розчинів.

Для створення у замкнутому просторі ексикаторів повітряного середовища із заданою вологістю, приготували розчини сірчаної кислоти різної концентрації.

Оскільки в довідниках показано залежність тиску водяної пари від розчину сірчаної кислоти в мм.рт.ст. від концентрації  $\text{H}_2\text{SO}_4$  у вагових %, проведений перерахунок даного тиску на відносну вологість  $\varphi$  за формулою 2.17:

$$\varphi = p/p_s, \quad (2.17)$$

де  $p$  та  $p_s$  – парціальний тиск та тиск насичення водяної пари при тиску 760 мм рт.ст. і температурах, що охоплюють можливий діапазон їх зміни в експерименті. Результати перерахунку подані в таблиці 2.3.

У довідниках в табличній формі наведена залежність тиску водяної пари над розчинами від вагових %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в розчині (тобто від її концентрації), а також залежність вмісту  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в грамах на 100 г розчину і на 1 літр розчину від густини розчину в  $\text{г/см}^3$  при 20 °С для кислоти густиною 1,8305 [81].

Відповідно до техніки приготування розчинів було підготовлено 6 розчинів для 6 різних  $\varphi$  в діапазоні від 0,4 до 0,9. Необхідні характеристики сірчаної кислоти були визначені з таблиці перерахунку (табл. 2.3) і довідковим даним (табл.2.4). Експерименти проводились при температурі навколишнього повітря 18-20 °С.

Таблиця 2.3. Відносна вологість  $\varphi$  над розчинами  $H_2SO_4$  при 760 мм.рт.ст.

$H_2SO_4$ , вагові	$\varphi$					
	Температура пари, °C					
	10	15	20	25	30	35
10	0,956	0,962	0,981	0,956	0,955	0,956
20	0,880	0,877	0,878	0,880	0,880	0,882
25	0,814	0,821	0,827	0,825	0,826	0,828
30	0,749	0,759	0,753	0,754	0,754	0,756
35	0,673	0,680	0,662	0,665	0,660	0,669
40	0,565	0,571	0,559	0,564	0,569	0,574
45	0,456	0,461	0,456	0,463	0,465	0,472
50	0,348	0,352	0,354	0,358	0,361	0,368
55	0,250	0,250	0,251	0,291	0,264	0,268
60	0,163	0,164	0,160	0,164	0,170	0,175
65	0,0869	0,0938	0,0913	0,0962	0,101	0,104
70	0,0326	0,0391	0,0456	0,0379	0,0409	0,0451
75	0,0109	0,0156	0,0171	0,0168	0,0189	0,0190
80	0,00434	0,00469	0,00570	0,00421	0,00629	0,00711
85	0,00109	0,00156	0,00171	0,00168	0,00189	0,00190
90	0,000217	0,000235	0,000285	0,000337	0,000314	0,000474

## 2. Підготовка зразків.

Матеріали завантажували в заздалегідь підготовлені бюкси. Для зменшення випадкових помилок, експерименти проводилися з двома паралельними зразками. Бюкси із зразками висушували до постійної маси в сушильній електричній шафі при 130°C протягом 6 годин. Після висихання зразки зважували. Бюкси з відкритою кришкою поміщали в ексикатор згідно з протоколом експерименту. Кришка ексикатора надійно закрита. Зразки зберігали в ексикаторі протягом 32 днів до врівноваження з навколишнім середовищем.

Таблиця 2.4. Властивості водних розчинів сірчаної кислоти при 20 °С

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , вагові	<i>p</i> , мм рт. ст.	$\varphi$	Густина р-ну H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , г/см <sup>3</sup>	Концентрація р-ну H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , г/л
10	17,2	0,981	1,066	106,6
20	15,4	0,878	1,139	227,9
25	14,5	0,827	1,178	294,6
30	13,2	0,753	1,219	365,6
35	11,6	0,662	1,260	441,0
40	9,8	0,559	1,303	521,1
45	8,0	0,456	1,348	606,4
50	6,2	0,354	1,395	697,5
55	4,4	0,251	1,445	794,8
60	2,8	0,160	1,498	898,8
65	1,6	0,0913	1,553	1010
70	0,8	0,0456	1,611	1127
75	0,3	0,0171	1,669	1252
80	0,1	0,00570	1,727	1382
85	0,003	0,00171	1,779	1512
90	0,05	0,000285	1,814	1633

### 3. Проведення вимірів.

Зважування бюксів з наважками, проводили на лабораторних аналітичних вагах ВЛР – 200 г з допуском 0,5 мг. У експерименті фіксували також температуру, тиск навколишнього повітря і час.

Приріст маси зразків на початку експерименту визначали через 6 годин 40хв. Потім визначали щодня. Зважування зразків проводили до досягнення ними постійної маси.

Оскільки рівноважну вологість необхідно розрахувати відносно абсолютної сухої маси матеріалу, ця величина залишається незмінною під час процесів адсорбції-десорбції та сушки-зволоження, тому обробка всіх експериментальних даних, поглинена матеріалом волога була віднесена до маси абсолютно сухого матеріалу.

Вологість матеріалу визначали по формулі:

$$W^c = \frac{m_i - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}} - m_{\text{бюк}}}, \quad (2.18)$$

де  $W^c$  – вологість матеріалу, віднесена до маси сухого матеріалу, %;  $m_i$  – маса бюкса з вологим матеріалом (поточне значення), г;  $m_{\text{сух}}$  – маса бюкса з сухим матеріалом, г;  $m_{\text{бюк}}$  – маса бюкса, г.

Рівноважна вологість матеріалу визначалася по формулі:

$$W_p^c = \frac{m_p - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}} - m_{\text{бюк}}}, \quad (2.19)$$

де  $m_p$  – маса бюкси з вологим матеріалом в рівноважному стані, г.

Перехід від вологості  $W^c$ , розрахованої по відношенню до маси сухої речовини матеріалу, до вологості  $W$ , розрахованої до загальної маси матеріалу, здійснюється згідно формул переходу:

$$W = \frac{W^c}{100 + W^c} \cdot 100, \quad (2.20)$$

$$W^c = \frac{W}{10 - W} \cdot 100, \quad (2.21)$$

При обробці експериментальних даних використовувалися програми Microsoft Office Excel.

### ***Методика визначення активності води***

Показник активності води визначали за методикою викладеною в ISO 18787:2017. Наважку зразку 0,5 г переносили в спеціальний бюкс для вимірювання показника активності води та здійснювали вимірювання.

### **2.3. Експериментальні установки для проведення досліджень**

Дослідження кінетики сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів проводили на експериментальному конвективному стенді, який обладнаний автоматичною системою збору та обробки інформації (рис. 2.3), який складається з основних компонентів: 3-х сушильних камер (1), блоку

електричних нагрівачів (2), вентилятора (3), ізольованих повітропроводів та систем контролю процесу сушіння.

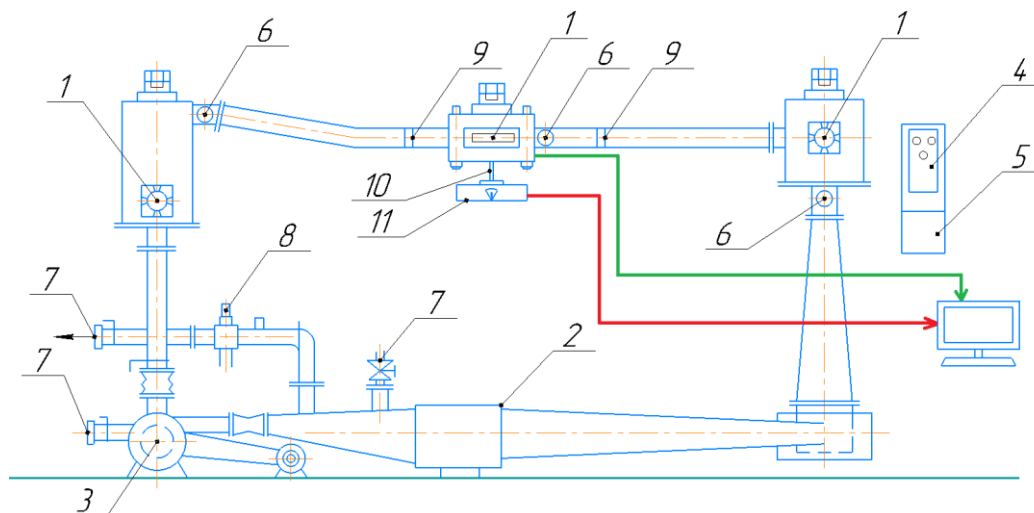


Рис. 2.3. Схема експериментального конвективного стенду для сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів: 1 – сушильні камери; 2 – електричні нагрівачі; 3 – вентилятор; 4 – терморегулятор; 5 – регулятор швидкості теплоносія; 6 – термометри опору; 7 – патрубки з шиберами; 8 – психрометр; 9 – спеціальні решітки; 10 – штанга терезів; 11 – ваги AD-500

На щиті керування регулятором швидкості теплоносія (5) налаштовується робота вентилятора (3), який дозволяє досягнути широкий діапазон коливань швидкості і температури теплоносія. Відцентровим вентилятором за допомогою перетворювача частоти при ручному регулюванні шляхом зміни подачі повітря регулюється швидкість руху теплоносія. Патрубками з шиберами (7) можливо регулювати співвідношення між відпрацьованим і свіжим повітрям.

Зразок дослідного матеріалу розміщують на штангах терезів (10), після встановлення на стенді заданого режиму дослідження. При цьому безперервно реєструється зменшення маси зразка в процесі сушіння за допомогою вагів AD-500 (11) з'єднаних з комп'ютером.

На конвективному сушильному стенді допускається здійснювати термічну обробку рослинної сировини теплоносієм температурою 30 – 150 °С і швидкістю 0,5 – 5 м/с. Встановлені високоточні ваги можуть реєструвати

зміни маси зразка до 0,001 г. Температура в сушильній камері підтримується з точністю до 0,02°C. Зчитування експериментальних даних про зміну маси та температури зразка, температури сушильного агента в сушильній камері відбувається 7 раз за хвилину і записується на комп'ютері. Похибки запису даних на експериментальному конвективному сушильному системою автоматизованого збору інформації становить для температур не перевищує  $\pm 1^\circ\text{C}$  та маси  $\pm 5\text{мг}$ .

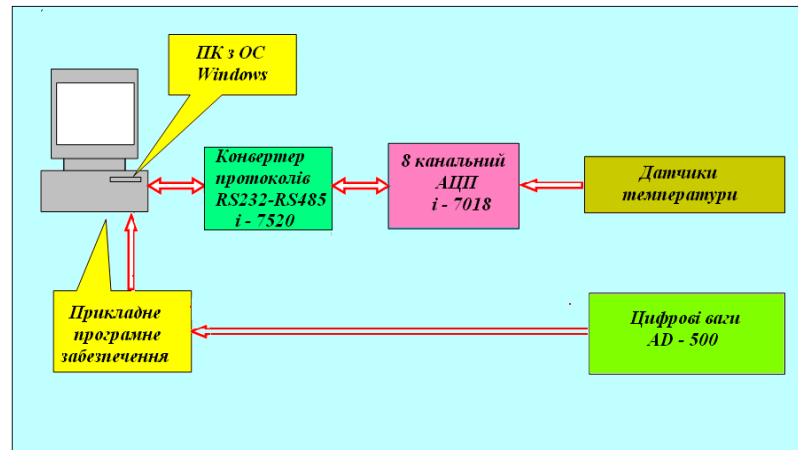


Рис. 2.4. Структурна схема автоматизованого збору та обробки інформації із конвективного сушильного станду

Для підвищення точності, інформативності та зручності обробки інформації, отриманої в ході експерименту, експериментальний станд оснащений допоміжним обладнанням, таким як аналого-цифровий перетворювач і-7018, конвертором-інтерфейсом і-7520 та персональним комп'ютером з процесором CPU AMD ATHLON XP 2200+ (рис. 2.4).

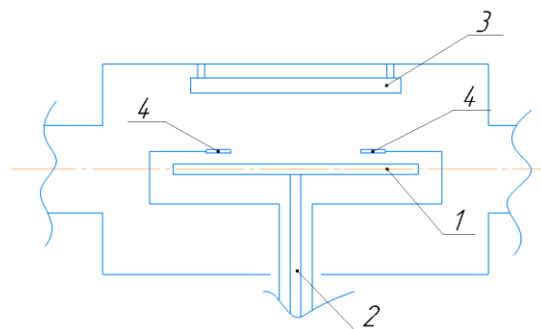


Рис. 2.5. Сушильна камера експериментального конвективного станду:

1 – сітка, 2 – штанга терезів; 3 – інфрачервоні лампи, 4 – термопари

Сушильна камера, представлена на рис. 2.5, являє собою прямокутний короб з листового металу з знімальним люком. Камера має прозоре скло, через яке можна спостерігати за станом матеріалу в процесі сушіння. Для визначення зміни маси під час сушіння на вагу встановлена штанга 2 із сіткою 1, на якій розташовують матеріал, що піддається термічній обробці. В матеріал встановлюється хромель-копелеві термоелектричні перетворювачі 4 (ДСТУ 2837 – 94 [82]) діаметром 0,2 мм, для знімання експериментальних даних зміни температури. Також у камері встановлені інфрачервоні випромінювачі 3.

Зневоднення досліджуваної сировини в дослідно-промислових умовах проводили на енергоефективній камерній сушарці з комбінованим нагрівом теплоносія, розробленій в ІТТФ НАН України [60].

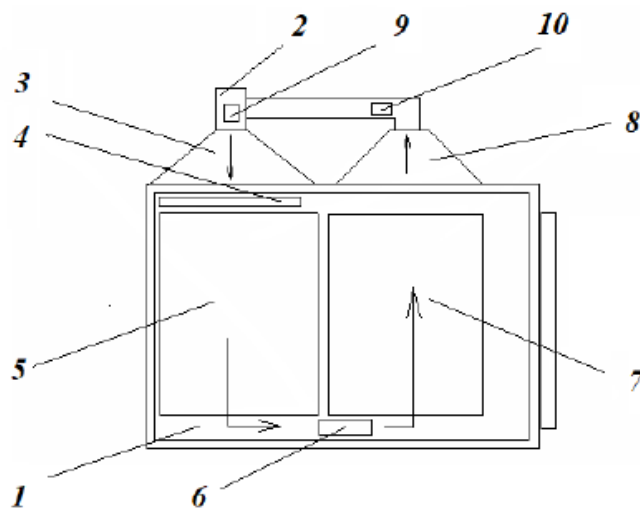


Рис. 2.6. Схема камерної сушарки:

1 – камера, 2 – відцентровий вентилятор, 3 – дифузorz, 4 – перша батарея нагрівальних елементів, 5 – перший візок, 6 – друга батарея нагрівальних елементів, 7 – другий візок, 8 – конфузorz, 9 – шибер, 10 – компенсуючий шибер

Камерна сушарка (рис. 2.6) складається із сушильної камери (1) в яку заїжджають два візки (5,7). Корпус, в свою чергу, поділяється на внутрішній та зовнішній. Сушильна камера (1) ізольована базальтовою ватою, товщина шару якої коливається від 0,2 до 0,35 м. Встановлений вентилятор відцентрового типу (2) (продуктивність 3000 м. куб/год., робочий тиск 360 Па)

на вході в сушильну камеру. Для нагріву теплоносія встановлені електричні товстоплівкові нагрівальні елементи (4,6) загальною потужністю 42 кВт. Кабелі, котрі живлять нагрівальні елементи всередині камери, використали негорючого типу НГ із температурним допуском + 110 °С. Для роботи камерної сушарки передбачені автоматичні пристрої для регулювання: температури теплоносія (реле температури ТК - 6); час роботи (реле часу Т - 2); швидкість руху теплоносія (частотний регулятор).

В середині камери (1) також розміщені три реле для вимірювання вологи та температури РКВТ – 2/16. Вони розміщені на вході в сушарку теплового агента, між візками та на виході із сушарки теплоносія. Для регулювання викиду відпрацьованого теплоагенту в камерній сушарці передбачені шибер (9) та компенсаційний шибер (10) для підводу свіжого повітря.

Сушарка являє собою камеру (1) в яку заїжджають два візки загальною площею сушіння 20 м<sup>2</sup>. Для збільшення ефективності всередині камери змонтовані нагрівальні елементи, відповідно до руху теплового агента, нагрівальні елементи встановлені перед візками по всій їх висоті та розміщені навпроти піддонів. Відцентровий вентилятор (2) нагнітає повітря через дифузор (3) до першої батареї нагрівальних елементів (4), де воно нагрівається і потрапляє на перший візок (5). Після того як тепловий агент проходить перший візок, він насичується випареною вологою із матеріалу, та його температура знижується. Після першого візка тепловий агент потрапляє на другу батарею нагрівальних елементів (6), де догрівається та проходить другий візок (7) ще більше насичуючись випареною вологою із матеріалу, і його температура знижується. Після другого візка тепловий агент насичений вологою через конфузор (8) потрапляє до вентилятора (2) який нагнітає його знову в камеру, але перед цим через шибер (9) певна кількість відпрацьованого теплоносія виводиться за межі сушарки, через компенсуючий шибер (10), завдяки зоні розрідження, частково всмоктується свіже повітря. Таким чином сушильна установка працює з частковою рециркуляцією теплоносія. Якщо

шибери (9,10) зачинені, то сушарка працює з повною рециркуляцією теплоносія. Нагрівальні елементи (рис. 2.7), які використані в камерній сушарці в кількості 42 шт [60].



Рис. 2.7. Товстоплівковий нагрівальний елемент, тип якого використаний в камерній сушарці HE 385x75x3мм; U-220 В; P-1000 Вт

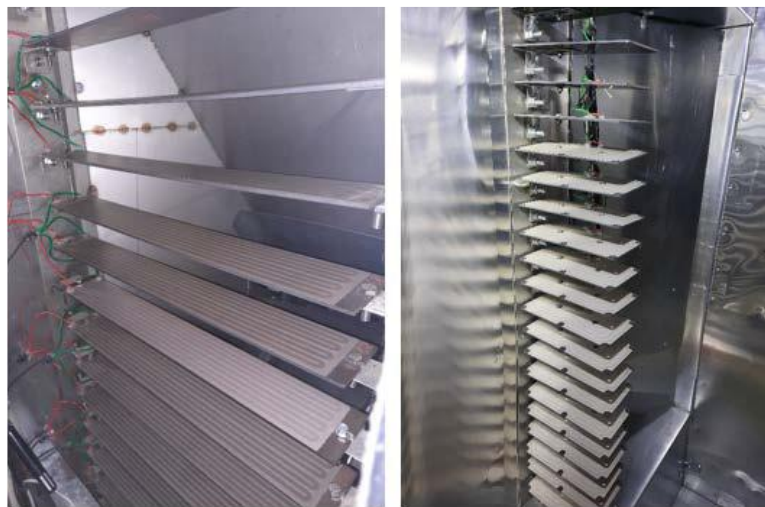


Рис. 2.8. Товстоплівкові нагрівальні елементи встановлені в камерній сушарці



а)

б)

в)

Рис. 2.9. Загальний вигляд камерної сушарки

а – вигляд спереду, б – шафа керування, в – вигляд з візками

Нагрівальні елементи розміщені на протилежних стінках тунельної сушарки по 21 шт. (рис. 2.8). Кількість нагрівальних елементів 21 + 21 шт., потужність кожного елемента 1 кВт, відстань між елементами 60 мм.

На рис. 2.9 зображено зовнішній вигляд енергоефективної камерної сушарки, а технічна характеристика наведена у таблиці 2.5 [60].

Таблиця. 2.5. Технічна характеристика камерної сушарки

Продуктивність по вологій сировині, кг	100
Температура сушіння матеріалу, °С	50 – 100
Швидкість руху теплоносія, м/с	1 - 5
Загальна потужність установки, кВт	43,5
Продуктивність вентилятора, м <sup>3</sup> /год.	3000
Тиск вентилятора, Па	380
Кількість візків в установці, шт.	2
Кількість піддонів на візку, шт.	20
Загальна площа сушіння, м <sup>2</sup>	20
Габаритні розміри сушарки, м	1,43x1,87x1,79

Вимірювання термодинамічних показників активності води усіх зразків здійснювали на приладі Aqualab3TE (Rotronic, Швейцарія) за температури 18-20 °С з точністю вимірювання 1,5 %, 0,3 °С, 0,003 од.  $a_w$ +1.5% від значення (рис. 2.10).

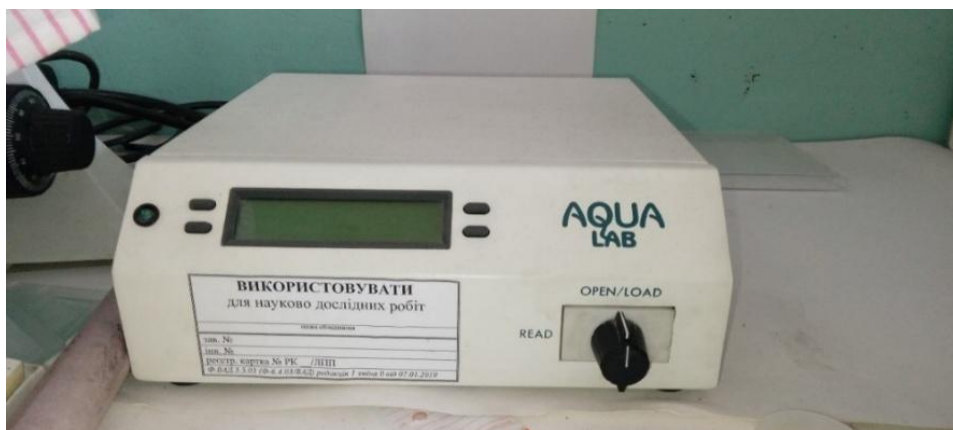


Рис. 2.10. Прилад Aqualab3TE (Rotronic, Швейцарія)

## 2.4. Похибка обробки результатів експериментів

Після проведення дослідів проводили статистичну обробку результатів вимірювань за відомою методикою [83].

За результатами дослідів визначили:

а) середнє арифметичне значення отриманих даних:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (2.22)$$

де  $y_i$  – результат  $i$  – го дослідів;

$n$  – кількість дослідів.

б) середню квадратичну похибку по виборці:

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (2.23)$$

в) стандартне відхилення закону розподілу:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}, \quad (2.24)$$

г) середню арифметичну похибку середнього арифметичного:

$$\sigma = \frac{S_c}{\sqrt{n}}, \quad (2.25)$$

в) коефіцієнт варіації:

$$V_m = \frac{S_c}{\bar{y}} \cdot 100\%, \quad (2.26)$$

д) похибка дослідів:

$$v = \pm \frac{S_c}{(\bar{y}\sqrt{n})} \cdot 100\%, \quad (2.27)$$

Для перевірки того, що розсіювання експериментальних даних носить випадковий характер, визначаємо коефіцієнти асиметрії  $g$  і ексцесу  $E$  за формулами:

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^3}{\left[ \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \cdot \sqrt{n}, \quad (2.28)$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^4}{\left[ \sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2 \right]^2} \cdot n - 3, \quad (2.29)$$

Розсіювання вважаємо випадковим, якщо воно значно перевищує величину  $\sigma_g$  і  $\sigma_E$ , які визначаються виразами:

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{6 \cdot (n-1)}{(n-1) \cdot (n+3)}}, \quad (2.30)$$

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24 \cdot n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n-1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}}, \quad (2.31)$$

Якщо  $g > 3 \cdot \sigma_g$  і  $E > 3 \cdot \sigma_E$  тоді проводяться додаткові вимірювання.

Результати досліджень були середніми не менше, ніж трьох повторень. Закономірності підтверджувались в кожному паралельному дослідженні. Експериментальні дані оброблялись за Фішером – Стьюдентом на рівні 0,95.

## 2.5. Висновки до другого розділу

1. У розділі обґрунтовано вибір сировини для подальшого дослідження.
2. Наведено опис приладів та установок, за допомогою яких були проведені експериментальні теплофізичні, фізико-хімічні дослідження харчових продуктів з підвищеним вмістом білку та викладено методи проведення і обробки результатів експериментальних досліджень.

3. Викладено підібрані та використані методики для проведення і обробки результатів експериментальних досліджень.

4. В дослідженнях використовували стандартні прилади і методи, а саме: експериментальний стенд для дослідження процесів конвективного сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів - для визначення кінетики сушіння досліджуваної сировини; прилад Aqualab3TE – для визначення показнику активності води м'яса курятини; методика визначення каротиноїдів, методика визначення коефіцієнту набухання та відновлюваності ваговим методом Б.В.Зозулевича, методика визначення кислотного числа м'яса курятини шляхом титрування розчином лугу вільних жирних кислот.

5. Аналіз похибок експериментальних вимірювань підтвердив точність отриманих результатів.

## РОЗДІЛ 3.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

#### 3.1. Дослідження тепломасообмінних процесів підготовки матеріалів до сушіння

##### 3.1.1. Дослідження попередньої підготовки білково-каротиновмісних композицій

Були проведені дослідження з підготовки білково-каротиновмісної сировини на експериментальному конвективному сушильному стенді з автоматичним збором та обробкою інформації в Інституті технічної теплофізики НАН України іншими дослідниками [76, 77].

Як було сказано вище, каротиноїди найкраще перетворюються у ретинол тоді, коли в раціоні харчування є достатня кількість легкозасвоюваного білку та жиру. Тому раціональним було створення таких каротиновмісних композицій, які містили б у собі повний комплекс цих сполук. Цим вимогам відповідає такі рослини, як горох, квасоля.

Створення білково-каротиновмісної композиції безпосередньо, як відомо, впливає на зменшення енерговитрат на підготовку до сушіння і на зменшення тривалості сушіння, що видно з кривих кінетики та швидкості сушіння. Відповідно, збереження каротиноїдів було визначено за стандартною методикою [77].

Сама гіротермічна обробка майже не руйнує каротиноїди, ці мінімальні втрати обумовлені механічним руйнуванням хромопластів на лінії розрізу паренхіми моркви.

За рахунок дії ферментів ліпоксигеназного комплексу під час сушіння необробленої моркви, як відомо, втрачаємо до 44% каротиноїдів. Обробка парою та водою моркви протягом 2 хв призводить до 13,5 – 19,8% втрат каротиноїдів під час сушіння, що свідчить про неповну інактивацію ферментів. Найкращі результати отримані бланшування парою 3 – 5 хв або

водою 3 хв, але при цьому під час сушіння руйнується від 11 – 12 % каротиноїдів [76, 77]. Для використання в промислових масштабах білково-каротиновмісної сировини, були проведені дослідження для повного завантаження сушарки, які підтвердили правильність підібраних режимів підготовки.

Поєднання моркви з бобами з температурою матеріалу 90 °С перед сушінням зберігає каротиноїди в процесі сушіння. Наприклад, втрати каротиноїдів у горохово-морквяній суміші становлять 23,5 %, що у 1,87 разів менше у порівнянні з морквою. Звідси очевидно, вже під час подрібнення та перемішування відбувається стабілізація каротиноїдів за рахунок жиру та білків [79].

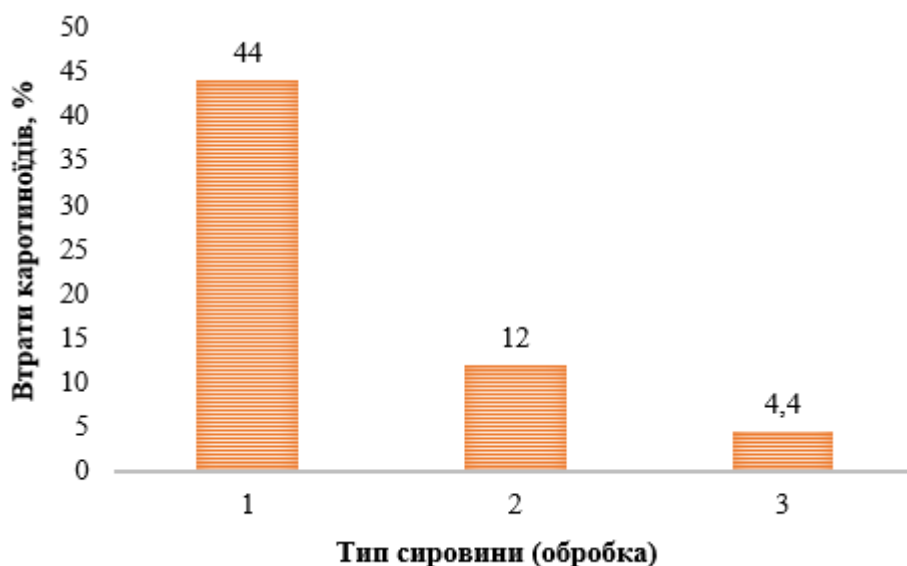


Рис. 3.1. Гіротермічна обробка антиоксидантної сировини:

1 – морква без гіротермічної обробки; 2 – гіротермічна обробка моркви; 3 – гіротермічна обробка квасолево-морквяної сировини

На рис. 3.1. представлені результати підготовки антиоксидантної сировини на основі моркви та квасолі до сушіння. Найбільші втрати каротиноїдів, як видно з рис. 3.1 без підготовки сировини до сушіння 44 % (поз. 1). Режими бланшування моркви дозволили зменшити втрати каротиноїдів під час сушіння до 12 % (поз. 2). Купажування каротиновмісної

сировини дає найкращі результати при яких втрати становлять 4,4 % (поз. 3). Отже, оптимальними умовами підготовки каротиновмісної сировини є купажування [79].

З літературних джерел відомо [76, 77], що горох та квасоля мають антихарчові компоненти, які потрібно ліквідувати при попередній обробці. Тому квасолі та горох, які мають температуру 98 °С змішують з подрібненою непрогрітою морквою, температура суміші становить 60 °С, що достатньо для інактивації ліпоксигенази, при цьому виключається окрема гіротермічна обробка моркви.

Отже, оптимальною попередньою обробкою для каротиновмісної сировини є купажування моркви з білково- та жироровмісними компонентами та обробка парою протягом 3 хв при температурі середовища 98 °С та витримка суміші протягом 7 хв при температурі 55,8 °С. З використанням цих розроблених режимів втрати каротиноїдів мінімальні та становлять 4,4 %. Повний хімічний склад вихідної досліджуваної сировини наведено у [76].

Свіжу моркву в дозрілому стані, горох, квасолі було придбано в супермаркеті м. Києва і зберігали в холодильнику. При підготовці до експериментів моркву мили, очищали від шкірки та нарізали на стружку. Горох та квасоля були піддані попередній підготовці, а саме бобові заливали водою з температурою 20 °С та залишали на 1 годину, після цього їх варили 15 хв [79].

Для проведення досліджень були створені білково-каротиновмісні суміші в дослідно-промислових масштабах, а саме горохово-морквяну, квасолево-морквяну у співвідношенні 1:2 [79].

### **3.1.2. Дослідження гіротермічної обробки м'яса курятини**

На функціональні властивості отриманої продукції впливає попередня підготовка сировини (нарізання, варіння). Теплова обробка м'яса доводить продукт до споживчої якості, зменшує мікробне та гельмінтне забруднення.

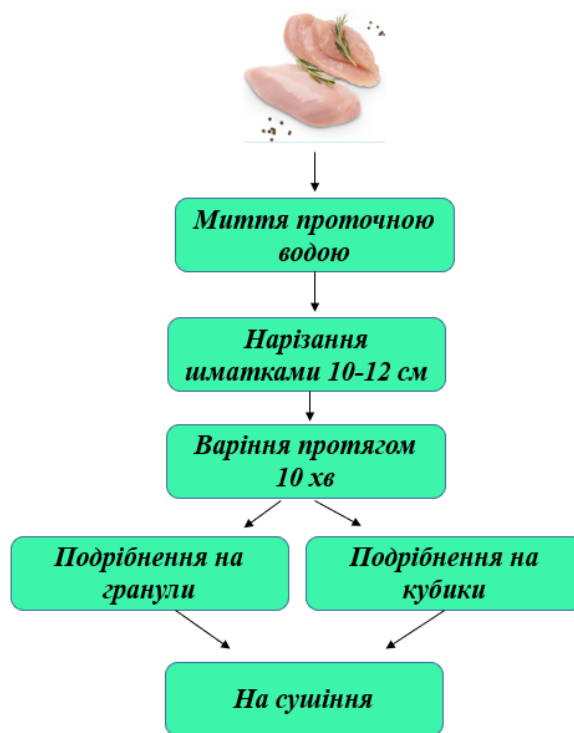


Рис. 3.2. Попередня підготовка м'ясної сировини до сушіння

Попередню підготовку м'яса курятини до сушіння представлено на рис. 3.2. М'ясо курячої грудки промивали під проточною водою, нарізали на шматочки 10-12 см та варили протягом 10 хв з моменту закипання. Після цього нарізали м'ясо на кубики формою 5х5х5 мм. Або для отримання гранул використовували побутову м'ясорубку з діаметром сітки 5 мм, на якій перекручували відварене м'ясо, в результаті чого були отримані гранули діаметром 5 мм. Сировина у вигляді гранул чи кубиків далі подавалась на сушіння.

### **3.2. Дослідження кінетики процесу сушіння білково-каротиновмісної сировини на дослідно-промисловій установці**

Зневоднення рослинних матеріалів, як вже підкреслювалось, – один з важливіших технологічних етапів у теплотехнології, який суттєво обумовлює якість готової продукції. Рослинні комбіновані композиції, як об'єкти сушіння, є складними за своєю структурою, фізико-хімічним та біохімічним складом. Вони поєднують у собі властивості зернових, овочів і фруктів з багатим мінеральним та вітамінним складом та високими поживними властивостями рослинного білку. Як відомо, вміст рослинного білку надає їм

особливі властивості зі збереженням та кращим засвоюванням каротиноїдів. Дослідження кінетики процесу сушіння білково-каротиновмісної сировини проводили на таких об'єктах, як горохово-морквяна, квасолево-морквяна композиції у співвідношенні 1:2 на дослідно-промисловій сушарці із завантаженням до 80 - 100 кг матеріалу [79].

Були проведені експериментальні дослідження з сушіння горохово-морквяної композиції у діапазоні температур теплоносія від 60°C до 100°C. Результати досліджень представлені у вигляді кривих кінетики зневоднення та швидкості сушіння наведені на рис. 3.3, 3.4. Зміна температури суміші та зменшення вологовмісту матеріалу визначали в автоматичному режимі, тому відсутні точки на кривих [79].

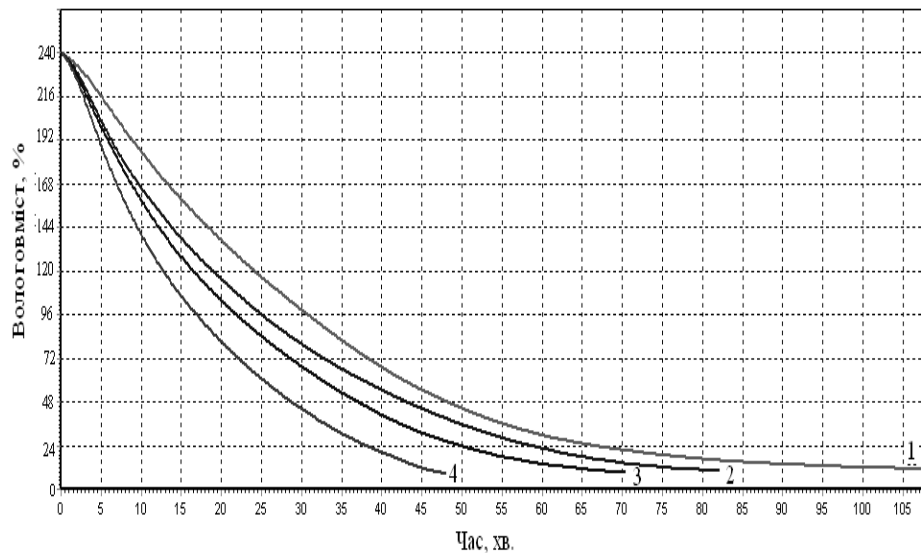


Рис. 3.3. Вплив температури теплоносія на процес сушіння горохово-морквяної композиції (1:2) в шарі

$\delta = 10$  мм,  $V = 3,5$  м/с;  $W_k^c = 10$  %;  $d = 10$  г/кг с. п.:

1 – 60°C, 2 – 70 °C, 3 – 80°C, 4 – 100°C

Тривалість сушіння матеріалу в режимі теплоносія 100°C зменшується в 2,3 раз в порівнянні з тривалістю процесу при 60°C (рис. 3.3) [79].

Однак у режимі теплоносія 100 °C спостерігається різке підвищення температури матеріалу, і після того як матеріал досяг температури 80 - 90 °C, відбулось незначне потемніння та псування зовнішнього вигляду, що свідчить

про втрату якісних показників продукту. Сумісний аналіз кривих швидкості сушіння показав, що процес сушіння бінарної суміші проходить у другому періоді (рис. 3.4).

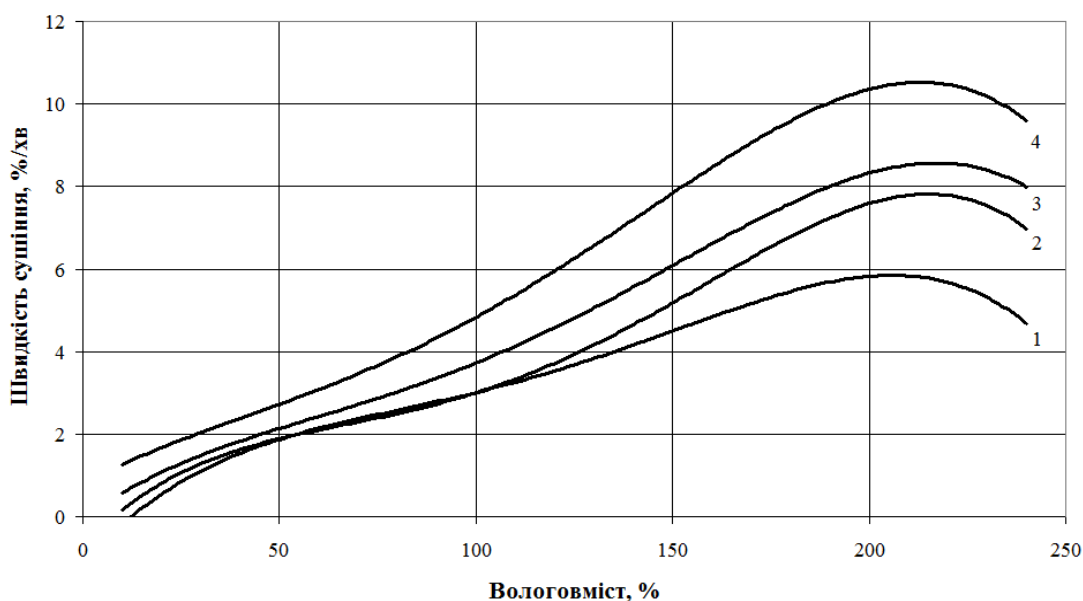


Рис. 3.4. Зміна швидкості сушіння горохово-морквяної композиції (1:2) від температури теплоносія  $\delta = 10$  мм,  $V = 3,5$  м/с;  $W_k^c = 10$  %;  $d = 10$  г/кг с. п.:  
1 – 60°C, 2 – 70 °C, 3 – 80°C, 4 – 100

Криві швидкості сушіння антиоксидантної сировини мають вигляд характерний для колоїдних капілярно-пористих матеріалів. В міру поглиблення зони випаровування всередину матеріалу температура його поверхні підвищується, а швидкість вологовіддачі зменшується. Криві швидкості сушіння показують, що із збільшенням температури теплоносія інтенсивність зневоднення зростає. З підвищенням температури теплоносія максимальна швидкість сушіння підвищується. При температурі теплоносія 100 °C максимальна швидкість складає 10,5 %/хв., що в 1,75 рази більше за максимальну швидкість при температурі 60°C [79].

Вибір режиму сушіння залежить від якісних показників горохово-морквяної суміші, яка оцінювалась за відсотком збереження каротиноїдів. Як показали проведені дослідження температура теплоносія впливає на якість висушеного матеріалу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Вплив температури теплоносія на збереження каротиноїдів в горохово-морквяній суміші

Температура, °С	Швидкість, м/с	Шар, мм	Каротиноїди (% збереження)
60	3,5	10	88,5
70	3,5	10	97,9
80	3,5	10	92,7
100	3,5	10	52

При температурі 100 °С каротиноїди у горохово-морквяній композиції зберігаються лише на 52 %. Температура 60 °С також призводить до втрат каротиноїдів. Оптимальною температурою сушіння горохово-морквяної композиції є температура теплоносія 70 °С при якій на 97,9 % зберігаються каротиноїди, як і нативної моркви [79].

Експериментальні дослідження засвідчили, що найкращі якісні показники сушіння горохово-морквяної композиції отримані при режимі: температура 70 °С, швидкість 3,5 м/с та товщина шару матеріалу 10 мм.

Горохово-морквяна композиція відноситься до антиоксидантів. Дослідження якісних показників інших антиоксидантних сумішей на основі моркви проводили в залежності від температури теплоносія, який має найбільший вплив на якісні показники.

Наприклад, з підвищенням температури теплоносія від 60 до 100 °С тривалість сушіння квасолево-морквяної суміші від початкової вологості 190 % до кінцевої 10 % зменшується в 1,9 рази. Кінетика процесу сушіння квасолево-морквяної суміші від дії температури теплоносія представлена на рис. 3.5, 3.6.

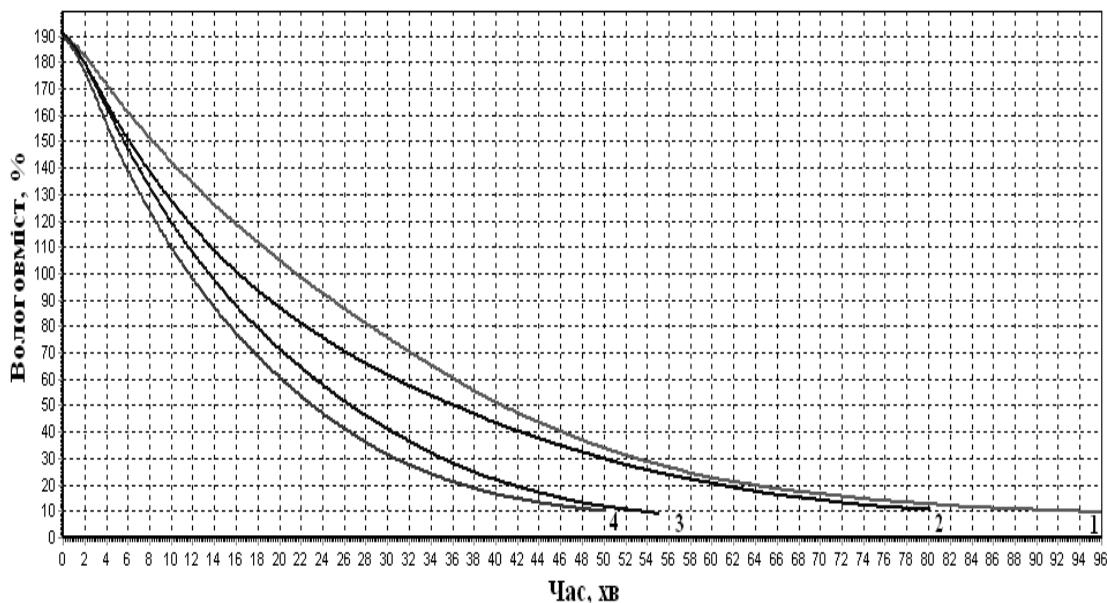


Рис. 3.5. Вплив температури теплоносія на процес сушіння  
квасолево-морквяної композиції (1:2) в шарі  
 $\delta = 10$  мм при  $W_k^c = 10\%$ ;  $V = 3,5$  м/с;  $d = 10$  г/кг с. п.:  
1 – 60°C, 2 – 70 °C, 3 – 80°C, 4 – 100°C

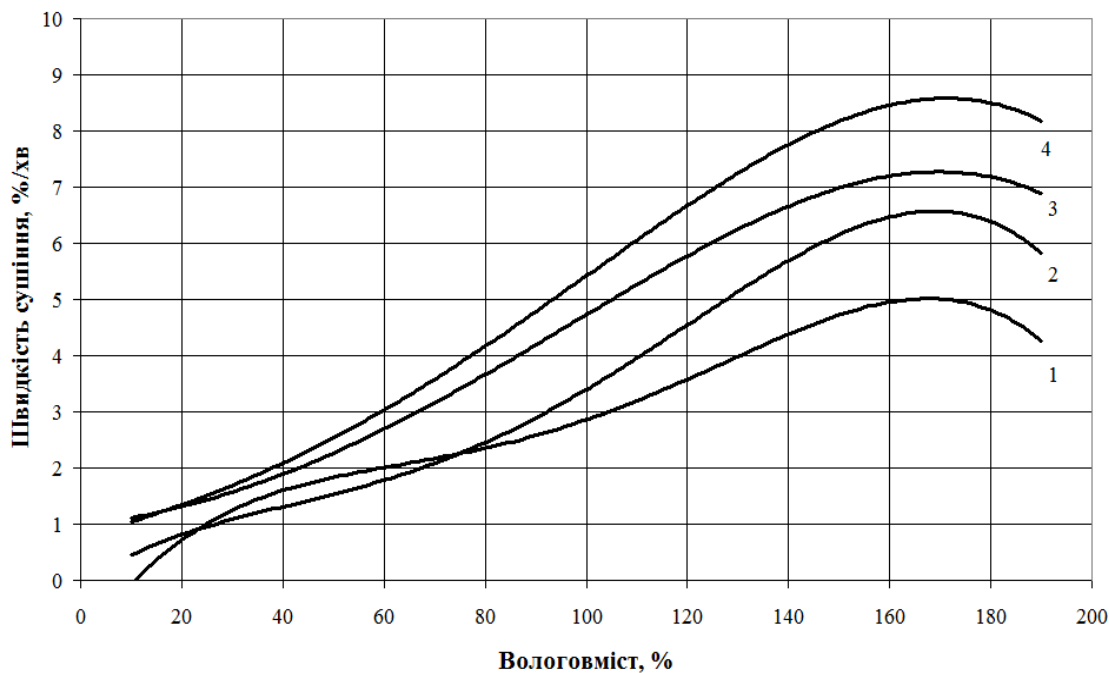


Рис. 3.6. Вплив температури теплоносія на швидкість сушіння  
квасолево-морквяної композиції (1:2)  
в шарі  $\delta = 10$  мм,  $W_k^c = 10\%$ ;  $V = 3,5$  м/с;  $d = 10$  г/кг с. п.:  
1 – 60°C, 2 – 70 °C, 3 – 80°C, 4 – 100°C

Максимальна швидкість сушіння при температурі теплоносія 100 °С складає 8,5%/хв., що більше за максимальну швидкість при температурі 60 °С в 1,7 рази (рис. 3.6). Найкраще збереження каротиноїдів в квасолево-морквяної суміші відбувається при температурі 70°С і складає 94,6% (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. Вплив температури теплоносія на збереження каротиноїдів в квасолево-морквяній композиції (1:2)

Температура, °С	Швидкість, м/с	Шар, мм	Каротиноїди (% збереження)
60	3,5	10	85,2
70	3,5	10	94,6
80	3,5	10	88,2
100	3,5	10	41,2

Змішування бобових культур (гороху та квасолі) з морквою та наступна термічна обробка показало високе збереження каротиноїдів з насиченням утвореного продукту білками та жиром.

Сушіння при температурі 60, 80°С не забезпечує високого збереження каротиноїдів і відрізняється в сторону зменшення від температури 70°С на 6,4...9,4%. При температурі сушіння 100 °С квасолево-морквяної композиції втрати каротиноїдів складають 58,8 % (табл. 3.2).

Візуально можна спостерігати утворення коричневого відтінку при температурі 100 °С – це характерний признак утворення меланоїдів, що свідчить про погану якість кінцевого продукту. Найменші втрати каротиноїдів спостерігається в горохово-морквяній суміші на рівні 2 %.

Найкращі результати збереження каротиноїдів отримані при тепловому режиму сушіння 70 °С і становлять 95 – 98 %. При цьому антиоксидантна суміш на вигляд за кольором не відрізняється від початкової сировини.

### 3.3. Дослідження кінетики процесу сушіння м'яса курятини

Дегідратація білків – це процес видалення вологи. Дегідратація також являється дуже важливим фактором технології, який забезпечує як органолептичні показники білкововмісних продуктів, так і функціональну активність білкових речовин [84, 85].

Розрізняють оборотну та необоротну дегідратацію. Як правило, необоротна дегідратація супроводжується денатурацією білків. Дегідратація білкововмісних продуктів може бути наслідком впливу неефективного технологічного процесу, а також результатом впливу різних небажаних факторів, наслідком яких є втрати функціональних властивостей білками, наприклад, розчинності чи водоутримуючої здатності [86].

Оскільки причинами денатурації є дія теплової енергії, хімічних речовин, інтенсивний механічний вплив, плин часу, опромінення або їх комплексна дія, то ці фактори і є причинами дегідратації. В реальних технологічних процесах, ймовірно, неможливо точно встановити причинно-наслідкові зв'язки таких факторів як денатурація, дегідратація та зміна агрегатного стану білків, оскільки ці процеси йдуть одночасно та характеризують технологічний процес з різних сторін.

Однією з причин дегідратації є денатурація білків, в результаті чого змінюється як їх агрегатний стан, так і відношення до води. Тому одним із основних ознак дегідратації є переходи колоїдного стану білкових речовин: золь-гель, гель (1-го роду) – гель (2-го роду), розчин-флокулят.

Причиною дегідратації можуть бути також денатураційні зміни білку під дією теплової енергії. Більшість технологічних процесів побудовані на ефекті теплової денатурації білкових речовин та, як наслідок, необоротній дегідратації білків. Одночасні процеси денатурації, коагуляції та агрегації призводять до дегідратації білкових систем.

Під денатурацією розуміють втрату білками їх природних (фізико-хімічних, біологічних) властивостей в результаті зміни їх унікальної

структури під впливом різних факторів. Деякі технологічні фактори – висока чи низька температура, різні опромінення, значні зміни рН, іонна сила, зміна колоїдної рівноваги, інтенсивна механічна дія та інші поверхневі ефекти, ферментація, протеоліз, хімічні речовини та модифікація, вплив часу – викликають денатурацію білків. При цьому порушуються найбільш чуттєві четвертинна, третинна і вторинна структури білків. Первинна, як правило, не порушується. Але під впливом хімічних факторів можливе порушення і на рівні первинної структури.

Потрібно одночасно оцінювати фізіологічну роль денатурації. Втрата білком в процесі денатурації своєї біохімічної індивідуальності в цілому полегшує переварювання готових продуктів. Тому засвоєння денатурованих білків, як правило, відбувається більш ефективно, ніж нативних. Це також стосується інактивації білків-інгібіторів, наприклад, в насінні олійних культур. Ці білки виконують в рослинах захисну функцію, але в значній мірі впливають на травлення людини, суттєво зменшуючи функцію трипсину і хімотрипсину. Денатурація, як технологічний фактор, значно знижує вплив цих білків. Але відомо, що засвоєння залежить від ступеня денатурації. Так, білково-вуглеводні комплекси утворюються при реакції меланоїдиноутворення у відношенні білка оцінюються як денатурація, засвоюються гірше рецептурних компонентів, а продукти більш глибоких стадій меланоїдиноутворення здатні в певній мірі негативно впливати на травлення [86].

Отже, дослідження сушіння конвективним способом м'яса, враховуючи вище описані властивості, дозволить отримати якісну продукцію.

Одним із основних параметрів сушіння є температура теплоносія, яка сприяє формуванню відповідних функціонально-технологічних властивостей сушеного м'яса. Параметрами сушіння формують відповідні функціонально-технологічні властивості сушеного м'яса. Під час досліджень було використано курячу грудку.

На функціональні властивості отриманої продукції впливає попередня підготовка сировини (нарізання, варіння), яка була описана в підрозділі 3.1.2. «Дослідження гідротермічної обробки м'яса курятини».

### **3.3.1. Експериментальні дослідження м'яса курятини на конвективному стенді**

Дані для побудови кривих сушіння були отримані на експериментальному стенді з автоматичним збором та обробкою інформації. При цьому автоматично фіксувалась маса зразка та зміни його температури в процесі сушіння. Зневоднення відбувається нагрітим повітрям при постійному режимі, тобто при постійній температурі повітря  $t_c$ , його відносній волозі  $\varphi$  та швидкості руху теплоносія  $v$ . Для інтенсифікації процесу сушіння було використано стенд із встановленим в сушильну камеру блоком інфрачервоних ламп з можливістю регулювання теплового потоку від  $100 \text{ Вт/м}^2$  до  $3800 \text{ Вт/м}^2$ . Зміна потужності ламп відбувається регулятором реостатного типу [87, 88].

Інфрачервоне або радіаційне сушіння – видалення рідини, найчастіше всього води з матеріалів при підводі до них теплоти ІЧ випромінюванням (ІЧВ). Пристрої з ІЧВ сушінням знайшли використання в різних галузях промисловості. Основним недоліком ІЧВ сушіння є нерівномірність випромінювання, яке надходить на нерівну поверхню дисперсних матеріалів при їх зневодненні через що відбувається їх локальний перегрів або недогрів. Найбільше ці недоліки проявляються при сушінні ІЧВ термолабільних матеріалів, температура яких не може перевищувати  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . До них відносяться матеріали рослинного і тваринного походження, а також велика кількість полімерів. При цьому треба мати на увазі, що термічне руйнування, наприклад, матеріалів тваринного походження призводить не тільки до «обвуглювання» продуктів сушіння, а й до теплового руйнування в продукті амінокислот, втрати вітамінів та інших біологічно активних компонентів сировини.

Теплове випромінювання, яке використовується в техніці, має довжину хвилі в інтервалі  $\lambda = 0,8\text{-}800 \text{ мкм}$ . Передача необхідної для випарювання

енергії від джерела випромінювання до молекул води в складі, матеріалу, що зневоднюється, відбувається збудженням теплових коливальних процесів резонансними частотами спектра випромінювання молекул води і молекул самого матеріалу. В загальному випадку для взаємодії теплового випромінювання з матеріалом, сушіння є актуальним в усьому інфрачервоному діапазоні довжини хвиль. Тому, при виборі джерела випромінювання можливо розглядати його як абсолютно чорне або сіре тіло, яке має цілий спектр випромінювання з розподілом, яке описується законом Планка [41, 42].

$$e(\lambda n T) = 2\pi C_1(n) \left( \lambda^5 \left[ e^{\frac{C_2(n)}{\lambda T}} - 1 \right] \right)^{-1} \quad (3.1)$$

де,  $e(\lambda n T)$  – спектральна напівкуляста густина випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  – довжина хвилі, м;  $T$  – абсолютна температура, К;  $C_1(n) = h C(n)^2$ ;  $C_2(n) = \frac{hc(n)}{K}$ ;  $C(n) = \frac{c_0}{n}$ ;  $C_0 = 2.9979 \cdot 10^8$  – швидкість світла в вакуумі, м/с;  $n$  – коефіцієнт переломлення середовища;  $h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$  – постійна Планка, Дж\*с;  $K = 1,3806 \cdot 10^{-23}$  – постійна Больцмана.



Рис. 3.7. Зовнішній вигляд сушильної камери із застосуванням інфрачервоних ламп з можливістю регулювання теплового потоку від 100 Вт/м<sup>2</sup> до 3800 Вт/м<sup>2</sup>

Дослідженнями встановлено, що найбільш оптимальний при використанні в установках ІЧВ сушіння є лампові джерела випромінювання – лінійні газонаповнені лампи розжарювання з вольфрамовою спіраллю. Такі лампи малоінерційні, що забезпечує високу керованість процесом теплового впливу на матеріал, а також в найбільшій мірі відповідають вимогам екологічної чистоти при переробці термолабільних матеріалів.

Тому при дослідженнях кінетики сушіння м'яса курятини був використаний ламповий ІЧВ нагрівач, а тривалість його дії керувалась значенням температури, матеріалу, що зневоднюється.

Сушильна камера має прозоре скло через яке можна спостерігати за станом матеріалу в процесі сушіння (рис. 3.7). Через скло видно зміни кольору матеріалу та усадку.

Всі ці зміни взаємопов'язані та впливають на механізм перенесення теплоти та вологи в матеріалі під час сушіння. Процес сушіння є нестационарним, він ускладнений випаровуванням вологи та переносом теплоти та описується за допомогою кривих сушіння кривими швидкості сушіння та температурними кривими.

На рис. 3.8 представлена кінетика сушіння м'яса курятини (грудка) при різних режимах конвективним сушінням (55 °С, 80 °С) та комбінованим інфрачервоним випромінюванням із конвективним 3800 Вт/м<sup>2</sup>+55 °С [42, 89].

Криві сушіння характеризують зміну середньої (інтегральної) вологи матеріалу  $W$  в часі  $t$  і мають характерний для колоїдних капілярно-пористих матеріалів вигляд.

Як видно з рис. 3.8, конвективне сушіння при температурі теплоносія 80 °С, відбувається досить інтенсивно. Температура матеріалу швидко досягає критичної межі 57 °С на 18-19 хвилині процесу (крива 3'), при цьому вологість матеріалу знизилась більше, ніж на половину  $W=38\%$  (крива 3). Висушений до кінцевої вологості матеріал був неякісний. За рахунок розкладання цінних харчових компонентів його кінцева вологість більша, ніж при режимі 55 °С.

Це показує, що інтенсивний режим 80 °С досить небезпечний і його можна застосовувати лише нетривалий час, поки температура матеріалу не перевищила критичну межу 57 °С.

При температурі теплоносія 55 °С, процес сушіння досить повільний. Тривалість сушіння до кінцевої вологості (крива 1, 1') біля 120 хв, що у 2 рази довше, ніж при режимі 80 °С, але при цьому режимі прогрів матеріалу дуже повільний, його кінцева температура не перевищує критичну межу 57 °С.

Дослідження комбінованого режиму, при якому відбувається весь час конвективний спосіб сушіння при 55 °С, але для інтенсифікації процесу на початку експерименту матеріал піддавався ще й ІЧВ. В результаті відбулося інтенсивне прогрівання матеріалу, при якому вже через 5 хв матеріал досягнув температури майже 55 °С, при цьому вологість була  $W=58\%$ , тобто вона знизилась від початку процесу всього на 15 %. Щоб матеріал не перетнув критичну температурну межу, ІЧВ було вимкнено і далі відбувалось лише конвективне сушіння при 55 °С.

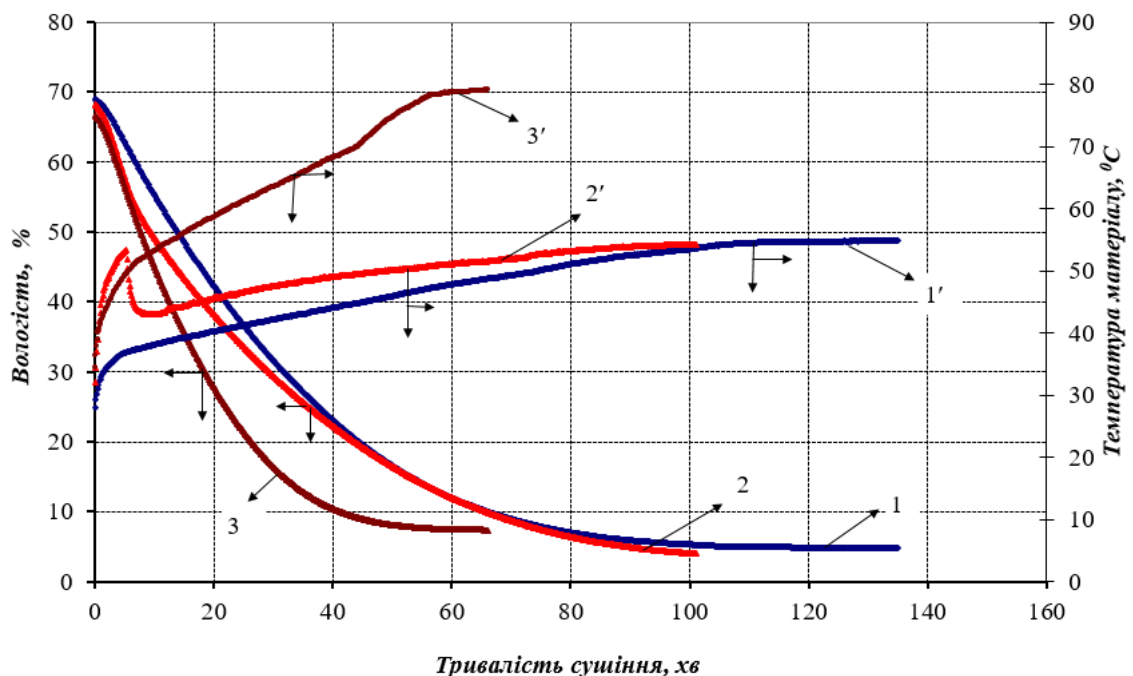


Рис. 3.8. Зміна вологості м'яса курятини за різних режимів сушіння в елементарному шарі, гранули  $d=5 \times 5$  мм,  $v = 3$  м/с,  $d=10$  г/кг с.п:

1, 1' – 55 °С; 2 – ІЧ 3800 Вт/м<sup>2</sup>+55 °С; 3 – 80 °С

Отже, при застосуванні на початковому етапі сушіння ІЧВ показало, що інтенсивність сушіння висока. Вона, як видно з кривої 2, на початку процесу сушіння така як при конвективному сушінні 80 °С (крива 3). Це дозволило скоротити процес сушіння до кінцевої вологості матеріалу в порівнянні з безпечним конвективним режимом 55 °С на 25 %. Висушений матеріал був якісний і відповідав всім вимогам технічних умов на нього.

Криві швидкості сушіння, які показують зміну вологи матеріалу за одиницю часу ( $dW^c/d\tau$ , %/хв), представлені на рис 3.9. Криві сушіння побудовані методом графічного диференціювання за кривими сушіння. Швидкість сушіння в даний час визначається як тангенс кута нахилу дотичної, проведеної через точку кривої сушіння, яка відповідає відповідній волозі матеріалу.

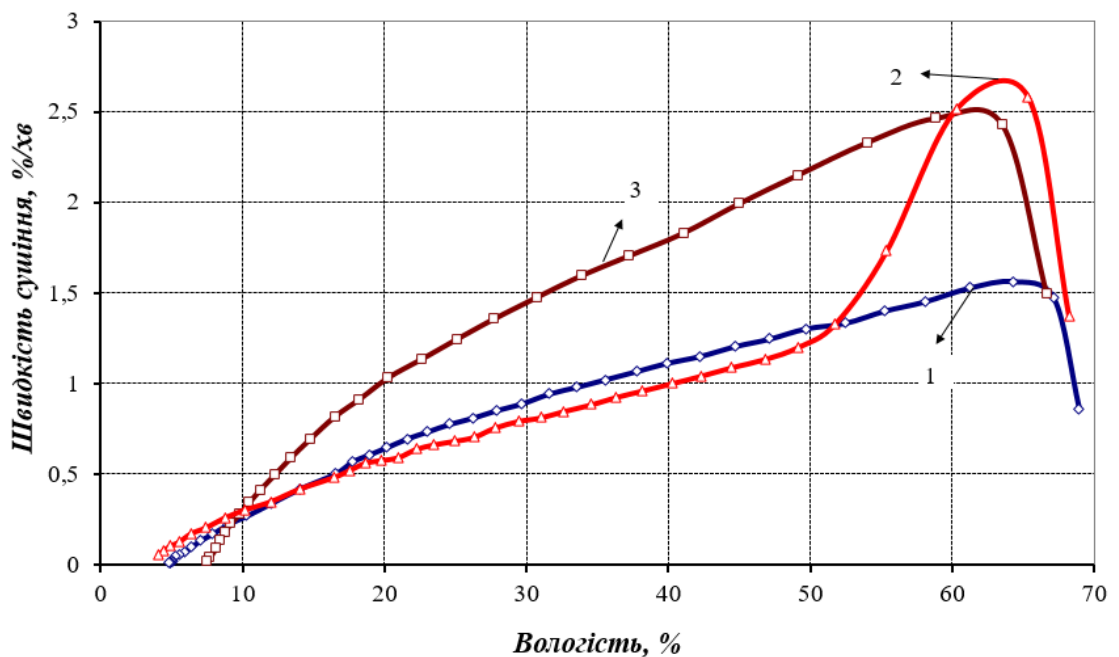


Рис. 3.9. Зміна швидкості сушіння м'яса курятини за різних режимів сушіння в елементарному шарі, гранули  $d=5 \times 5$  мм,  $v = 3$  м/с,  $d=10$  г/кг с.п:

1 – 55 °С; 2 –  $3800 \text{ Вт/м}^2 + 55$  °С; 3 – 80 °С

Як видно з кривих 1,2,3, на рис. 3.9, крива 2 з комбінованим нагрівом матеріалу, на початку процесу має найбільшу швидкість сушіння завдяки ІЧВ прогріву м'яса, і яка перевищує конвективний режим сушіння 80 °С на 6 %, а

при 55 °С – на 40 %. Після вимикання ІЧВ швидкість різко знижується, але в подальшому вирівнюється. Найменша швидкість сушіння відповідає температурі режимного параметру 55 °С, що безпечно для м'яса.

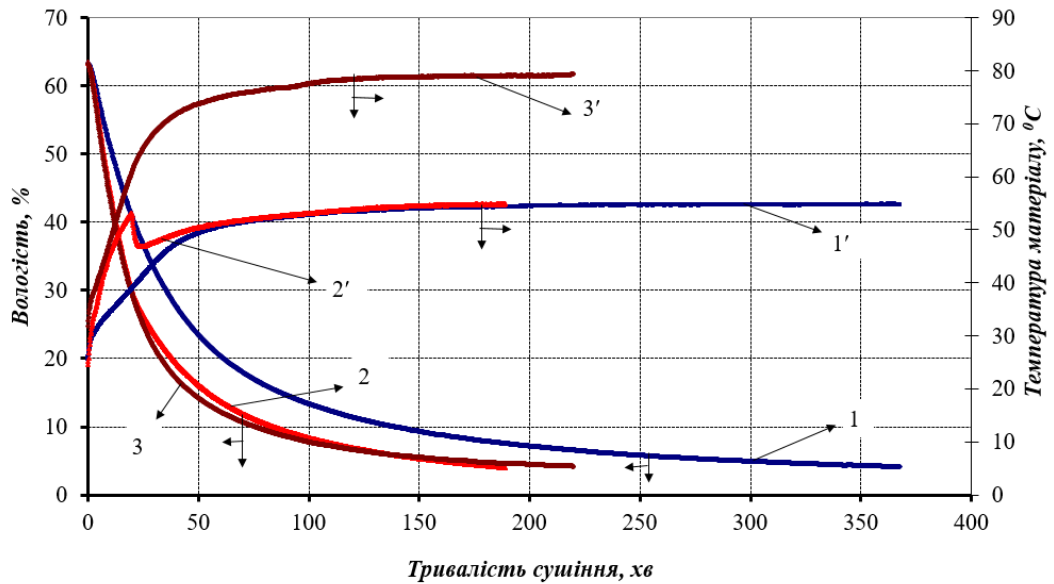


Рис. 3.10. Зміна вологості м'яса курятини за різних режимів сушіння в елементарному шарі, кубики 5x5x5 мм,  $v = 3$  м/с,  $d=10$  г/кг с.п:

1 – 55 °С; 2 – 3800 Вт/м<sup>2</sup>+55 °С; 3 – 80 °С

Дослідження кінетики сушіння м'яса курятини у вигляді кубиків з розміром 5x5x5 мм при тих самих режимах зневоднення, що і для гранул, представлені на рис. 3.10. Як видно з рис. 3.8, початкова вологість гранул становить біля 69 %, а початкова вологість кубиків біля 63 %, що на 6 % менша.

З рис. 3.10 видно, що криві сушіння при інтенсивному режимі 80 °С та комбінованому 3800 Вт/м<sup>2</sup>+55 °С до вологості 28-29 % співпадають. Але температурні криві показують, що комбінований режим безпечний (рис. 3.10., крива 2'), тому що температура матеріалу не перевищує критичну межу 57 °С і зразок м'яса мав високу якість. В той же час при режимі 80 °С, якість м'яса була краща, ніж при сушінні гранул при тому ж режимі, але теж не відповідала вимогам технічних умов на м'ясо. Тривалість сушіння при комбінованому

режимі в 2 рази менша, ніж при конвективному режимі 55 °С, а якість відповідає технічним умовам на м'ясо (рис. 3.10).

Порівняння кривих сушіння гранул і кубиків м'яса, (рис. 3.8, 3.10) показує, що тривалість сушіння гранул при комбінованому режимі 3800 Вт/м<sup>2</sup>+55 °С менша за тривалість сушіння при тому ж режимі кубиків в 2,2 рази. При цьому вага гранули та кубика однакова та становить 0,5 г. Порівняння тривалості конвективного сушіння при температурі 55 °С показує, що гранули зневоднюються швидше за кубики в 2,5 рази.

Аналіз кривих швидкості сушіння кубиків показує, що вони майже не відрізняються від кривих сушіння гранул. При зневодненні кубиків максимальна швидкість зневоднення при конвективному сушінні 80 °С значно більша, ніж при режимі 55 °С (рис. 3.11). При комбінованому сушінні прогрів матеріалу відбувається повільніше у кубиків, ніж у гранул.

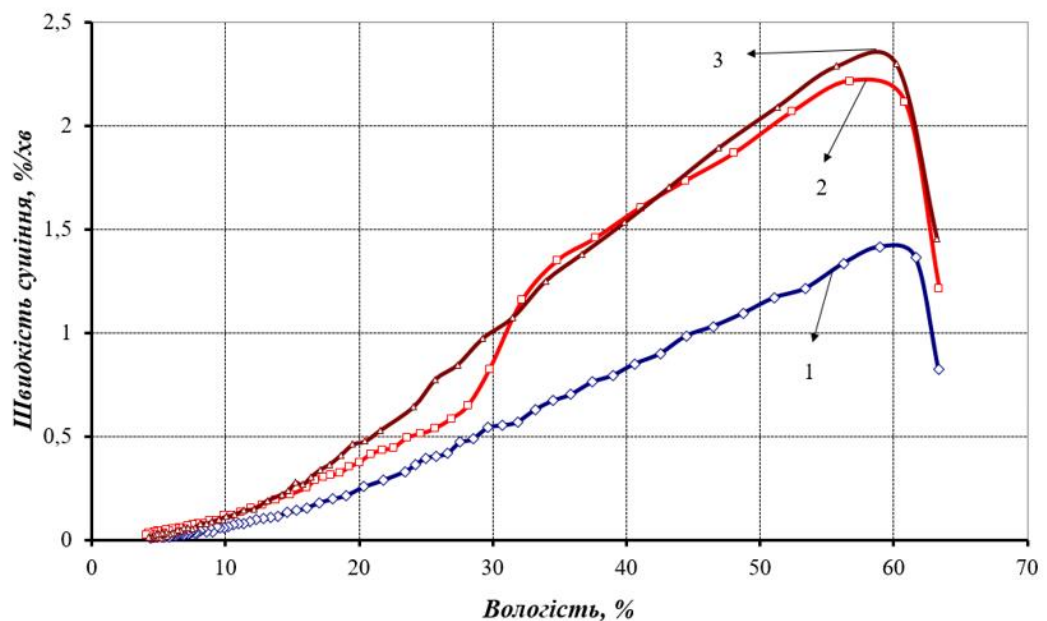


Рис. 3.11. Зміна швидкості сушіння м'яса курятини (кубики) за різних режимів сушіння в елементарному шарі, кубики  $d=5 \times 5 \times 5$  мм,  $v = 3$  м/с,

$d=10$  г/кг с.п:

1 – 55 °С; 2 – 3800 Вт/м<sup>2</sup>+55 °С; 3 – 80 °С

Різниця в сушінні м'яса курятини у вигляді гранул і кубиків цільного вареного м'яса пояснюється різницею в структурі зразків. При утворенні гранул була порушена структура білків м'яса, в той час як у кубиках цільного м'яса вона не порушувалась і тому випаровування вологи з гранул відбувається краще, а від цього і інтенсивність процесу зневоднення вища. Тому в дослідно-промислових умовах досліджували сушіння м'яса курятини у формі гранул.

### **3.3.2. Дослідження кінетики процесу сушіння м'яса курятини на дослідно-промисловій установці**

Як було вказано вище, в Інституті технічної теплофізики НАН України розроблена та виготовлена енергоефективна камерна сушарка з комбінованим нагрівом теплоносія та з одноразовим завантаженням 60 – 80 кг сировини. Установа дозволяє визначити енергетичні витрати на процес та дослідити кінетику процесу конвективного сушіння м'яса в дослідно-промислових умовах [90].

Дослідно-промислова камерна сушарка з комбінованим нагрівом теплоносія працює в автоматичному режимі з можливістю регулювання температури та швидкості руху теплоносія та часу проведення дослідів. Також встановлені датчики, що вимірюють температуру та вологість сушильного агента в 3-х точках сушильної камери. Для виміру енергетичних витрат на процес сушіння встановлений цифровий лічильник електроенергії.

Досліджували зміни напрямку потоку теплоносія, який отримували при переміщенні двох візків, що знаходяться в камері сушарки. На 120-й хв візки міняли місцями, при цьому напрям теплового потоку змінювався на 180°.

Характер процесу сушіння найбільш точно описується кривими тривалості та швидкості сушіння. На рис. 3.12 представлені криві сушіння подрібненого м'яса курятини (гранули) при наступних параметрах сушіння: температури теплоносія  $t = 60$  °С, швидкості руху теплоносія  $V = 3$  м/с, товщина матеріалу  $\delta = 5$  мм, вологовміст повітря  $d = 10$  кг/г с.п.

Процес триває 300 хв. Крива 1,1' показує режим сушіння без зміни напрямку потоку, а 2,2' - зі зміною напрямку потоку теплоносія. Як видно, температура матеріалу зростає поступово протягом всього процесу для обох режимів (криві 1',2'). Криві 1,2 вказують на зміну вологості матеріалу. Як видно з рис. 3, після зміни напрямку потоку теплоносія на 120 хв (крива 2), видалення вологи у випадку зміни потоку теплоносія стає більш інтенсивним, починаючи із 150 хв експерименту. Тобто, вологість матеріалу при режимі без зміни потоку теплоносія становить 18 % на 300-ій хв., а при режимі зі зміною напрямку потоку - цю ж вологість досліджуваній зразок має вже на 250 хв.

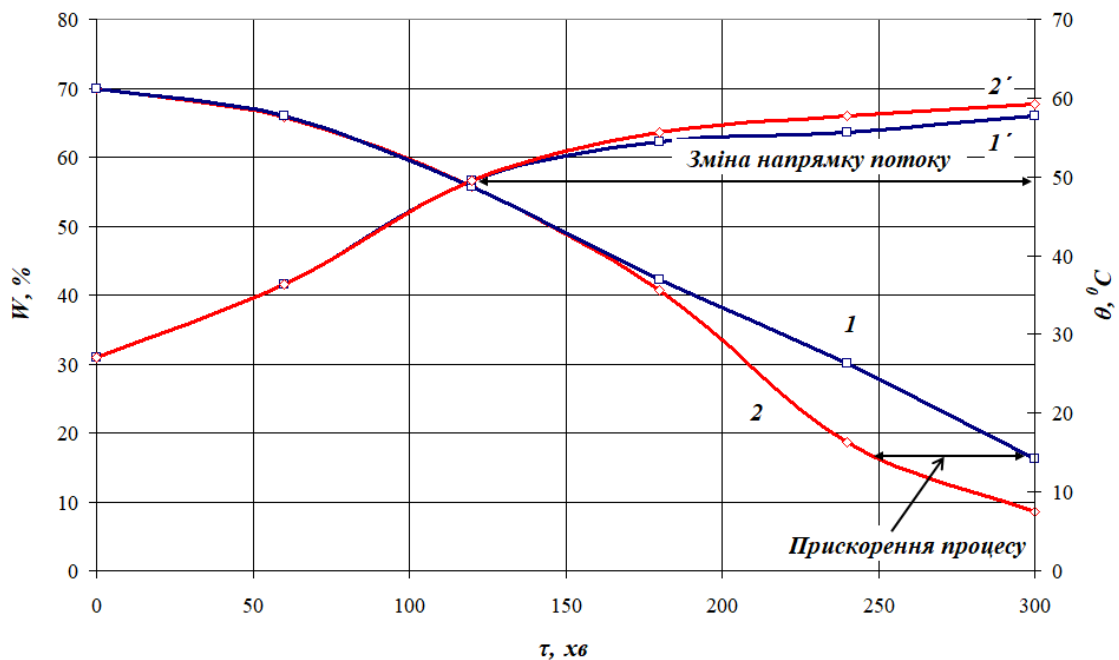


Рис. 3.12. Криві сушіння подрібненого м'яса курятини (гранули) в енергоефективній камерній сушарці при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V = 3\text{ м/с}$ ,  $\delta = 5\text{ мм}$ ,  $d = 10\text{ кг/г с.п.}$ :

1 – без зміни напрямку потоку; 2 – із зміною напрямку потоку;

1' – температура в середині матеріалу без зміни напрямку потоку;

2' - температура в середині матеріалу із зміною напрямку потоку

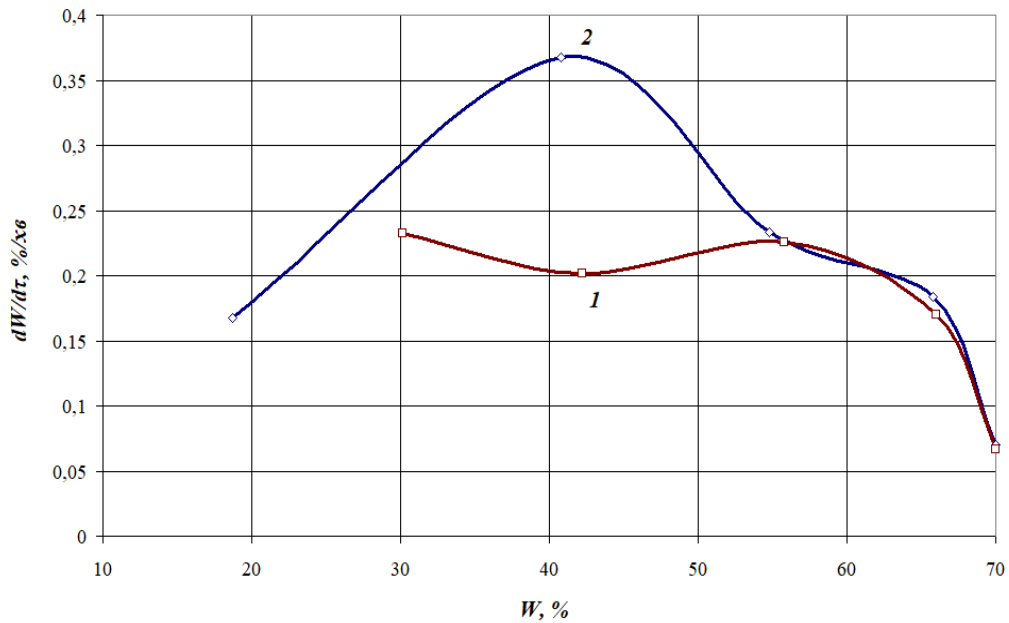


Рис. 3.13. Криві швидкості сушіння подрібненого м'яса курятини в камерній сушарці при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V = 3\text{ м/с}$ ,  $\delta = 5\text{ мм}$ ,  
 $d = 10\text{ кг/г с.п.}$ :

1 – без зміни напрямку потоку; 2 – із зміною напрямку потоку

Кінцева температура нагрівання м'яса при сушінні без зміни напрямку потоку сушильного агента становить  $57,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , із зміною напрямку потоку  $59,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Інтенсивність процесу сушіння в камерній сушарці обмежено температурою нагрівання продукту, тому сушіння проводиться при низьких температурних параметрах теплоносія, яка не повинна перевищувати  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тому для прискорення процесу сушіння вибрано зміни напрямку потоку сушильного агента.

Даний спосіб дозволяє зменшити тривалість сушіння на 50 хв, або на 17 %. Зміна напрямку потоку теплоносія на  $180\text{ }^{\circ}$  проводиться на 120 хв або через 2 години, що відповідає половині тривалості сушіння.

Були отримані криві сушіння та швидкості сушіння на енергоефективній камерній сушарці з комбінованим нагрівом теплоносія. Криві швидкості сушіння (рис. 3.13) показують зміну вологи матеріалу за одиницю часу ( $dW/d\tau$ ). Як видно з рисунку, максимальна швидкість сушіння без зміни

напрямку потоку сушильного агенту складає 0,22 %/хв. (крива 1), а із зміною – 0,37 %/хв. (крива 2). Отже, максимальна швидкість сушіння зі зміною потоку теплоносія є в 1,68 раз вища.

### 3.4. Дослідження тепловологообміну при зневодненні м'ясної і рослинної сировини

Розрахунок кінетики тепловологообміну при сушінні функціональних продуктів виконано з використанням відомого методу [77].

Аналіз багатьох експериментальних даних з кінетики сушіння різних матеріалів (зерно, овочі та ін.) різними методами сушіння (конвективний, кондуктивний, комбінований, інфрачервоними променями, в киплячому шарі), отриманих вітчизняними та закордонними дослідниками, дозволив встановити наступну закономірність: при сушінні визначеного матеріалу, який має початковий вологість  $W_n$ , при будь-якому режимі сушіння зберігається незалежною величина  $N\tau$ , яка відповідає даній проміжній вологості  $W$ .

В математичній формі запису ці закономірності представлені виразом:

$$N_1\tau_1 = N_2\tau_2 = \dots = N_n\tau_n = (N\tau)_W = const \quad (3.2)$$

де:  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – швидкість сушіння в перший період (при відсутності першого періоду – максимальна швидкість сушіння) при різних режимах;

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  – проміжний час сушіння, на протязі якого вологість змінюється від початкової вологості  $W_n$  до вологості  $W$ .

Змінна  $N\tau$  є стійким комплексом величин, характерних для процесу сушіння, тому у відповідності з основами теорії подібності і аналізу розмірностей величину  $N\tau$  назвали узагальненою змінною або узагальненим часом сушіння.

В частковому випадку для першого періоду сушіння:

$$(N\tau)_W = W_n - W \quad (3.3)$$

В загальному випадку для другого періоду сушіння:

$$(N\tau)_W = W_n - W + W_x = const \quad (3.4)$$

де  $W_x$  – величина, яка залежить від властивостей матеріалу, визначається з експерименту.

Оперування узагальненим часом сушіння надає дослідженню процесу сушіння узагальнюючий характер. Одне і те ж значення може бути отримано внаслідок великої кількості різних комбінацій  $N$  і  $\tau$ , тобто фіксованому значенню  $N\tau$  відповідає не одна визначена сукупність першочергових величин, а велика кількість подібних сукупностей. Відповідно, при дослідженні процесу сушіння з використанням  $N\tau$  аналізується не єдиний частковий випадок, а велика кількість різних випадків сушіння, об'єднаною деякою узагальненістю параметрів процесів. Чим більше величина  $N$ , тим менше час сушіння  $\tau$ , необхідний для досягнення заданої вологості  $W$ , але згідно (3.3) або (3.4) при всіх можливих  $N$ , для цього  $W$ , величина  $N\tau$  лишається постійною. З наведеного вище витікає, що якщо по вісі абсцис відкладати узагальнюючий час  $N\tau$ , а по вісі ординат – величину проміжної вологості  $W$ , то всі експериментальні криві сушіння даного матеріалу, отримані при одній початковій вологості  $W_n$ , але при різних режимах (сімейство кривих), перенесені в нову систему координат  $W$ –  $N\tau$ , з'єднуються в єдину криву, названу узагальненою кривою кінетики сушіння.

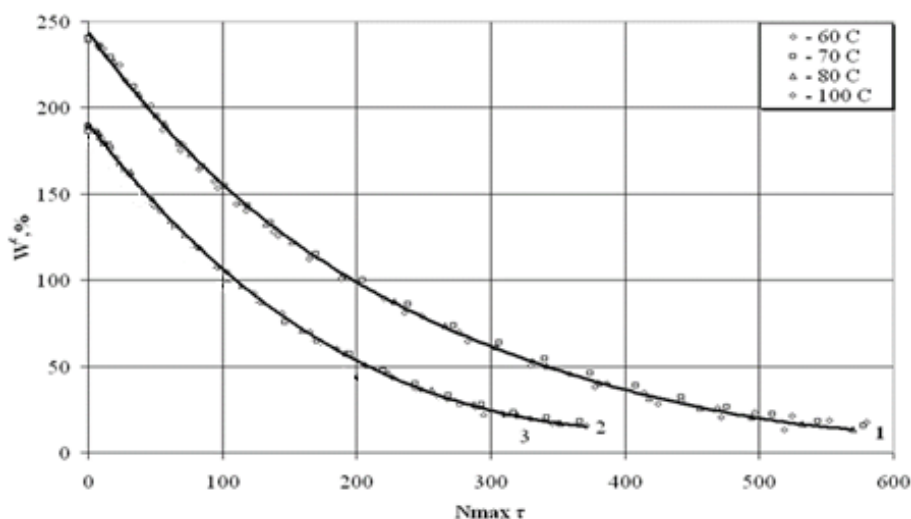


Рис. 3.14. Узагальнені криві кінетики сушіння антиоксидантних композицій від температури теплоносія:

1 – горохово-морквяна; 2 – квасолево-морквяна

На рис. 3.14 представлені криві сушіння антиоксидантної сировини на основі моркви. При побудові цих кривих були узагальнені дані, представлені в розділі 3.2. і отримані в експериментах з різними температурними режимами при цьому враховувались швидкість та вологовміст теплоносія, шару матеріалу.

З рис. 3.14 видно, що при високій вологості матеріалу точки, які відповідають різним режимам сушіння, розташовуються поблизу узагальненої кривої. З зменшенням поточної вологості розкидання точок збільшується, але знаходиться в межах похибки.

Узагальнені криві кінетики сушіння антиоксидантних сумішей дозволяють визначити відносні коефіцієнти сушіння другого періоду. Відносний коефіцієнт сушіння  $\chi$  визначається лише формулою зв'язку вологи з матеріалом, його структурою, щільністю і не залежить від режиму обробки.

Відносні коефіцієнти сушіння визначаються з узагальненої кривої за наступними виразами:

$$\chi_1 = \frac{\lg(W_{\kappa_1} - W_p) - \lg(W_{\kappa_2} - W_p)}{N \max \tau_1} \quad (3.5)$$

$$\chi_2 = \frac{\lg(W_{\kappa_2} - W_p) - \lg(W_{\kappa_3} - W_p)}{N \max \tau_2} \quad (3.6)$$

$$\chi_3 = \frac{\lg(W_{\kappa_3} - W_p) - \lg(W_{\kappa_4} - W_p)}{N \max \tau_3} \quad (3.7)$$

$$\chi_4 = \frac{\lg(W_{\kappa_4} - W_p) - \lg(W_{\kappa} - W_p)}{N \max \tau_4} \quad (3.8)$$

де  $W_n$  - початковий вологовміст матеріалу, %;

$W_{K_1}, W_{K_2}, W_{K_3}, W_{K_4}$  - вологовміст матеріалу в точках  $K_1, K_2, K_3, K_4$ ;

$W_p$  - рівноважний вологовміст матеріалу, %;

$W_k$  - кінцевий вологовміст матеріалу, %;

$\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$  - тривалість першої, другої, третьої та четвертої частини процесу сушіння, хв.

Побудовані узагальнені криві сушіння антиоксидантних сумішей показують, що процес сушіння в другому періоді (рис. 3.15).

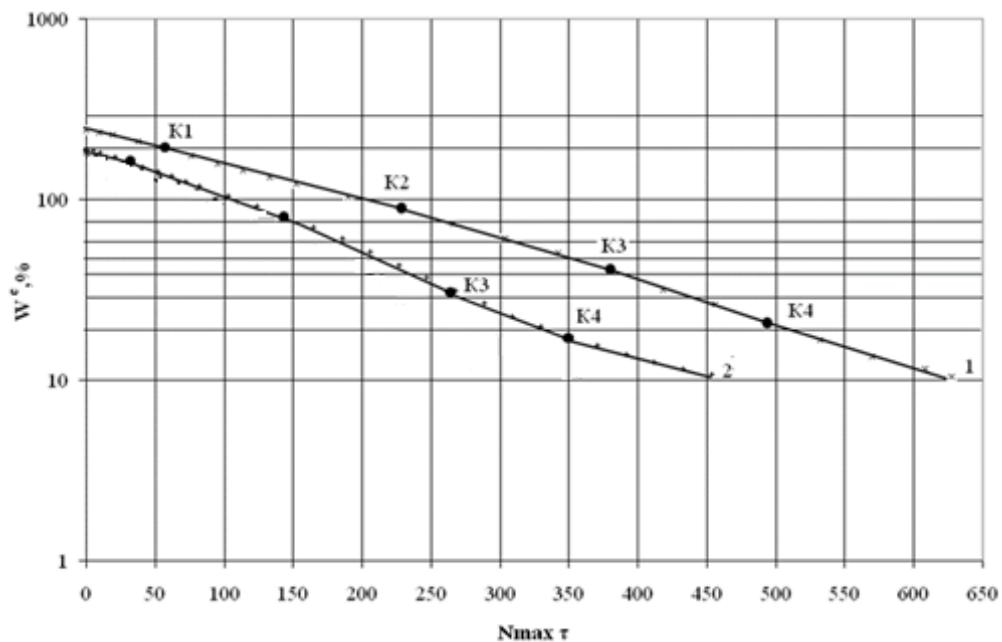


Рис. 3.15. Узагальнені криві сушіння антиоксидантних сумішей в напівлогарифмічній системі координат

1 – горохово-морквяна; 2 – квасолево-морквяна

Криві представлені ломаними лініями, що свідчить про складний характер другого періоду. Другий період складається з чотирьох частин сушіння, кожна з яких характеризується своїм коефіцієнтом сушіння, який вираховується за формулами 3.5 – 3.8 і заносимо в таблицю 3.3.

При розрахунках відносних коефіцієнтів сушіння для наведених антиоксидантних сумішей вологість параметрів теплоносія для  $d = 10$  г/кг с. п., температурі 20 °С (за даними власних досліджень) і складає

для: горохово-морквяної суміші – 9,30 %; квасолево-морквяної суміші – 9,18 %.

Відомо, що швидкість сушіння в кожній частині того чи іншого періоду представлена прямою лінією в напівлогарифмічній системі координат, тобто дійсна крива швидкості сушіння замінюється кривою ломаною лінією.

Таблиця 3.3. Відносні коефіцієнти сушіння сировини

№ п/п	Назва матеріалу	Діапазон критичних вологовмістів, %	Величина відносних коефіцієнтів сушки			
			$\chi_1$	$\chi_2$	$\chi_3$	$\chi_4$
1.	Горохово-морквяна	190 – 80	0,00238			
		80 – 40		0,00237		
		40 – 20			0,00395	
		20 – 10				0,00557
2.	Квасолево-морквяна	171 – 80	0,00312			
		80 – 31		0,00414		
		31 – 17			0,00529	
		17 – 10				0,00652

Проводячи графічне диференціювання узагальнених кривих кінетики сушіння, представлених на рис. 3.16, отримані узагальнені швидкості сушіння (рис. 3.17), які визначаються наступним виразом:

$$N^* = \left| \frac{dW}{d\tau} \right| \div N = \frac{dW}{Nd\tau} = tg(W, N\tau) = f(W) \quad (3.9)$$

Величина  $N^*$  не залежить від режимів сушіння і для конкретних матеріалів при даних методах сушіння є функцією вологовмісту.

З рис. 3.16 видно, що узагальнені криві швидкості сушіння представлені плавними нахильними кривими. З метою описання залежностей  $N^*$  від  $W$  узагальнені криві швидкості сушіння побудовані в напівлогарифмічних координатах.

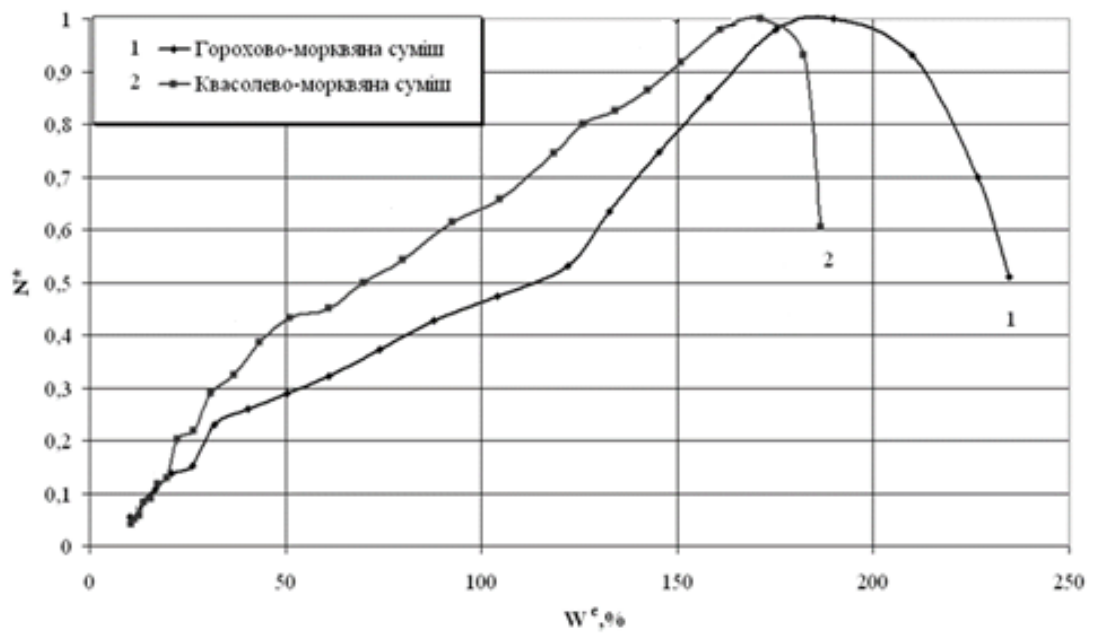


Рис. 3.16. Узагальнені криві швидкості сушіння антиоксидантних композицій: 1 – горохово-морквяна; 2 – квасолево-морквяна

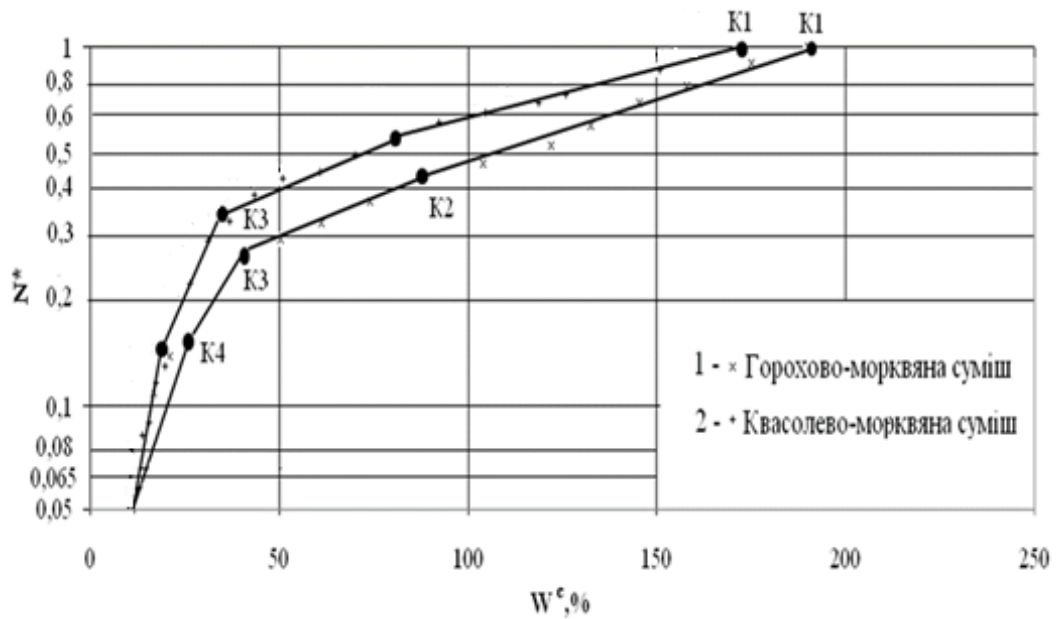


Рис. 3.17. Узагальнені криві швидкості сушіння антиоксидантних сумішей в напівлогарифмічних координатах  
1 – горохово-морквяна; 2 – квасолево-морквяна

З рис. 3.17 видно, що в напівлогарифмічних координатах узагальнені швидкості сушіння представлені собою ломані лінії, які складаються з чотирьох прямих. Закон зміни при переході від однієї частини до другої

частини змінюється, що вказує на відмінність в кінетики та динаміки сушіння в різних частинах процесу сушіння.

Величини  $N^*$  в різних частинах процесу сушіння в другому періоді не враховуючи період прогрівання матеріалу визначається за наступними емпіричними залежностями представленими в табл. 3.4.

Таблиця 3.4. Значення узагальненої швидкості сушіння білково-каротиновмісних композицій

№ п/п	Назва	Діапазон критичних вологовмістів, %	Значення узагальненої швидкості сушіння
1.	Горохово-морквяна	190 – 80	$N^* = 0,1762e^{0,0093W}$
		80 – 40	$N^* = 0,1867e^{0,0089W}$
		40 – 20	$N^* = 0,0657e^{0,0352W}$
		20 – 10	$N^* = 0,0209e^{0,0934W}$
2.	Квасолево-морквяна	171 – 80	$N^* = 0,3322e^{0,0064W}$
		80 – 31	$N^* = 0,2125e^{0,0123W}$
		31 – 17	$N^* = 0,0376e^{0,0669W}$
		17 – 10	$N^* = 0,0104e^{0,1406W}$

Загальна тривалість процесу сушіння  $\tau_T$  (без врахування періоду прогріву) складається з тривалості сушіння в першому періоді  $\tau_I$ , в 1-й  $\tau_2$ , 2-й  $\tau_3$ , 3-й  $\tau_4$  і 4-й  $\tau_5$  частинах другого періоду:

$$\tau_T = \tau_I + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \quad (3.10)$$

Тривалість сушіння в перший період дорівнює:

$$\tau_I = \frac{Wn - W_{к1}}{N} \quad (3.11)$$

Тривалість сушіння в 1 – й частині другого періоду:

$$\tau_1 = \frac{1}{\chi_1 N} \lg \frac{W_{K_1} - W_p}{W_{K_2} - W_p} \quad (3.12)$$

Тривалість сушіння в 2 – й частині другого періоду:

$$\tau_2 = \frac{1}{\chi_2 N} \lg \frac{W_{K_2} - W_p}{W_{K_3} - W_p} \quad (3.13)$$

Тривалість сушіння в 3 – й частині другого періоду:

$$\tau_3 = \frac{1}{\chi_3 N} \lg \frac{W_{K_3} - W_p}{W_{K_4} - W_p} \quad (3.14)$$

Тривалість сушіння в 4 – й частині другого періоду:

$$\tau_4 = \frac{1}{\chi_4 N} \lg \frac{W_{K_4} - W_p}{W_K - W_p} \quad (3.15)$$

Загальна тривалість процесу:

$$\tau_T = \frac{1}{N} (W_n - W_{K_1} + \frac{1}{\chi_1} \lg \frac{W_{K_1} - W_p}{W_{K_2} - W_p} + \frac{1}{\chi_2} \lg \frac{W_{K_2} - W_p}{W_{K_3} - W_p} + \frac{1}{\chi_3} \lg \frac{W_{K_3} - W_p}{W_{K_4} - W_p} + \frac{1}{\chi_4} \lg \frac{W_{K_4} - W_p}{W_K - W_p}) \quad (3.16)$$

В формулі (3.16) величини критичних вологовмістом  $W_{K_1}, W_{K_2}, W_{K_3}, W_{K_4}, W_K$  та відносних коефіцієнтів  $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4$  знаходяться безпосередньо з узагальненої кривої сушки в напівлогарифмічних координатах.

Загальна тривалість сушіння антиоксидантної сировини розрахована за формулою (3.16) зведена в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5. Тривалість процесу сушіння білково-каротиновмісної сировини

№ п/п	Назва композиції	Розрахункова тривалість процесу сушіння, хв
1.	Горохово-морквяна	$\tau = \frac{640}{N}$
2.	Квасолево-морквяна	$\tau = \frac{442}{N}$

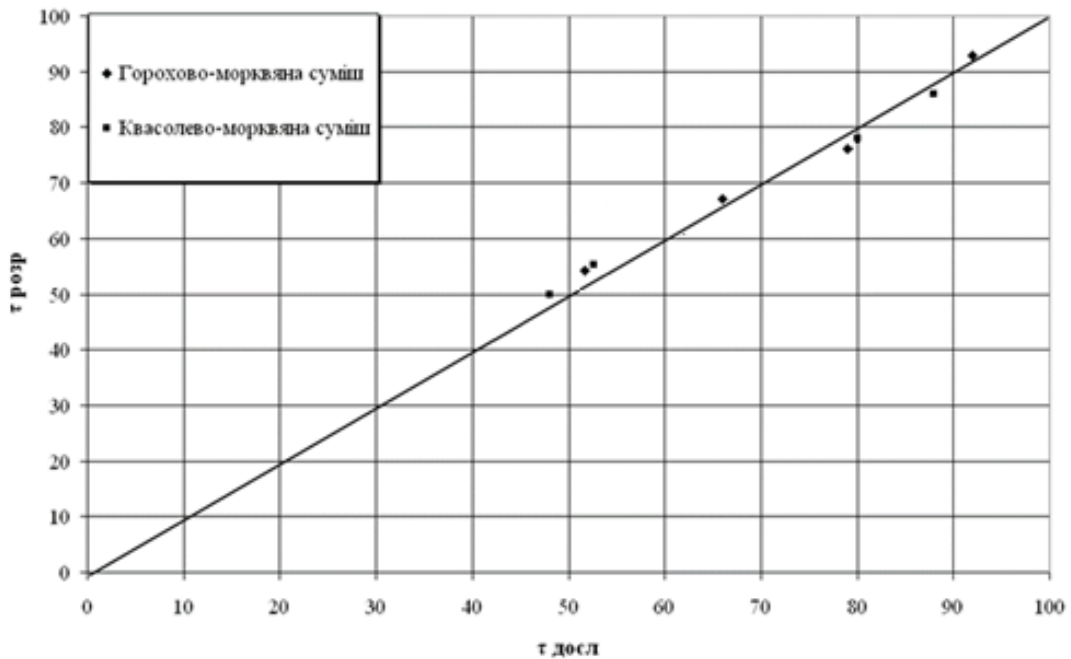


Рис. 3.18. Співставлення дослідної та розрахункової тривалості сушіння антиоксидантної сировини на конвективному стенді

На рис. 3.18 приведено співставлення дослідної  $\tau_{\text{досл}}$  і розрахункової  $\tau_{\text{розрах}}$  тривалості сушіння антиоксидантної сировини при різних температурах теплоносія (60, 70, 80, 100°C).

Величина  $\tau_{\text{розрах}}$  вираховується за формулою (3.16) і наближена до дослідної. Похибка дослідної від розрахункової не перевищує 5%.

Кінетика теплообміну при сушінні може бути повністю виявлена за даними кінетики вологообміну.

Підведена теплота до матеріалу витрачається на нагрівання матеріалу та на випаровування води. Густина теплового потоку витрачена на випаровування, розраховується за інтенсивністю вологообміну  $m(\tau)$  з виразу:

$$q_{\text{вип}} = rm(\tau) = rg \frac{d\bar{W}}{d\tau} \quad (3.17)$$

При цьому усадку матеріалу не враховуємо.

Густина теплового потоку на нагрівання матеріалу визначаємо співвідношенням:

$$q_{нагр} = cg \frac{d\bar{t}}{d\tau} \quad (3.18)$$

де  $c$  – теплоємність антиоксидантної суміші.

У відповідності з законом збереження енергії, питомий потік теплоти на одиницю поверхні тіла дорівнює:

$$q(\tau) = rg \frac{d\bar{W}}{d\tau} + \bar{c}g \frac{d\bar{t}}{d\tau} = gr \frac{d\bar{W}}{d\tau} \left[ 1 + \frac{\bar{c}}{r} \frac{d\bar{t}}{d\bar{W}} \right] \quad (3.19)$$

Густина теплового потоку збільшується при прогріванні матеріалу до максимального значення. Під час видалення вологи з матеріалу густина теплового потоку зменшується. Причому найбільше зниження відповідає найінтенсивнішому режиму сушіння (рис. 3.19).

Тобто підтверджує необхідність зниження температури теплоносія на кінцевій стадії процесу сушіння і застосування ступінчастих режимів сушіння для інтенсифікації процесу.

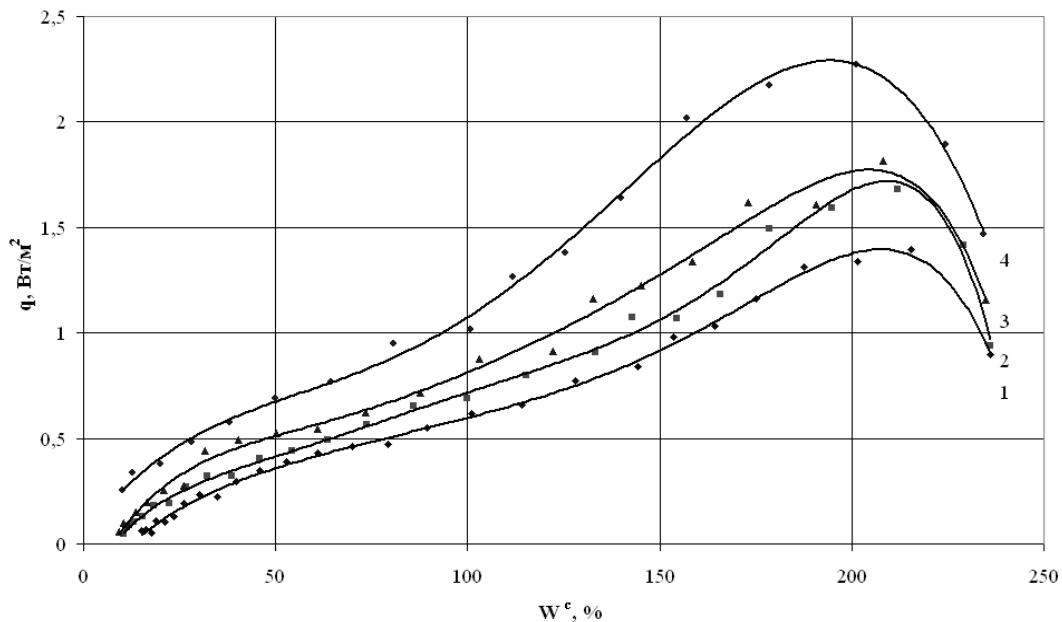


Рис. 3.19. Залежність густини теплового потоку від вологовмісту при сушінні горохово-морквяної суміші при температурі теплоносія

1 – 60 °C; 2 – 70 °C; 3 – 80 °C; 4 – 100 °C

Значення величини  $\frac{d\bar{W}}{d\tau}$  визначає зміну середньої температури висушуваного матеріалу на одиницю зміни її середньої вологості за нескінченно малий проміжок часу і носить назву температурний коефіцієнт сушіння:

$$b = \frac{d\bar{t}}{d\bar{W}} \quad (3.20)$$

Величина  $b$  є функцією інтегрального вологості  $b = f(\bar{W})$ .

### 3.5. Розрахунок критерію оптимізації процесу зневоднення м'яса курятини

Для визначення ефективності тепломасообміну в камерній сушильній установці проведений розрахунок критерію оптимізації, який дорівнює відношенню витрат кількості теплоти на нагрівання матеріалу до кількості теплоти на випаровування з нього вологи за нескінченно малий проміжок часу, який ще називають критерієм оптимізації процесу сушіння.

$$Rb = b \frac{c}{r} \quad (3.21)$$

де:  $b$  – температурний коефіцієнт сушіння;

$c$  – питома теплоємність матеріалу, кДж/кг К;

$r$  – питома теплота випаровування вологи, кДж/кг.

Температурний коефіцієнт сушіння  $b$  представляє собою похідну середньої температури матеріалу  $\theta$  від вологості матеріалу  $W$ :

$$b = \frac{d\bar{\theta}}{d\bar{W}} \quad (3.22)$$

Аналіз критерію оптимізації при сушінні м'яса (рис. 3.20) показує, що в камерній сушарці процес теплообміну на початку неефективний (до вологості матеріалу 40 - 50 %), в цей час більшість енергії витрачається на нагрів матеріалу, а не на випаровування з нього вологи. Ефективність процесу

сушіння спостерігається від 40-50 % до кінця процесу. В цей час матеріал нагрітий і більшість енергії витрачається на випаровування вологи.

Питомі витрати теплоти на сушіння м'яса курятини вираховували за витратами електроенергії за лічильником. Як видно, з рис. 3.20 найбільші витрати теплоти за час сушіння становлять на початку процесу, коли відбувається нагрів матеріалу, і в кінці процесу, коли видаляється волога, що міцно зв'язана з матеріалом. Меншими стовпчиками позначені питомі витрати теплоти із зміною напрямку потоку, більші – без зміни напрямку потоку.

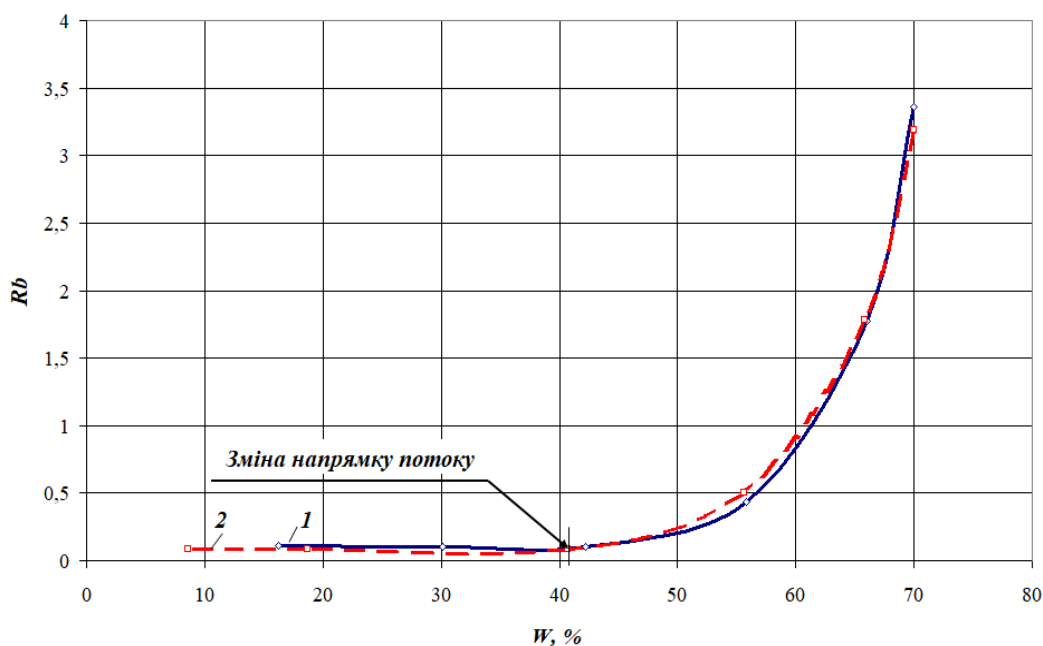


Рис. 3.20. Зміна критерію оптимізації сушіння на дослідно-промисловій сушильній установці подрібненого м'яса курятини

$$t = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}, V = 3 \text{ м/с}, \delta = 5 \text{ мм}, d = 10 \text{ кг/г с.п.}:$$

1 – без зміни напрямку потоку; 2 – із зміною напрямку потоку

До часу зміни напрямку потоку 120 хв питомі витрати теплоти становлять 4684 - 5251 кДж/кг вип. вологи, потім від зміни напрямку потоку на 180° на енергетичні витрати теплоти зменшуються і становлять від 4603 до 5239 кДж/кг вип. вологи. Від зміни напрямку потоку зменшуються питомі енерговитрати на 2,9 % [90].

Хоча потрібно сказати, що незалежно від зміни теплового потоку, питома енергоефективність зневоднення м'яса курятини в цій сушарці досить висока і вона менша за аналоги камерних сушарок, в яких витрати теплоти складають 6700 – 8900 кДж/кг вип. вологи, тобто на 30-40 % ефективніша.

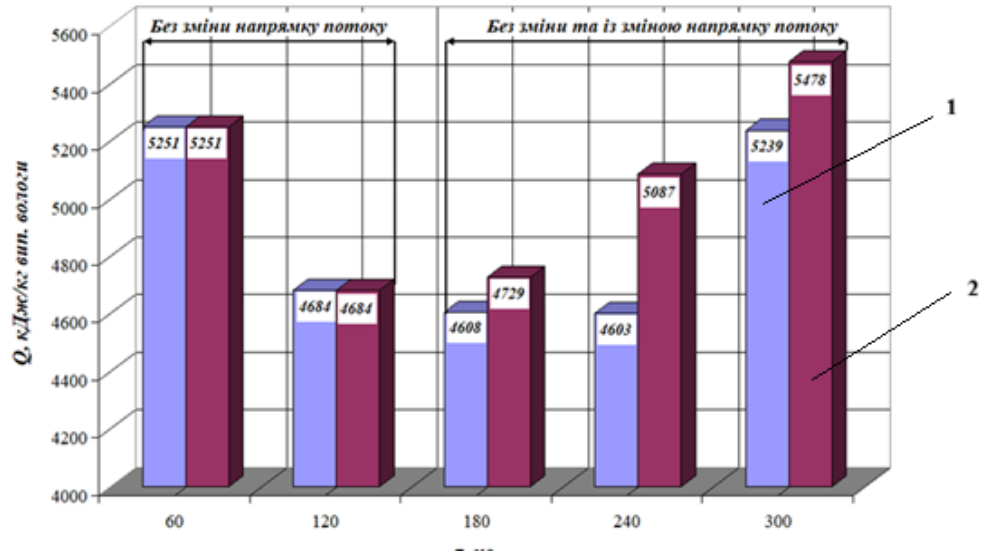


Рис. 3.21. Питомі витрати теплоти від часу сушіння подрібненого м'яса курятини в камерній сушильній установці  $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $V = 3 \text{ м/с}$ ,  $\delta = 5 \text{ мм}$ ,  $d = 10 \text{ кг/г с.п.}$ :

1 - витрати енергії зі зміною напрямку теплового потоку,

2 - витрати енергії без зміни напрямку теплового потоку

Це підтверджує ефективність розробленої технології та конструкцію сушильної установки.

Ефективність сушарки оцінюється за її енергетичним коефіцієнтом корисної дії  $\eta$  (к.к.д.), який визначається співвідношенням корисної енергії  $Q_{кор}$  до всієї витраченої на процес  $Q_{витр}$  [91]:

$$\eta = \frac{Q_{кор}}{Q_{витр}} \quad (3.23)$$

Якщо розрахунок вести на кілограм випареної вологи, то формула має такий вигляд:

$$\eta = \frac{r}{Q_{калор}} \quad (3.24)$$

де:  $r$  – питома теплота випаровування води, кДж/кг,

$Q$  калор – витрачена енергія на нагрівання теплоносія в калорифері, кДж/кг вип. води.

Використовуючи формулу 3.24 розраховуємо к.к.д. сушарки. При завантаженні 45 кг матеріалу та тривалості сушіння 300 хв., к.к.д. становить  $\eta = 45,8 \%$ . Що відповідає кращим показникам ефективності для камерних сушарок. Можливо спрогнозувати, що при більшому завантаженні сушарки витрати енергії на кілограм випареної води зменшаться, а к.к.д. збільшиться.

### **3.6. Висновки до третього розділу**

1. В розділі представлені дослідження з інтенсифікації процесу сушіння білково-каротиновмісної сировини та м'яса курятини на лабораторному стенді та дослідно-промисловій камерній сушарці з комбінованим нагрівом теплоносія.

2. Створення білково-каротиновмісної суміші у співвідношенні 1:2 дозволило майже на 40 % зменшити втрати каротиноїдів в суміші під час сушіння.

3. Досліджено кінетику зневоднення білкововмісних матеріалів з урахуванням властивостей і режимів сушіння.

4. Розроблена технологія сушіння зі зміною руху теплоносія, що знижує тривалість сушіння, підвищує його швидкість в 1,68 р та зменшує енерговитрати майже на 3 %.

5. Інтенсифікація процесу із збереженням високої якості матеріалу відбувається за рахунок раціональної підготовки сировини до сушіння, знайденого ефективного режиму зневоднення і зміни напрямку потоку в процесу сушіння м'яса.

6. Розроблено технологію сушіння м'яса курятини інфрачервоно-конвективним методом, враховуючи режими та спосіб підготовки до зневоднення, яка дозволяє отримати якісну продукцію при зменшенні енерговитрат на процес.

6. Дослідження тепловологообміну при сушінні білково-каротиновмісної сировини дозволили отримати формули розрахунку тривалості та швидкості сушіння

7. Критерій оптимізації сушіння підтвердив, що розроблені режими зневоднення білково-каротиновмісної сировини - енергоефективні.

**РОЗДІЛ 4.**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**БІЛКОВОВМІСНИХ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ**  
**МАТЕРІАЛІВ**

**4.1. Відновлюваність білкововмісних матеріалів**

Потрібно також одночасно оцінювати фізіологічну роль денатурації. Втрата білком в процесі денатурації своєї біохімічної індивідуальності в цілому полегшує переварювання людиною готових продуктів. Тому засвоєння денатурованих білків, як правило, проходить більш ефективно, ніж нативних. Це також стосується інактивації білків-інгібіторів, наприклад в насінні олійних культур. Ці білки виконують в рослинах захисну функцію, що в значній мірі впливає на травлення, суттєво зменшуючи функцію трипсину та хімотрипсину. Денатурація, як технологічний фактор, значно знижує вплив цих білків. Проте, відомо, що засвоєння організмом людини білків залежить від ступеню денатурації. Так, білково-вуглеводні комплекси, що утворюються при реакції меланоїдиноутворення у відношенні до білку оцінюється як денатурація і засвоюються гірше рецептурних компонентів. А продукти більш глибоких стадій меланоїдиноутворення здатні у певній мірі негативно впливати на травлення [86].

Одним із етапів зміни білків в процесі технологічної обробки є деструкція білків, тобто порушення їх структури. Глибина процесів деструкції залежить від багатьох технологічних факторів, до яких, в першу чергу, слід віднести температуру, тиск, наявність ферментів, присутність деяких компонентів у активній формі і т.д. Типовим прикладом декструкованих білкових речовин є в залежності від температури дезагрегація колагену, а також руйнування білкового компоненту в реакції меланоїдиноутворення. При високих температурах, особливо в процесі смаження, випічки, білкові речовини здатні реагувати з цукровими речовинами із утворенням цукроамінних комплексів.

Як правило, продукти, що містять білки в значній кількості здатні до додаткової гідратації, оскільки здатність білкових речовин зв'язувати воду значно більша фізично. До таких продуктів належать м'ясо, риба, яйця. Продукти, в складі яких присутня значна кількість вологи і мало білків, містять останні в повністю гідратованому стані, не здатними на додаткову гідратацію. До цих продуктів відносяться молоко (співвідношення вільної і зв'язаної води 87:3), більшість овочів, фруктів [63, 76, 86].

Коефіцієнт (індекс) набухання – це здатність продукту поглинати воду або інші рідини, при цьому зразок збільшується в об'ємі, але не розчиняється. Це є одним із вирішальних параметрів у розробці продуктів швидкого приготування, оскільки він впливає не лише на кінцеву в'язкість супу, а й на його сенсорні властивості.

Набухання – це спонтанний процес поглинання високомолекулярним білком низькомолекулярної рідини розчинника (води), яке призводить до значного збільшення маси та об'єму взятої харчової речовини. При набуханні високомолекулярної речовини розчинник проникає в його глибину. Цьому допомагає нещільна структура висушених або недостатньо зневоднених білкових речовин, яка складається із нитковидних та вигнутих макромолекул, що конформаційно сплетені разом. Молекули води проникають в глибину, заповнюють простір між макромолекулами, рухаючи їх один від одного та послабляючи міжмолекулярну взаємодію. В утворені щілини проникають нові молекули води, в результаті чого збільшується об'єм і маса зразку. Так, наприклад, при набуханні желатину, його об'єм збільшується в 14 разів.

Продукти з проміжною вологістю в процесі набухання характеризуються ступінню набухання, яка, як відносна величина, може характеризувати кінетику процесу набухання.

При гідратації білкових речовин розрізняють неорганічне та органічне набухання. Неорганічне набухання призводить до утворення розчинів, коли під дією розчинника молекули білка відриваються один від одного та

переходять в розчин. Органічне набухання не закінчується розчиненням. Більшість олігомерних білків набухають обмежено, так вони з'єднані на рівні четвертинної структури ковалентними зв'язками. Ковалентні зв'язки не руйнуються при гідратації та утримують свою структуру, що і робить набухання олігомерів обмеженим.

На ступінь і кінетику набухання білкових речовин у відповідним властивостям білку розчиннику впливають різні технологічні фактори: температура, тиск, величина рН середовища, присутність у розчині сторонніх речовин, особливо електролітів, та їх концентрація, ступінь подрібнення білкових речовин, а також така характеристика, як «вік» полімеру.

Згідно принципу Ле-Шательє, швидкість набухання білкових речовин у воді з підвищенням температури та тиску збільшується, а ступінь найбільшого набухання зменшується.

У більшості випадків для харчових білкововмісних систем характерно декілька ситуацій. Якщо концентрація білку в системі висока, то вся волога, яка знаходиться в ній в період міцелоутворення, може перейти у стан зв'язаної вологи; а структурно вільної вологи в такій системі, як правило, мало. Така система здатна до додаткової гідратації.

Якщо харчова система бідна на білок і має надлишок води, то білки повністю гідратовані і частина вологи знаходиться у вільному стані. Співвідношення структурно вільної та структурно зв'язаної вологи в такій системі можна змінювати в широкому діапазоні.

Під час набухання молекули води розташовуються між молекулами білкового колоїду, роздвигають їх, що зменшує силу взаємодії між ними та опір проникненню нових молекул води. В технології це проявляється наступним чином: більш обводнені системи гідратуються швидше, ніж менш обводнені. В сухих колоїдах білків при досягненні вологості 14-15 % з'являється вільна волога. Вологість, яка відповідає появі у гідрофільних структурах вільної вологи, називається критичною.

Взаємодія води з сухими залишками харчових продуктів має принципове значення з точки зору як організації технологічного процесу, так і якості готової кулінарної продукції. Дійсно, кількість води в технологічному процесі та її стан являються ключовими факторами забезпечення якості.

Білкові речовини в чистому виді і у складі білкововмісних продуктів в технологічному процесі здатні перетворюватись в бажаному напрямку тільки при наявності певної стадії гідратації. Не дивлячись на те, що стан білку на кожному етапі, ступінь його нативності визначається відношенням до води, можна констатувати, що рекомендації по регідратації білкових систем мають загальний характер та мають бути проаналізовані в кожному випадку окремо. Дійсно, білок, який піддавали будь-якому впливу, що призводить до часткової або повної денатурації, змінює своє відношення до води та характеризується більш вираженими гідрофобними властивостями. Тому, якщо є необхідність в технологічному процесі керувати поняттями «гідратація» чи «гідромодуль», потрібно розуміти, що це не просте співвідношення води та сухого залишку в продукті, а їх функціональна взаємодія. Гідратацію необхідно розглядати паралельно з денатурацією білкових речовин, їх модифікацією та станом води у продукті [86].

Гідратацією називається процес зв'язування води сухою речовиною чи структурою продукту. Процес гідратації відноситься до складних колоїдних процесів. У відношенні сухих речовин, в тому числі білкових, коректно оперувати поняттям ступінь гідратації. Під ступенем гідратації слід розуміти, наскільки реалізована здатність сухої речовини продукту переводити воду із структурно вільного стану у стан структурно зв'язаний.

Гідратація білкових речовин може проходити при безпосередньому контакті білку чи білкововмісного продукту з водою, за рахунок адсорбції атмосферної або технологічної пароподібної вологи, чи за рахунок різного роду масопереносів, що виникають у технологічному процесі.

Основними речовинами протоплазми клітини, які зв'язують воду за допомогою водневих зв'язків є білки, в поліпептидному ланцюгу яких знаходяться гідрофільні групи CO, NH<sub>2</sub>, NH, ON, CONH. Під час сушіння сировини білки частково денатурують та коагулюють, в результаті чого можлива колоїдна незворотність сушених продуктів. Взаємодія води з висушеним м'ясом має важливе значення в подальшому його використанні в продуктах швидкого приготування. Білкові речовини, у білкововмісних продуктах, в технологічному процесі приготування супів можуть мати важливе значення лише при наявності певної кількості води, яка йде на їх відновлення. Як правило, продукти з високим вмістом білку в значній кількості здатні до додаткової гідратації, оскільки вони можуть зв'язувати воду в значно більшій кількості, ніж вона фізично присутня в продукті. До таких продуктів відноситься м'ясо, риба, яйця. Продукти, в складі яких наявна значна кількість вологи та мало білків, останні повністю гідратовані та не здатні на додаткову гідратацію. До таких продуктів відносять молоко, більшість овочів та фруктів.

Білки, які знаходяться у висушеному стані, проходять гідратацію в кілька етапів. Одним із таких етапів є процес набухання або коефіцієнт регідратації (RR) [92]. Набухання – це спонтанний процес поглинання високомолекулярним білком низькомолекулярної рідини, у даному випадку, води. Цей процес призводить до значного збільшення маси та об'єму висушеного м'яса. Під час набухання високомолекулярної речовини вода проникає в глибину завдяки нещільній структурі висушеного білку м'яса. Молекула води, проникаючи всередину зразка, заповнює простір між макромолекулами, відсовуючи їх один від одного, послаблюючи при цьому міжмолекулярний простір. У утворені щілини проникають нові молекули води, в результаті цього збільшується об'єм висушеного зразка під час набухання. Так, наприклад, при набуханні желатину, його об'єм збільшується в 14 разів.

Оцінка набухання проводиться за допомогою коефіцієнту набухання ( $K_n$ ), який показує відносне збільшення маси продукту після набухання і визначає здатність до відновлення початкових якостей матеріалу при зневодненні за методикою, яка представлена в другому розділі.

Тому важливим етапом є дослідження регідратаційних властивостей сушеного м'яса, отриманого при різних способах його підготовки та режимах сушіння. Був визначений коефіцієнт набухання ( $K_n$ ) та відновлюваність (В) курячого м'яса у воді з температурою 45 °С і 90 °С при співвідношенні 1:10. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Відомо з літературних даних, відновлюваність білків висока завдяки їх структурі [93]. Відновлюваність м'яса у формі гранул навіть при температурі сушіння 80 °С В = 77,1 - 80,1 %, а кубиків В = 75,2 - 80,6 %, що є досить високим показником, якщо його порівнювати із висушеною рослинною сировиною, але для м'яса – це низький показник і пояснюється впливом високої температури на білок.

Як видно з таблиці 4.1, м'ясо сушене у вигляді гранул має високу відновлюваність при комбінованому способі 3800 Вт/м<sup>2</sup> + 55 °С сушіння та становить В = 120,3 % та конвективному з температурою 55 °С В = 130,7 % відповідно. Також на відновлюваність має великий вплив форма і структура зразка. При однакових режимах сушіння кубики відновлюються на 12-24 % гірше, ніж гранули в результаті меланоїдинової реакції на кубиках, що негативно впливатиме на якість супів швидкого приготування. Як видно з таблиці 4.1, температура води при відновленні м'яса становить 45 °С та 90 °С та несуттєво впливає на процес. Температура води 90 °С дає максимальне відновлення зразків. Температура води 45 °С також має наближені показники до оптимальних.

Дослідження з визначення коефіцієнту набухання та відновлюваності показали про можливість використання значно нижчих температур для

відновлювання м'яса курятини при заварюванні супів, що дає ширший діапазон у їх використанні.

Отже, встановлено ефективний комбінований інфрачервоно-конвективний режим сушіння м'яса курятини  $3800 \text{ Вт/м}^2 + 55 \text{ }^\circ\text{C}$  та конвективний  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Таблиця 4.1. Визначення коефіцієнту набухання сушеного м'яса курячого при температурі відновлення  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  та  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  та співвідношення води 1:10

№ п/п	Форма матеріалу	Режим сушіння	RR ( $K_n$ )		Відновлюваність, %	
			<i>t</i> води при відновленні, $^\circ\text{C}$			
			45	90	45	90
1	гранули	$55 \text{ }^\circ\text{C}$	3,78	4,08	120,9	130,7
2	гранули	$3800 \text{ Вт/м}^2 + 55 \text{ }^\circ\text{C}$	3,66	3,77	116,4	120,3
3	гранули	$80 \text{ }^\circ\text{C}$	1,95	2,08	77,1	80,1
4	кубики	$55 \text{ }^\circ\text{C}$	2,09	2,24	97,7	98,9
5	кубики	$3800 \text{ Вт/м}^2 + 55 \text{ }^\circ\text{C}$	2,06	2,23	98,1	106,2
6	кубики	$80 \text{ }^\circ\text{C}$	1,72	1,87	75,2	80,6

Відновлюваність вареного подрібненого в м'ясорубці і висушеного м'яса курятини вища на 12 - 24 %, ніж відновлюваність зварених висушених кубиків того ж м'яса.

#### 4.2. Дослідження активності води у м'ясі курятини

Функціонально-технологічні властивості білків тісно пов'язані з їх хімічним та амінокислотним складом, структурою і фізико-хімічними властивостями, які визначають взаємодію білок - білок (гелеутворення), білок – вода (набухання, водозв'язувальна здатність, розчинність), білок – ліпіди (жиропоглинальна і жиротримувальна здатність), як видно з таблиці 2.

Таблиця 4.2. Взаємозв'язок характеру взаємодії білків і функціонально-технологічних властивостей систем [86]

<b>Вид взаємодії</b>	<b>Функціонально-технологічні властивості</b>
<b>Білок-білок</b>	Гелеутворення
<b>Білок - вода</b>	Водозв'язування, набухання
<b>Білки - ліпіди</b>	Жиропоглинання
<b>Жир – білок - вода</b>	Емульгування

У технології переробки м'яса однією із надважливих функцій білка є формування водозв'язувальної здатності. На характер взаємодії в системі «білок - вода» (швидкість і рівень міцності зв'язування) впливають такі фактори: концентрація, вид і склад білка, його конформація, ступінь пористості (визначає загальну площу поверхні сорбції), значення рН системи, ступінь денатураційних змін (сприяє зниженню сорбції води білком унаслідок зростання частки міжбілкових взаємодій) і т.д.

З метою контролю стану вологи в продукті застосовується показник активності води  $a_w$ , який залежить від кількості зв'язаної води і гігроскопічних властивостей матеріалу. Знання та спрямоване використання особливостей зв'язаної води різною білкововмісною сировиною дає змогу спрогнозувати такі показники як вихід готової продукції, органолептичні показники, кількість витраченої енергії при термообробці тощо.

Наявність великої кількості гідрофільних і гідрофобних груп у білках зумовлює орієнтацію полярних груп до води, а неполярних до жиру, в результаті чого утворюються міжфазні адсорбційні шари. Отже, білки м'язової тканини мають здатність взаємодіяти між собою та іншими компонентами м'язової тканини, зв'язувати воду, емульгувати жири. Знання функціонально-технологічних властивостей білкововмісної сировини і способів

модифікування їх дає можливість направлено регулювати якісні характеристики готової продукції [95].

Вода в харчових продуктах, завдяки своїм структурним зв'язкам, характеризується різноманітними властивостями та доступністю, що дозволяє принципово її розділити на вільну та зв'язану. Ось чому дуже важливими показниками в технології продуктів харчування, поряд із загальною вологістю, є показники зв'язаної вологи, вологоутримуючої здатності, вологовиділяючої здатності. Співвідношення вільної та зв'язаної вологи дуже часто є домінуючим показником, який характеризує технологічну, товарознавчу та мікробіологічну стабільність продуктів.

Одним із показників, який дозволяє оцінити стан води в продукті та його доступність, є активність води  $a_w$ , яка визначається за даної температури  $T_1$  за умови рівноваги за формулою:

$$a_w = \frac{P_w}{P'_w} \quad (4.1)$$

де  $P_w$ -парціальний тиск пари розчину води над продуктом;

$P'_w$  – парціальний тиск пари води над водою при тій же температурі.

Відомо, що одним з вагомих досягнень в харчовій промисловості є концепція активності води, яка дозволяє оцінити ступінь схильності сушених продуктів і продуктів з проміжною вологістю до мікробіологічного та іншого псування. Контролюючи функціонально-технологічні показники в продукті і, зокрема  $a_w$ , можна створити «карти стабільності» продуктів і визначити оптимальні умови їх зберігання [95].

$a_w$  – це один з найкритичніших параметрів у визначенні якості і безпеки товарів, які споживаються щодня. Водна активність зачіпає термін придатності, безпеку, структуру і запах харчових продуктів.

Вивчали зміну  $a_w$  грудки курячої (табл. 4.3). З отриманих даних видно, що такі харчові продукти які мають значення показника активності води в

межах 0,3-0,5 виявляють властивість, притаманну для даного діапазону значень, як крихкість структури.

Згідно даних  $a_w$  має вплив на розвиток мікроорганізмів у харчових продуктах та визначено наступні межі для: бактерій  $a_w = 0,75-0,98$ ; дріжджів  $a_w = 0,62-0,90$ ; мікроміцетів  $a_w = 0,6-0,88$ . Отже, такі сушені продукти за нормованих умов зберігання не схильні до розвитку мікроорганізмів [95].

Таблиця 4.3 Показник активності води ( $n=3$ ,  $p \leq 0.05$ )

№ п/п	Найменування	Результати одиничних вимірювань $a_{wn}$	Середнє значення $a_w$
1	Грудинка куряча	0,327 0,325 0,325	0,326

Відповідно, на зміну показника  $a_w$  за змін температур сушіння має вплив саме структури сполук, в яких завдяки іонним, гідрофобним і водневим зв'язкам та Ван-дер-Ваальсовим силам відбувається взаємодія вологи продукту з такими сполуками як вуглеводи та білок. Значення показника активності води для зразків м'яса курятини знаходиться в діапазоні нижче 0,5, що свідчить про слабкий вплив жирових речовин, який практично не пов'язує воду (рис. 4.1) [95].

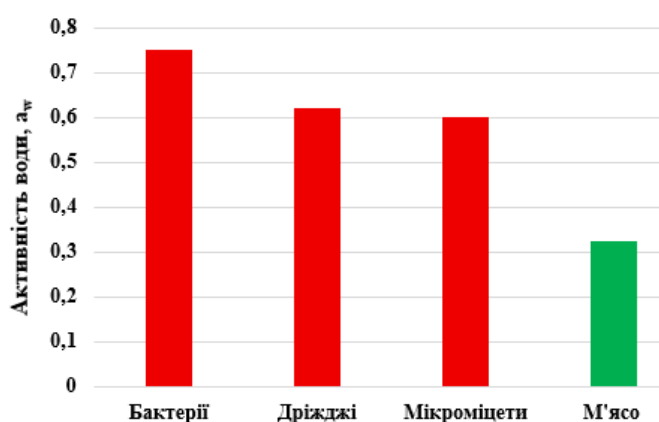


Рис. 4.1. Межі розвитку мікроорганізмів у харчових продуктах при значеннях активності води

З урахуванням наявної зв'язаної вологи ізотерма сорбції для області низького вмісту вологи в харчових продуктах (рис. 4.2) показує властивості води в продукті.

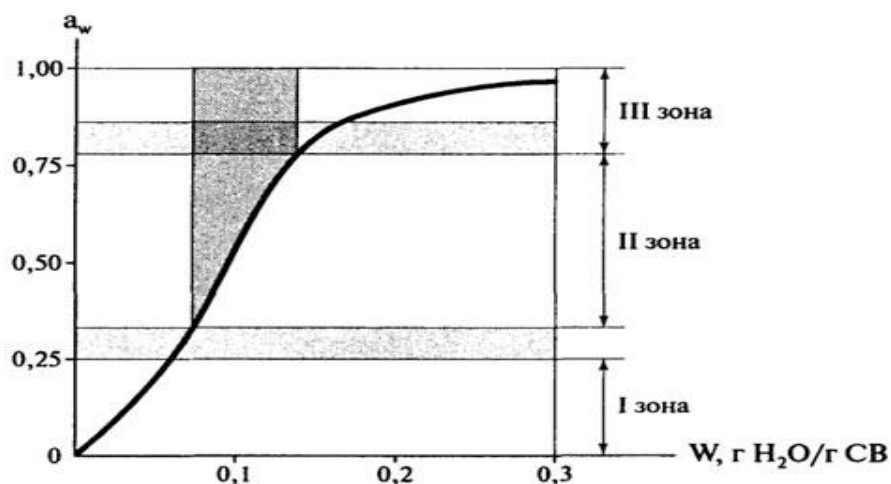


Рис. 4.2. Ізотерма сорбції води [95]

Зокрема, зона I ізотерми відповідає стану воді найбільше адсорбованою і найбільш нерухомою в харчових продуктах. Ця вода адсорбована, завдяки полярним H<sub>2</sub>O-іон і H<sub>2</sub>O-диполь взаємодіям. Ентальпія пароутворення цієї води вище, ніж у чистої води, яка не замерзає при -40°C. Така вода не може бути розчинником, міститись в продукті в значній кількості та впливати на структурні властивості твердої речовини. В даному випадку вода є частиною такого продукту.

Високий вміст вологи наприкінці зони I (межа зон I і II) відповідає моношару вологи. В цілому зона I - відповідає надзвичайно малій частині всієї вологи у високовологому харчовому продукті. Вода в зоні II складається з води зони I і доданої води (ресорбція) для отримання води, включеної в зону II. Ця волога утворює мультишар і взаємодіє з сусідніми молекулами через вода-вода-водневі зв'язки. Ентальпія пароутворення для мультишарової води більше, ніж для чистої води. Значна частина цієї води не замерзає при -40°C, як і вода, додана до харчового продукту із змістом вологи, відповідним межі зон I і II та зазвичай складає менше 5% від загальної вологи у високовологих харчових продуктах. Таким чином, волога сушених за різних умов грудки

курячої бере участь в процесі розчинення, діє як пластифікуючий агент і сприяє набуханням твердої матриці.

Стабільність харчових продуктів і активність води тісно зв'язані. На рис. 4.3 показано відношення між  $a_w$  і швидкістю реакцій, що відбуваються в харчових продуктах при температурі 25-45°C.

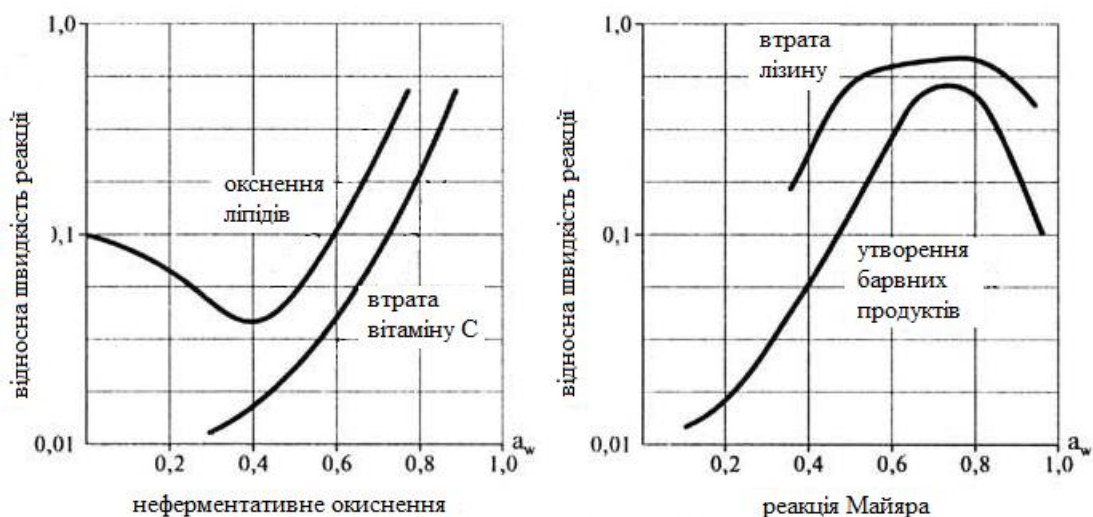


Рис. 4.3. Залежність стабільності харчових продуктів від  $a_w$

Швидкість реакції і нахил кривих можуть змінюватися залежно від складу, фізичного стану, структури продукту, складу повітря (особливо присутність кисню), температури, ефекту гістерезису. У продуктах із низькою вологістю можуть відбуватися процеси окиснення жирів, неферментативне потемніння, втрата водорозчинних речовин (вітамінів), псування, що викликане дією ферментів продукту. Активність мікроорганізмів в даному випадку пригнічена. Для більшості хімічних реакцій (рис. 4.2) максимальна швидкість має місце в області  $a_w$ , і є мінімальною на межі зон I і II (0,2-0,4), окрім реакції окиснення ліпідів [86].

Окиснення ліпідів починається за низького значення  $a_w$  та із зростанням швидкості окиснення знижується до межі зон I і II на ізотермі, після чого зростає до межі зон II і III. Подальше зростання  $a_w$  сповільнює швидкість окиснення. Отже, при додаванні води до сухого продукту спочатку відбувається реакція взаємодії продукту з киснем повітря (зона I) і вода

продукту зв'язує гідропероксиди, взаємодіє з продуктами їх розпаду і перешкоджає окисненню. Крім того, така вода гідратує іони металів, які каталізують процес окиснення, гальмуючи їх активність.

#### **4.3. Дослідження зміни кислотного числа м'яса курятини**

Висушене гранульоване м'ясо курятини має вміст ліпідів до складу яких входять група ненасичених хімічних з'єднань, що робить їх реакційноздатними. Ці хімічні реакції впливають під час зберігання на зміну якості всієї продукції. Значні зміни відбуваються під час окислення жирів і це визначає термін їх зберігання.

Нежирні сорти м'яса містять від 3 до 6 % тригліцеридів насичених жирних кислот та приблизно 1 % фосфоліпідів, багатих ненасиченими жирними кислотами. Ці фосфоліпіди, які входять у склад мембран клітини, та особливо мембран мітохондрій, піддаються дуже швидкому окисненню. За рахунок цього м'язова тканина дуже чутлива до окислення ліпідів, більше, ніж жирова тканина, яка може бути багата ненасиченими тригліцеридами (свинина). Принципово для свіжого м'яса окислення ліпідів не являється лімітуючим фактором при зберіганні його на холоді. Значно більше схильний до окислення фарш, в якому окислення настає між другою та десятою добою при 5 °С, однак окислення ліпідів – проблема, в основному, для м'яса мороженого чи охолодженого після термообробки.

Дегідратоване м'ясо, термо чи іншою обробкою, є більш стійким через незначний вміст вологи: прогірклість починає відчуватися в дегідратованому м'ясі яловичини приблизно через 1 місяць при зберіганні при температурі 37 °С, упакованому на повітрі через 6 місяців, упакованому у вакуумі при 20 торс – через 12 місяців. Термін зберігання не являється лімітуючим фактором у випадку ліофілізації м'яса.

М'ясо птиці легше окислюється, оскільки його фосфоліпіди більш багаті ненасиченими жирними кислотами. Для різних типів м'яса, поліфосфати являються ефективними антиоксидантами, що пов'язано, ймовірно, зі

зв'язуванням заліза. Концентрація поліфосфатів – від 0,01 до 0,1 % від маси м'яса. Аскорбінова кислота у кількості 0,1 % також характеризується антиокислювальними властивостями, на відміну від ефета по молоку.

Свинина в присутності солі прогоркає значно швидше. Очевидно, у даному випадку окислення торкається тригліцеридів в більшій мірі, ніж фосфоліпідів (деякі сосисочні вироби). Хлорид натрію сприяє окисленню ліпідів, але механізм цього не вивчений.

Якість жиру і його походження визначають, досліджуючи його хімічні властивості. Так, при зберіганні жиру відбувається розщеплення гліцеридів, що супроводжується накопиченням вільних жирних кислот, тобто зростанням кислотності. Підвищена кислотність жиру вказує на зниження його якості. Ненасичені жирні кислоти окисляються по подвійним зв'язкам, в результаті чого в жирі збільшується кількість пероксидів альдегідів та інших продуктів розпаду. Вони надають жиру прогірклий смак [86].

Про глибину окислення жирів у процесі зберігання судять по величинам перекисного та кислотного чисел, по накопиченню вторинних продуктів окислення – альдегідів та кетонів, речовин, що визначають появу прогірклого смаку та аромату.

Прогірклість буває декількох видів:

- 1) окислювальна, при якій ненасичені жирні кислоти окиснюються киснем з повітря до пероксидних з'єднань, що розкладаються водою і утворюють альдегіди, кетони. Тепло, світло, волога прискорюють процес окиснення.
- 2) гідролітична – це коли жир піддається гідролітному розщепленню з вивільненням низькомолекулярних кислот.

Окислення ліпідів представляє собою дуже швидкі реакції, що часто являється лімітуючим фактором при зберіганні дегідратованих продуктів або продуктів зі зменшеною кількістю води.

Досліджували вплив зберігання м'яса курятини на зміну кислотного числа жиру в процесі зберігання в продуктах швидкого приготування та без

них. Визначали кислотне число мг КОН/г за методикою, наведеною у другому розділі даної роботи. Результати, отримані в процесі зберігання протягом трьох років, наведені на рис. 4.4.

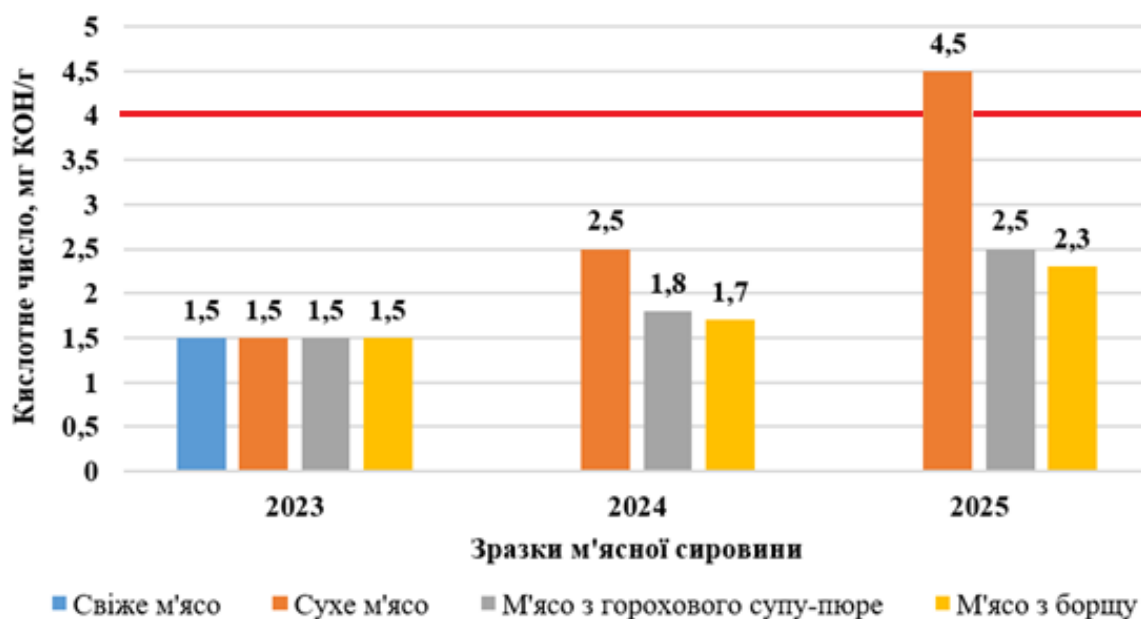


Рис. 4.4. Зміна кислотного числа сухого м'яса курятини в процесі зберігання в продуктах швидкого приготування та без них протягом двох років

У висушеному м'ясі та в м'ясі, яке входило до складу продуктів швидкого приготування, визначали кислотне число і заклали його на зберігання в герметичній тарі, та пакет з гороховим супом-пюре та борщем. Свіже сухе м'ясо курятини має значення 1,5 мгКОН/г, що свідчить про високу якість жиру після переробки. М'ясо з таким значенням кислотного числа заклали на зберігання у складі горохового супу-пюре та борщу. Через рік зберігання у м'ясі підвищилось значення кислотного числа до показника 2,5 мгКОН/г, тобто у 1,6 рази, а у продуктах швидкого приготування майже не змінилось. Через два роки зберігання кислотне число в м'ясі сухому курячому становить 4,1 мгКОН/г, що є у 2,7 рази вище у порівнянні із свіжим висушеним м'ясом. Для зразка м'яса у продуктах швидкого приготування за цей період становить 2,5 мгКОН/г. Допустима норма кислотного числа жиру до 4 мгКОН/г.

В процесі зберігання тканинні ліпіди здатні гідролітично розкладатись і окислятись. Процес гідролізу проходить швидше, ніж у чистих жирах.

Значні зміни відбуваються з жирами при їх окисленні. Вказаний процес у більшості випадків лежить в основі харчового псування жирів, при цьому смак і аромат стають специфічними та неприємними. Вони констатуються в цілому як прогірклість. В деяких випадках процес окислення переводить жири в категорію непридатних для споживання. Важливо також підкреслити, що з деякими складовими – поліненасиченими компонентами жирів – пов'язана роль останніх як незамінних факторів харчування. Висока здатність цих складових до окислення є причиною того, що жири швидко втрачають свою біологічну цінність, ще до того, як продукт стане непридатним до вживання. На швидкість процесів, які відбуваються в жирах при зберіганні, впливає цілий ряд факторів, зокрема й те, що вміст у жирі натуральних антиокислювачів суттєво впливає на стійкість його при зберіганні.

Отже, після зберігання протягом року відбулась збільшення кислотного числа у м'ясі сушеному – в 1,6 разів, при цьому м'ясо із продуктів швидкого приготування зазнало незначних змін. Дослідження через два роки показали псування м'яса сушеного, а м'ясо з продуктів швидкого приготування лише збільшилось у 1,6. Тобто воно придатне для вживання.

#### **4.4. Висновки до четвертого розділу**

1. Визначено регідратаційні властивості натуральних складових та продуктів швидкого приготування, які показали доцільність розроблених режимів сушіння. Відновлюваність даних продуктів знаходиться в межах 95 – 99 %.

2. Визначено кислотне число м'яса курятини та виявлено, що відбувається часткова стабілізація м'яса курятини за рахунок взаємодії із іншими компонентами в продуктах швидкого приготування. Тобто, через два роки зберігання, враховуючи показник кислотного числа, продукти швидкого приготування з м'ясом придатні до вживання.

## РОЗДІЛ 5.

### РОЗРОБКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ

#### 5.1. Теплотехнологія виробництва сушеного м'яса курятини

Розвиток продовольчого ринку України в умовах вільної конкуренції спонукає розробляти, освоювати та випускати нові харчові продукти із збалансованим хімічним складом та необхідною енергетичною цінністю. Найбільшої затребуваності зазнають натуральні продукти без сторонніх домішок, безпечні для споживання, виготовлені з натуральної сировини та з високим вмістом харчових волокон, тому що населення споживає занадто перероблені продукти [96]. Багато із сучасних продуктів швидкого приготування мають високу калорійність, вміст цукрів, перемелену структуру, яка не потребує довгого жування та низький коефіцієнт насичення. Це спонукає науковців до розробки здорових продуктів швидкого приготування із натуральним складом. М'ясо курятини є натуральною сировиною, при додаванні якої до рецептури сухих харчових продуктів швидкого приготування може забезпечити підвищеним вмістом білку, мікро та макроелементів, вплинути на коефіцієнт насичення, зокрема тривалому жуванню та перетравлюванню у шлунку повільно насичує калоріями організм людини.

То ж, при розробці теплотехнології отримання продуктів швидкого приготування важливе значення має сировина із вмістом білку. Це впливає як на смакові показники, так і на енергетичну та поживну цінність готового продукту.

На рис. 5.1 зображено технологічну схему виробництва сушеного гранульованого м'яса курятини. На першому етапі нативна сировина поступає на мийку проточною водою, після цього нарізають на шматки 10-12 см, далі поміщають в гарячу воду та варять 10-12 хв. Далі подрібнюють на гранули та направляють в сушарку.

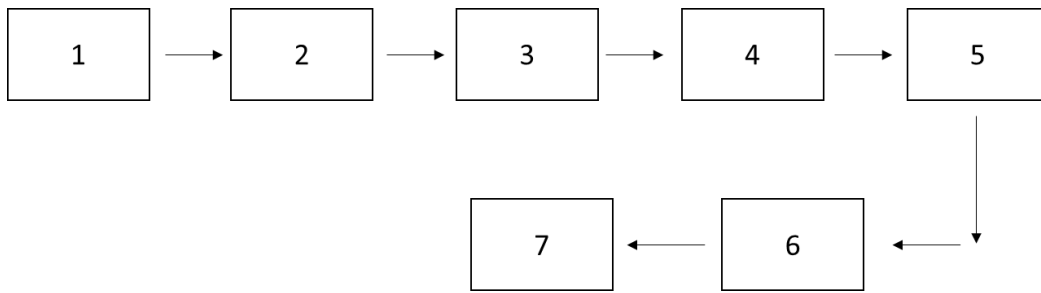


Рис. 5.1. Технологічна схема виробництва сушеного гранульованого м'яса курятини:

- 1 – миття проточною водою; 2 – нарізання шматками 10-12 см;  
 3 – варіння 10 хв; 4 – подрібнення на гранули; 5 – сушіння;  
 6 – охолодження до 20 °С; 7 – пакування

Таблиця 5.1. Органолептичні показники сушеного гранульованого м'яса курятини

Найменування показників	Характеристики продукту
Зовнішній вигляд і консистенція	Гранулоподібна суміш, однорідна, без сторонніх домішок, допускається присутність порошкоподібних частинок, який утворюється в процесі сушіння, охолодження, переміщення продукту
Дисперсність	Діаметр 5 мм
Колір	Світлий, властивий даній сушеній сировині
Аромат	Аромат сушеного м'яса, властивий даній сушеній сировині, без сторонніх запахів
Смак	Присмак сушеного м'яса, властивий даній сушеній сировині, без сторонніх смаків.

Сушіння відбувається при температурі теплоносія 55 °С до вологості матеріалу 10-12 %. Після цього матеріал охолоджують, знімають з піддонів, фасують у крафт-мішки та відправляють на склад готової продукції.

У таблиці 5.1 представлено основні органолептичні показники сушеного гранульованого м'яса курятини. Як видно з даних таблиці, гранульований продукт має смак та аромат, властивий даній сировині [97, 98].

Перевагою розробленої теплотехнології є відсутність при підготовці матеріалу до сушіння хімічних та інших сторонніх інгредієнтів. В результаті чого, одержано високоякісну екологічно чисту продукцію зі збереженням у концентрованому вигляді всіх речовин, що входять до складу вихідної сировини.

Використання нових способів підготовки до сушіння та енергоефективних режимів сушіння дозволяє значно зменшити витрати енергоносіїв порівняно з існуючими технологіями.

## **5.2. Теплотехнологія отримання білково-каротиновмісних порошків**

При створенні нових технологій потрібно враховувати фактори якості харчування та енергоефективності переробки продуктів. Для одержання антиоксидантних порошків на основі каротиноїдів, білків та жиру використовують таку сировину як морква, горох лущений, лущена квасоля. Створені композиційні суміші на основі овочів та бобових, технологічна схема отримання яких представлена на рис. 5.2. Розглянемо технологічну схему отримання антиоксидантних порошків на основі гороху та моркви або квасолі та моркви.

Моркву, яка поступила на переробку (1), миють (3) в чистій воді у співвідношенні 1:3 в миючих машинах, якість мийки при цьому систематично контролюється. Морква повинна бути повністю відмита від залишків ґрунту та інших забруднювачів, які є джерелом попадання в продукт спор мікроорганізмів.

Помиту моркву інспектують (4), забирають сторонні домішки і направляють на очистку від шкіри (5), де можна використовувати механічну корундову чистку. Після очищення морква поступає на додаткове миття (6). Очищені коренеплоди направляють на різку (7) та дозування (9).

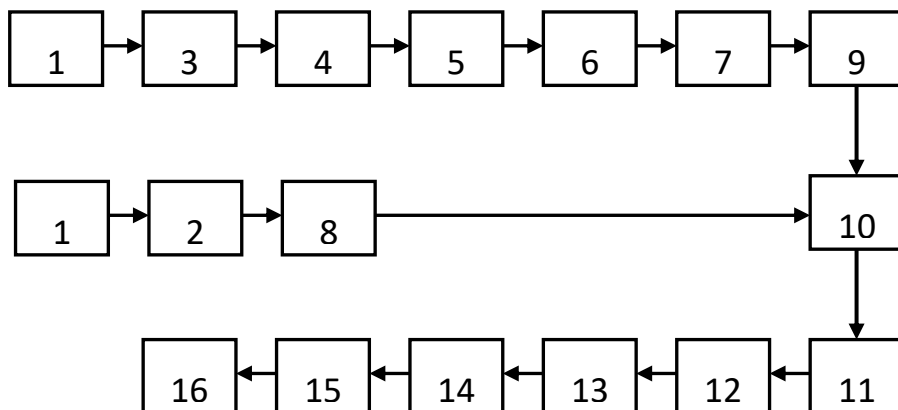


Рис. 5.2. Технологічна схема виробництва горохово-морквяного та квасолевого-морквяного порошоків:

1 – приймання сировини (горох, квасоля, морква); 2 – мийка гороху чи квасолі; 3 , 6 – мийка моркви; 4 – конвеєр інспекційний; 5 – термоочистка моркви; 7 – нарізання моркви; 8 – дозування та гігротермічна обробка гороху чи моркви; 9 – дозування моркви; 10 - термічна обробка гороху, квасолі та моркви; 11 – подрібнення; 12 – сушіння; 13 – охолодження; 14 - диспергування; 15 – класифікація; 16 – пакування.

Горох чи лущену квасоллю дозують (1) та подають на гігротермічну обробку (8). Бобові замочують у воді у співвідношенні 1:4 з температурою 18 – 20°C протягом 1 години. Воду зливають, бобові подають у варочний котел – тривалість варки 15 хв при температурі води 97 – 100°C. Воду зливають з гороху чи квасолі, додають моркву в оптимальних співвідношеннях 1:2 до гарячих бобових додають підготовлену моркву (10), перемішують і суміш витримують разом 5 – 7 хв для інактивації ферментів моркви. Далі суміш подрібнюють разом (11).

Підготовлену суміш рівномірно розподіляють на піддонах сушильної установки, які завантажують у візки, що рухаються в першу зону тунельної сушильної установки. Сушіння суміші (12) відбувається за ступеневими режимами 100/70°C до кінцевої вологості 10 %. Висушена сировина поступає на охолодження (13) до температури матеріалу 20°C.

Висушена сировина поступає на диспергування (13), де подрібнюється до порошкоподібного стану та класифікується в сепараторі (15) до розмірів частинок до 0,16 – 0,5 мм. Отриманий горохово-морквяний або квасолево-морквяний порошок фасують (16) у крафт-мішки та маркують.

### **5.3. Теплотехнологія виробництва борщу з м'ясом швидкого приготування**

Сьогодні харчові продукти значать більше, ніж просто засіб для виживання. Вони стали важливим чинником культури, спортивних змагань, політики, роботи. Оброблені харчові продукти є частиною людини, питання цінності харчових продуктів виникає часто у сучасному світі.

В раціоні харчування населення розвинених країн переважають продукти, позбавлені харчових волокон, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Це призводить до зміни мікрофлори кишківника, уповільнення біосинтезу ряду вітамінів, збільшення утворення токсичних продуктів, в тому числі і канцерогенних, підвищується всмоктування їх кров'ю. Недостатня кількість в раціоні природних харчових волокон призводить до передчасного старіння, розвитку ожиріння, цукрового діабету, захворювання серцевосудинної системи, раку.

Вітаміни відносяться до групи незамінних нутрієнтів органічної природи, різноманітної будови, які необхідні для забезпечення обміну речовин. Наслідком недостатньої кількості вітамінів є порушення обміну речовин в організмі, зниження стійкості організму до дії руйнівних факторів. В зв'язку з цим роль цих нутрієнтів особливо велика в умовах науково-технічного прогресу, коли на організм людини діють ряд руйнівних факторів:

великий потік інформації, гіподинамія, забруднення біосфери, підвищений рівень шуму, радіонукліди і т.д.

Вживання вітамінів залежить від віку, статі, характеру трудової діяльності, кліматичного поясу, стану здоров'я. Сучасне харчування потребує нових високоякісних продуктів.

Майже всі продукти харчування, які є на сучасному ринку містять у своєму складі сухі продукти. Сушіння консервує вихідні продукти, які мають малий термін придатності, зменшує вагу продукту, концентрує у 6-8 разів біологічні речовини, робить можливим транспортування, легке вживання і збільшує термін їх використання.

Тим не менше, під час традиційного сушіння харчова сировина отримує тепловий стрес, втрачаючи при цьому велику кількість активних речовин та натуральний колір. Такий метод сушіння, як сублімаційний, дає високу якість висушеної сировини. За цією технологією вологу із продукту видаляють за допомогою сублімації у вакуумі. Такий спосіб сушіння дорого коштує, технологічно довготривалий, тому продукти отримані за таким способом піднімаються у верхню шкалу цін сухих продуктів.

Розроблений енергоефективний метод підготовки сировини до сушіння та сушіння конвективним методом за розробленими режимами дозволяє інактивувати окислювальні ферменти, зменшити витрати енергоносіїв під час підготовки сировини на 75 %, а під час сушіння на 40-50 %. Розроблені способи сушіння сировини дозволяють зберегти функціональні інгредієнти на 93-95 %. Розроблені умови стабілізації цих інгредієнтів, і підготовлена сировина в процесі переробки набуває нових якісних властивостей. Однією з основних характеристик висушеної сировини – є її здатність до відновлення. Висушена сировина, за розробленими режимами підготовки більше поглинає води, ніж існуючі традиційні способи.

На ринку України продукти оздоровчого харчування представлені в основному у вигляді дієтичних харчових добавок. Різниця між дієтичними

харчовими добавками і функціональними продуктами полягає в тому, що до складу біологічно-активних добавок в переважній кількості входять компоненти, які не несуть харчової цінності.

В основі створення функціональних харчових продуктів лежить модифікація традиційних продуктів, яка забезпечує підвищений вміст в них корисних інгредієнтів до рівня, який відповідає фізіологічним нормам вживання та їх тривале зберігання.

Якісний та кількісний склад функціональних продуктів швидкого приготування забезпечує організм речовинами з яких в його клітинах та тканинах можуть синтезувати власні структури, які необхідні для процесів життєдіяльності, пристосувальних та захисних функцій.

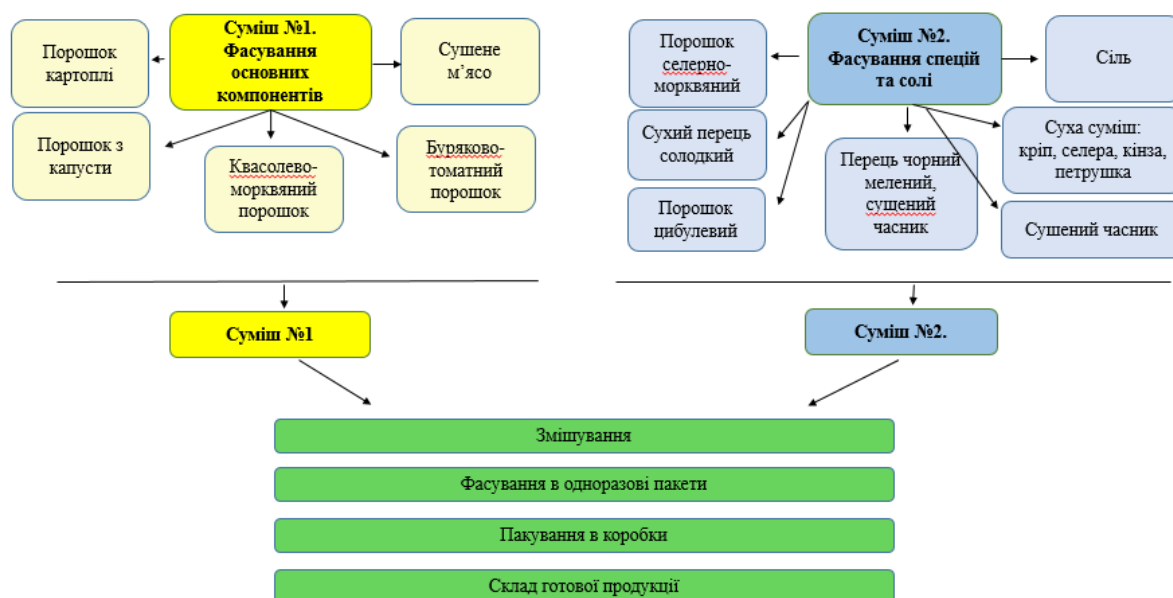


Рис. 5.3. Технологічна схема отримання борщу з м'ясом швидкого приготування

Для того щоб отримати функціональні кінцеві продукти швидкого приготування, потрібна якісна вихідна сировина, яка підлягає сушінню. В Інституті технічної теплофізики НАН України було розроблено технології отримання сухого порошку з картоплі, капусти, перцю солодкого, цибулі, часнику, кропу, петрушки та суміші - селерно-морквяна, горохово-морквяна, і

квасолево-морквяна, буряково-томатна [61, 77, 99]. До рецептури також входить м'ясо курятини, висушене за розробленою технологією.

Технологічна схема отримання борщу з м'ясом швидкого приготування (рис. 5.3) складається з підготовки суміші 1 (фасування основних компонентів) та суміші 2 (фасування спецій та солі). Після того, як ці суміші готові, вони подаються на стадію змішування, далі на фасування в одноразові пакети, далі в коробки та на склад готової продукції. В рецептурі борщу головними складовими є буряково-томатний порошок, який відповідає за колір та має антиоксидантні властивості, сушене м'ясо за розробленою технологією та квасолево-морквяний порошок.

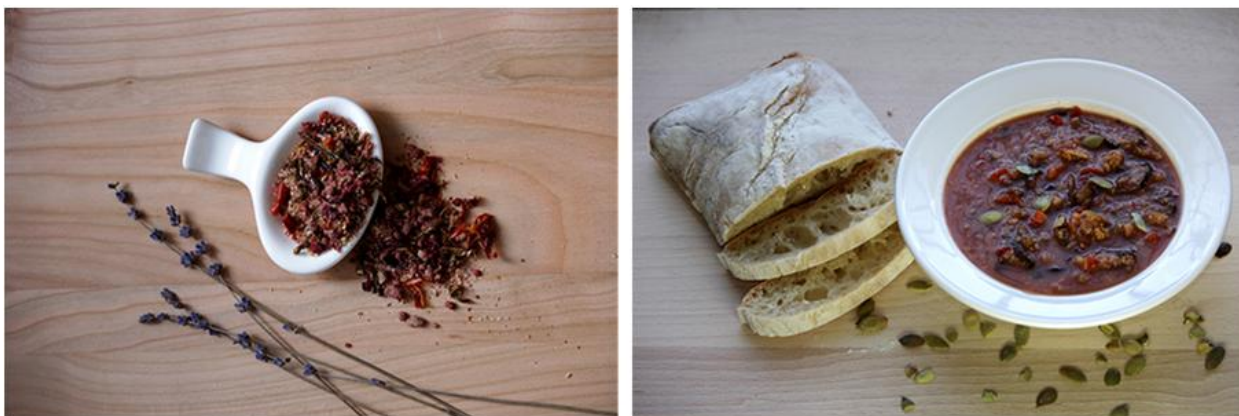


Рис. 5.4. Зовнішній вигляд борщу швидкого приготування

Тобто, на основі функціональних порошків був розроблений борщ швидкого приготування, який має функціональні властивості та не потребує відварювання, його запарюють водою при температурі 90-100°C протягом 5-7 хв при співвідношенні суміш 40 г і вода 250-300 мл води (1:7). Збільшене вживання з їжею антиоксидантів рекомендовано МОЗ, як засіб зниження ризику ракових та серцево-судинних захворювань. До антиоксидантів борщу відносяться бетанін столового буряку та каротиноїди моркви, червоного перцю та томатів. Концентрація антиоксидантів в нашому борщі в 4 -5 разів вища ніж в сирих овочах. Борщ це також концентрат харчових волокон, які забезпечують нормальну роботу шлунково-кишкового тракту та організм пребіотиками. Завдяки зелені – борщ містить фолати.

Збільшена кількість вживання фолатів може до 30 % зменшити закупорку судин та повністю виключити фолієвозалежну анемію у людей похилого віку. Джерелом фітоестрогенів є квасоля. Фітоестрогени за своїми властивостями вважаються основними при запобіганні таких захворювань, як серцево-судинні та онко. Загальний вигляд сухої борщової суміші та готового (відновленого) борщу представлено на рис. 5.4.

#### **5.4. Теплотехнологія виробництва горохового супу-пюре з м'ясом швидкого приготування**

Якісний та кількісний склад функціональних супів швидкого приготування забезпечує організм людини речовинами, з яких в його клітинах та тканинах можуть синтезувати власні структури, які необхідні для процесів життєдіяльності, пристосувальних та захисних функцій.

Всі інгредієнти горохового супу з м'ясом швидкого приготування збалансовані відповідно до оптимальної потреби організму в харчових речовинах та енергії (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Зовнішній вигляд функціональних інгредієнтів та горохового супу-пюре м'ясом швидкого приготування

Технологічна схема отримання горохового супу з м'ясом швидкого приготування включає в себе підготовку горохово-морквяного, картопляного порошку, цибулі сушеної та зелені, а також м'яса курятини за розробленою технологією (рис. 5.6). Всі вищезазначені компоненти поєднуються у співвідношенні згідно рецептури продукту. Після цього фасуються в одноразові порції, що пакуються в коробки та подаються на склад готової

продукції. В гороховому супі-пюре з м'ясом основними інгредієнтами є м'ясо сухе за розробленою технологією та горохово-морквяний порошок.

В таблиці 5.2. представлено основні характеристики розроблених продуктів швидкого приготування – борщу з м'ясом та горохового супу-пюре з м'ясом.

Сухий борщ після відновлення має інтенсивний буряковий колір, густу консистенцію та аромат властивий даному продукту. При відновленні сухої суміші, її об'єм збільшується у 7-8 разів та має енергетичну цінність 446 ккал на 100 г продукту.

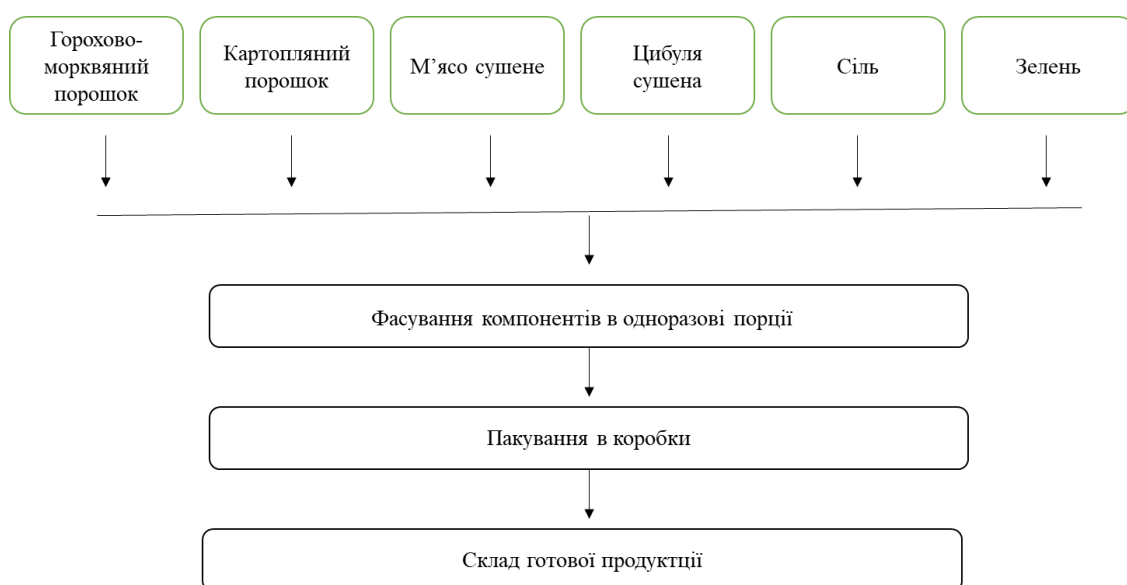


Рис. 5.6. Технологічна схема отримання горохового супу з м'ясом швидкого приготування

Сухий гороховий суп-пюре має збалансований вміст білків, незамінних амінокислот, жирів, водо- та жиророзчинних вітамінів, харчових волокон, що надає йому функціональних властивостей. При відновленні сухої суміші, її об'єм збільшується в 7-8 разів та має енергетичну цінність 390 ккал на 100 г продукту.

*Перевага розроблених продуктів над іншими технологіями:* інноваційні теплотехнології з енергоефективними режимами сушіння дають можливість отримати високоякісні сухі продукти для виробництва нових функціональних продуктів харчування з заданими властивостями.

Створені продукти швидкого приготування не містять сторонніх хімічних інгредієнтів та стабілізаторів, а складаються з натуральних антиоксидантів, фолатів, фітоестрогенів і пребіотиків. Каротиноїди, бетанін, органічні кислоти, фолати, фітоестрогени та харчові волокна надають їм функціональності. Під час переробки такої сировини майже повністю збережені нативні властивості вихідної сировини та одночасно витримані критерії екологічної безпеки.

Таблиця 5.2. Характеристика продуктів швидкого приготування

№	Назва продукції	Характеристика	Склад продукції	Поживна (харчова) цінність, %	Енерг. цінність у 100г, ккал	Спосіб та час приготування	Строк зберіг.
1	Борщ	Після відновлення набуває інтенсивного бурякового кольору, завдяки збереженому на 97 % бетаніну, який являється потужним антиоксидантом	Порошок з капусти, буряково-томатний, квасолево-морквяний, картопляний, цибулевий, перцю болгарського, зелені, часнику, м'ясо сушене, сіль, вершки, спеції.	Білок: 15,0 Вуглеводи: 49,7 Жир: 12 Клітковина: 10,2 Зола: 7,1 Інші: 6	446	Висипати вміст пакету у ємність, залити 200 мл окропу і настояти 5-7 хв.  При відновленні (додавання окропу до сухої суміші) обсяг збільшується в 7-8 разів.	12 місяців
2	Суп-пюре гороховий	Збалансований вміст білків, незамінних амінокислот, жирів, водо-та жиророзчинних вітамінів, харчових волокон надає йому антиоксидантних та пребіотичних властивостей.	Крупа горохова, порошок картопляний, морквяний, селерний, цибулевий, зелень (кріп, петрушка), м'ясо сушене, сіль.	Білок: 26,0 Загальні вуглеводи: 52 Жир: 10	390	Висипати вміст пакету у ємність, залити 200 мл окропу і настояти 5-7 хв. При відновленні (додавання окропу до сухої суміші) обсяг збільш. в 7-8 разів.	12 місяців

Всі інгредієнти супів збалансовані відповідно до оптимальної потреби організму в харчових речовинах та енергії. Продукти швидкого приготування

представляють собою попередньо підготовлені (з дотриманням всіх смакових якостей) порошкоподібні компактні суміші з довготривалим терміном зберігання. Час приготування таких продуктів – 5-7 хв, що особливо важливо в екстремальних ситуаціях. При відновлюванні (додавання окропу до сухої суміші) об'єм збільшується в 7-8 разів.

### **5.5. Дослідження сорбційних властивостей порошкоподібних сухих матеріалів та продуктів швидкого приготування на їх основі**

Зразки порошоків адсорбують з навколишнього повітря воду на зовнішній і внутрішній сильно розвиненій поверхні, оскільки їх поверхня має вільну енергію. Адсорбція на поверхні твердого дисперсного тіла йде мимовільно і до тих пір, поки не встановиться динамічний рівноважний стан цієї термодинамічної системи. Через різноманітність форм зв'язку вологи з дисперсними матеріалами, аналітична будова ізотерм сорбції дисперсних матеріалів ускладнена. Поки рівняння ізотерми сорбції виведено аналітично, тільки для ізотерм Ленгмюра капілярно-пористих тіл. Тому ми, як і більшість дослідників, вибрали емпіричний шлях визначення рівноважної вологості, як було вказано у другому розділі.

Процес адсорбції та десорбції вологи завжди завершується станом динамічної рівноваги. Кожному значенню парціального тиску водяної пари та температури як параметрів технологічного процесу відповідає відповідна кількість сорбційної та десорбційної вологи.

Вологість білкововмісних продуктів при даних параметрах середовища отримала назву – рівноважна. Максимальна рівноважна вологість речовин при відносній вологості 100 % є границею, до якої продукт може сорбувати пароподібну вологу. Таку вологу продукту називають гігроскопічною.

У мікрокапілярах вода достатньо міцно зв'язана. Це також гігроскопічна волога, тому поглинання цієї вологи сухим матеріалом відбувається за рахунок сорбції з навколишнього середовища. Тому, для зберігання сухі продукти герметично запаковують і зберігають в сухому складському приміщенні.

При відносній вологості повітря  $\phi$  від 0 до 10 % поглинання води сухим білковим продуктом відбувається за рахунок мономолекулярної адсорбції; при  $\phi = 10 - 90$  % - шляхом полімолекулярної адсорбції, при  $\phi = 90 - 100$  % - шляхом поглинання води мікрокапілярами.

Були одержані ізотерми сорбції  $W^c_p = f(\phi)$  у дослідженому інтервалі відносної вологості повітря та криві кінетики сорбції  $W^c = f(\tau)$ , оскільки у схемі експерименту передбачена також можливість фіксування зміни вологості зразків у часі [100, 101, 102].

### ***Адсорбційні дослідження харчових порошків, які є основою продуктів швидкого приготування***

Продукти швидкого приготування, такі як гороховий суп-пюре з м'ясом та борщ з м'ясом містять у своєму складі різноманітні порошки, деякі з них були досліджені в даній роботі, а інші – отримані раніше. Одним із компонентів, який входить до складу продуктів швидкого приготування є селено-морквяний порошок, сорбція якого не досліджувалась раніше. Такі порошки як буряково-томатний та буряково-ревеневий є основою борщу швидкого приготування. Тому дослідження адсорбційних властивостей цих порошків – важливо [103].

Отримані в результаті дослідів кінетичні криві адсорбції водяної пари зразками комбінованих порошків з розміром частинок  $d < 0,5$  мм при співвідношенні компонентів зазначених для кожного порошку зображені на рис. 5.7 – 5.8. Аналіз експериментальних даних показує, що всі криві мають однаковий характер. В межах досліджуваної води повітря, вони мають випуклості в сторону осі  $W$ , %, що свідчить про полімолекулярну адсорбцію.

Рівноважний стан для горохово-морквяного порошку при  $\phi = 0,4 - 0,6$  встановлюється на 7 – 8 добу, відповідно при  $\phi = 0,7 - 0,8$  на 10 – 11 добу, при  $\phi = 0,9$  на 25 добу (рис. 5.7).

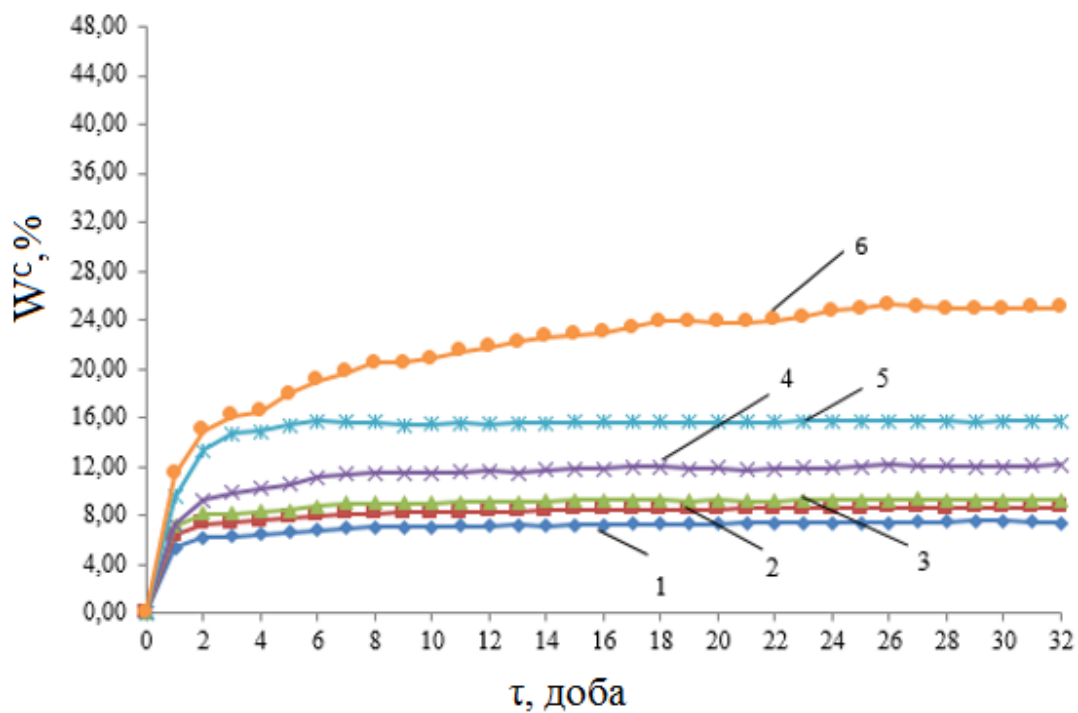


Рис. 5.7 – Кінетичні криві адсорбції водяної пари горохового-морквяного порошку:

1 –  $\varphi = 0,4$ ; 2 –  $\varphi = 0,5$ ; 3 –  $\varphi = 0,6$ ; 4 –  $\varphi = 0,7$ ; 5 –  $\varphi = 0,8$ ; 6 –  $\varphi = 0,9$

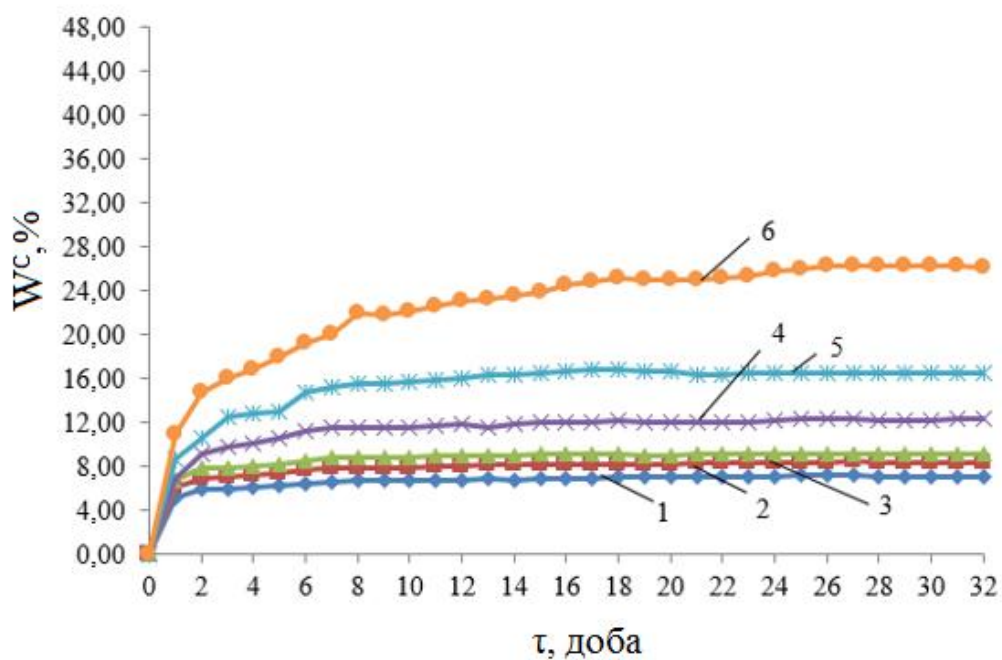


Рис. 5.8. Кінетичні криві адсорбції водяної пари квасолево-морквяного порошку: 1 –  $\varphi = 0,4$ ; 2 –  $\varphi = 0,5$ ; 3 –  $\varphi = 0,6$ ; 4 –  $\varphi = 0,7$ ; 5 –  $\varphi = 0,8$ ; 6 –  $\varphi = 0,9$

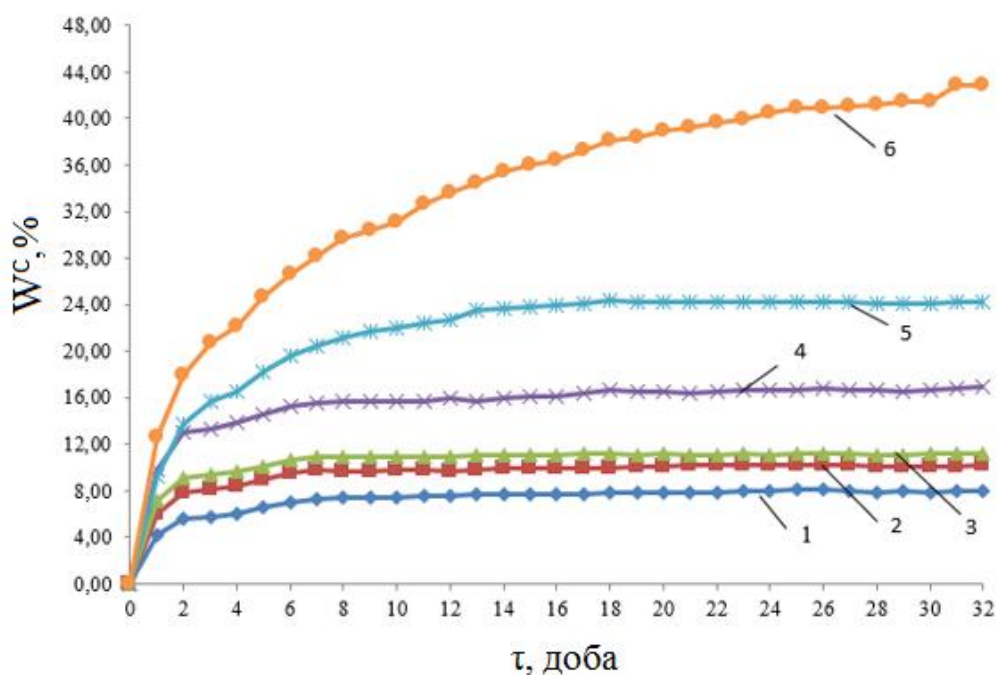


Рис. 5.9. Кінетичні криві адсорбції водяної пари селерно-морквяного порошку: 1 –  $\varphi = 0,4$ ; 2 –  $\varphi = 0,5$ ; 3 –  $\varphi = 0,6$ ; 4 –  $\varphi = 0,7$ ; 5 –  $\varphi = 0,8$ ; 6 –  $\varphi = 0,9$

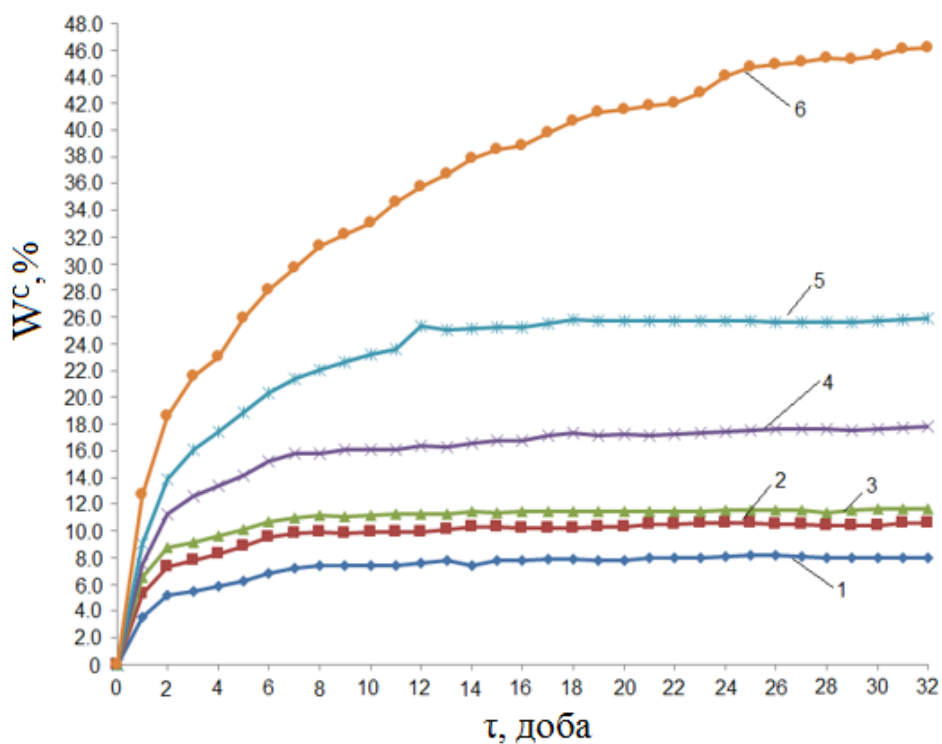


Рис. 5.10. Кінетичні криві адсорбції водяної пари буряково-томатного порошку: 1 –  $\varphi = 0,4$ ; 2 –  $\varphi = 0,5$ ; 3 –  $\varphi = 0,6$ ; 4 –  $\varphi = 0,7$ ; 5 –  $\varphi = 0,8$ ; 6 –  $\varphi = 0,9$

Рівноважна вологість горохово-морквяного порошку змінюється в широкому діапазоні вологості матеріалу від  $W_p^c = 7\%$  при  $\varphi = 0,4$  до  $W_p^c = 25\%$  при  $\varphi = 0,9$ .

Для квасолево-морквяного порошку при  $\varphi = 0,4 - 0,6$  рівноважний стан встановлюється на 7 – 8 добу. При  $\varphi = 0,7$  на 8 добу, а при  $\varphi = 0,8$  на 21 добу (рис. 5.8). Рівноважна вологість квасолево-морквяного порошку становить при  $\varphi = 0,4$   $W_p^c = 6\%$ , а при  $\varphi = 0,4 - W_p^c = 26\%$ .

Для селеро-морквяного порошку при  $\varphi = 0,4 - 0,6$  рівноважний стан встановлюється на 7 – 8 добу, при  $\varphi = 0,7 - 0,8$  на 19 добу (рис. 5.9).

Для буряково-томатного порошку при  $\varphi = 0,4 - 0,6$  рівноважний стан встановлюється на 8 – 10 добу, при  $\varphi = 0,7 - 0,8$  на 18 - 19 добу (рис. 5.10).

Отже, порівнюючи рівноважні вологості моно та комбінованих порошоків, доведено, що при  $\varphi = 0,7$  рівноважна вологість морквяного монопорошку на 61% більше, ніж функціонального горохово-морквяного. Ця тенденція до зменшення рівноважної вологості спостерігається у всіх антиоксидантних порошках [102, 103, 104].

#### *Адсорбційні дослідження продуктів швидкого приготування*

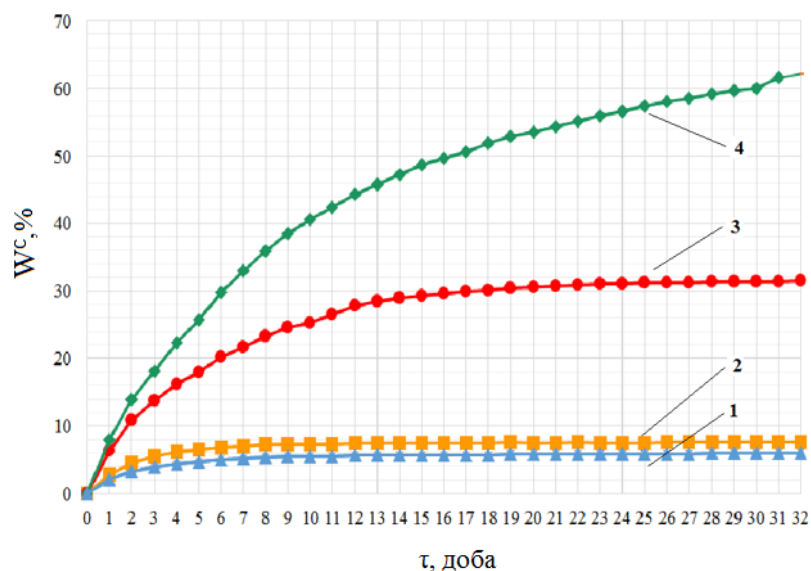


Рис. 5.11. Кінетичні криві адсорбції водяної пари над сухим борщем):

1 –  $\varphi = 0,4$ ; 2 –  $\varphi = 0,6$ ; 3 –  $\varphi = 0,8$ ; 4 –  $\varphi = 0,9$

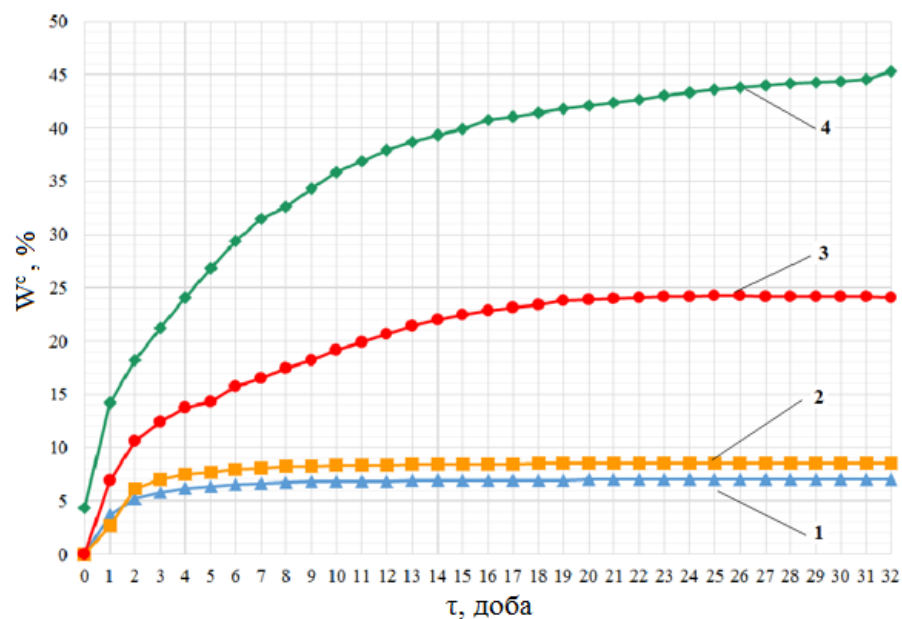


Рис. 5.12. Кінетичні криві адсорбції водяної пари горохового супу-пюре:

$$1 - \varphi = 0,4; 2 - \varphi = 0,6; 3 - \varphi = 0,8; 4 - \varphi = 0,9$$

Для визначення рівноважної вологості сухих продуктів швидкого приготування застосовували ексікатори із значеннями відносної вологості  $\varphi = 0,4; 0,6; 0,8; 0,9$  [105].

Для борщу при  $\varphi = 0,4; 0,6$  рівноважний стан встановлюється на 7 добу, при  $\varphi = 0,8$  – на 20 добу, а при  $\varphi = 0,9$  – і на 32 день досліджень спостерігається зростання (рис. 5.11).

На рисунку 5.12 зображені кінетичні криві адсорбції водяної пари горохового супу-пюре. Як видно з рисунку, при значенні  $\varphi = 0,4; 0,6$  рівноважна вологість встановлюється на 7 та 9 добу відповідно. При  $\varphi = 0,8$  – на 19 день, а при  $\varphi = 0,9$  – і на 32 день рівноважна вологість зростає.

***Ізотерми адсорбції водяної пари функціональних порошоків та сухих продуктів швидкого приготування на їх основі***

На підставі експериментальних даних про рівноважний вологовміст були побудовані ізотерми адсорбції водяної пари функціональних порошоків та продуктів швидкого приготування (рис. 5.13 – 5.14).

З рис. 5.13 видно, що рівноважна вологість композиційних антиоксидантних порошків значно нижча, ніж морквяного порошку, причому рівноважні вологості квасолево-морквяного та горохово-морквяного порошків майже співпадають.

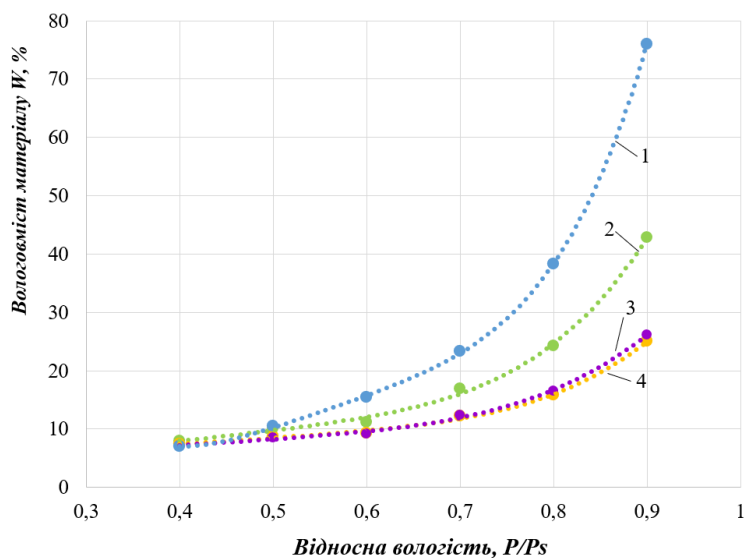


Рис. 5.13. Ізотерми адсорбції водяної пари антиоксидантних морквяновмісних порошків в порівнянні з морквою:

1 – морквяний; 2 – селерно-морквяний; 3 – квасолево-морквяний;  
4 – горохово-морквяний

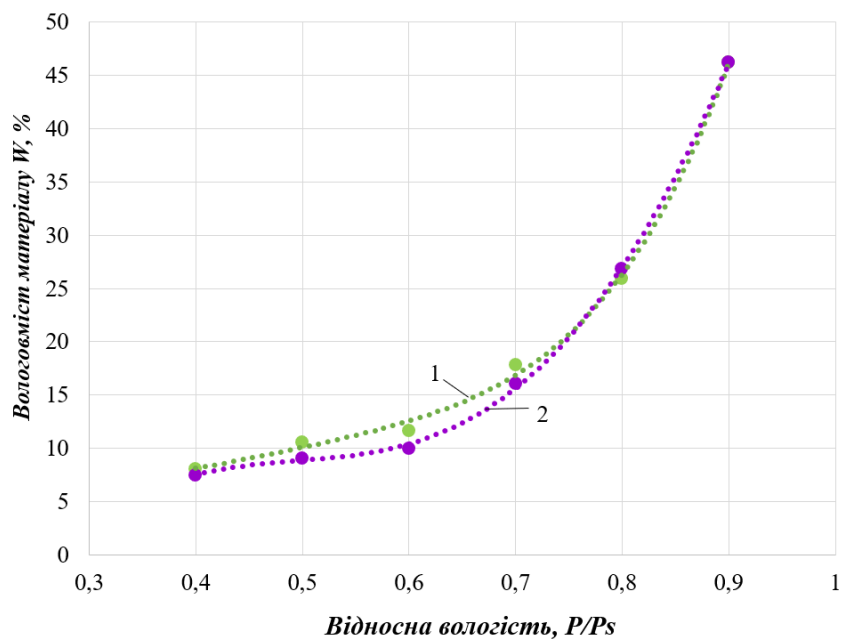


Рис. 5.14. Ізотерми адсорбції водяної пари бурякововмісних порошків:

1 – буряково-томатний; 2 – буряково-ревеневий

На рівноважну вологість комбінованих порошків на основі столового буряку має вплив не лише складові буряку, а й томату та ревеню, які мають підвищену кислотність. Тому при  $\varphi = 0,6$  вологість для буряково-томатного порошку становить 12 %, а для буряково-ревеневого – 10 % (рис. 5.14). Це показує вплив компонентів у композиції.

На рис. 5.15 представлено ізотерми адсорбції водяної пари морквяного, буряково-томатного, буряково-ревеневого порошків та сухого борщу на їх основі. Основними інгредієнтами сухого борщу є морквяний, буряковмісний порошки.

Як видно з рисунку, рівноважна вологість морквяного порошку є найвищою при всіх значеннях  $\varphi$ , а функціональних буряковмісних порошків буряково-лимонного та буряково-ревеневого майже однакова. Рівноважна вологість всіх досліджуваних зразків при значенні відносної вологості  $\varphi = 0,4$  знаходиться в межах 6 - 7 %. Вологість сухого борщу при  $\varphi = 0,8$  становить 31,5 %, а при  $\varphi = 0,9$  – 62 %.

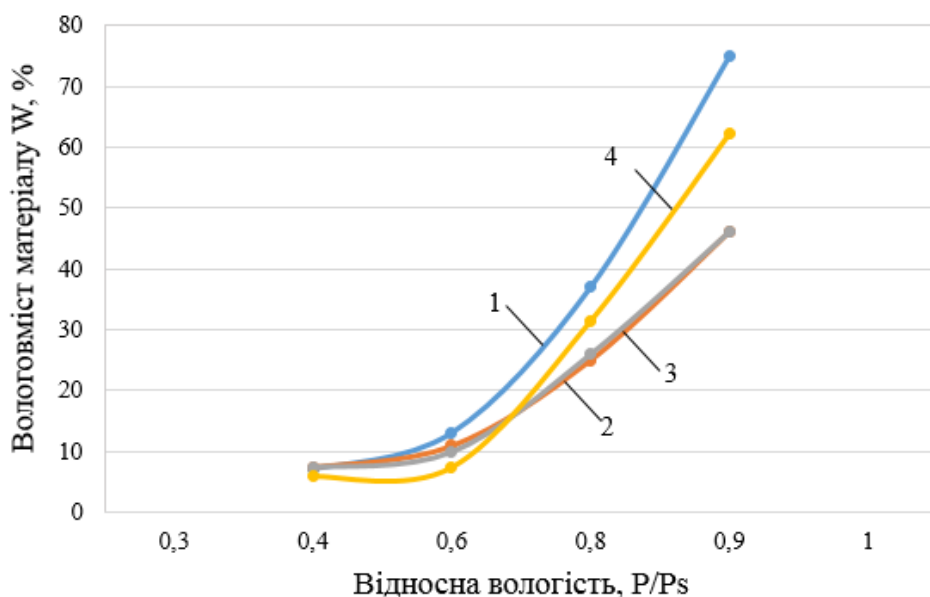


Рис. 5.15. Ізотерми адсорбції водяної пари моно-, комбінованих порошків та продуктів швидкого приготування на їх основі:

- 1 – морквяний; 2 – буряково-томатний; 3 – буряково-ревеневий;
- 4 – сухий борщ

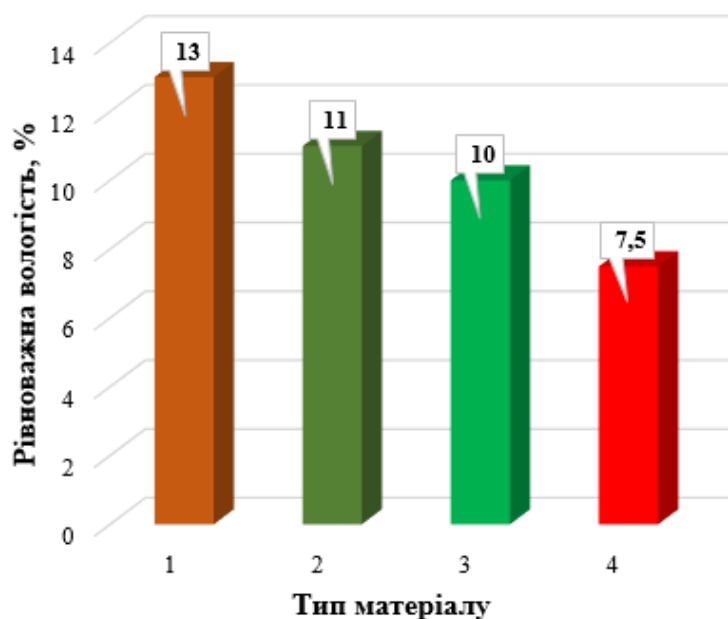


Рис. 5.16. Рівноважна вологість моно-, комбінованих порошків та продуктів швидкого приготування на їх основі при  $\phi=0,6$ :  
 1 – морквяний; 2 – буряково-томатний; 3 – буряково-ревеневий;  
 4 – сухий борщ

Порівняльна характеристика рівноважної вологості при  $\phi = 0,6$  морквяного, буряково-томатного, буряково-ревеневого порошків та сухого борщу на їх основі представлена на рис. 5.16. Як видно з рисунку, рівноважна вологість буряково-томатного та буряково-ревеневого порошків становить 11 % та 10 %, а сухого борщу лише 7,5 %.

На рисунку 5.17 представлені ізотерми адсорбції водяної пари морквяного, горохового, функціонального горохово-морквяного порошку та горохово-морквяного супу-пюре. Функціональний горохово-морквяний порошок є основним інгредієнтом в рецептурі горохово-морквяного супу-пюре.

Рівноважна вологість при  $\phi = 0,4$  усіх досліджуваних зразків знаходиться в межах 7-8 %. Найнижче значення рівноважної вологості має функціональний горохово-морквяний порошок при  $\phi = 0,8$   $W=15$  %, а при  $\phi = 0,9$   $W=24$  %. Ізотермічна крива горохового супу-пюре (поз. 4) знаходиться між кривою горохового порошку (поз. 3) та кривою морквяного порошку (поз. 1).

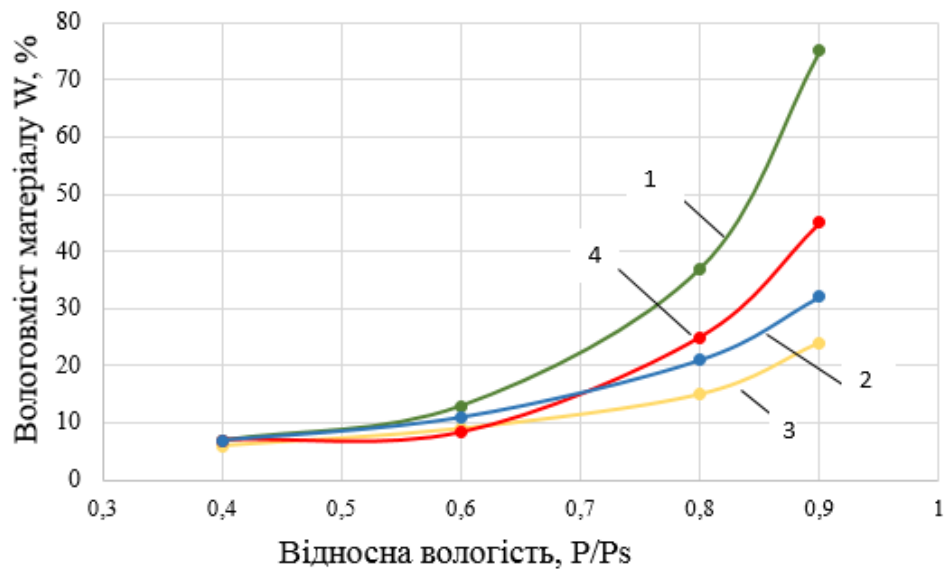


Рис. 5.17. Ізотерми адсорбції водяної пари моно-, комбінованих порошоків та продуктів швидкого приготування на їх основі: 1 – морквяний; 2 – гороховий; 3 - горохово-морквяний; 4 – гороховий суп-пюре

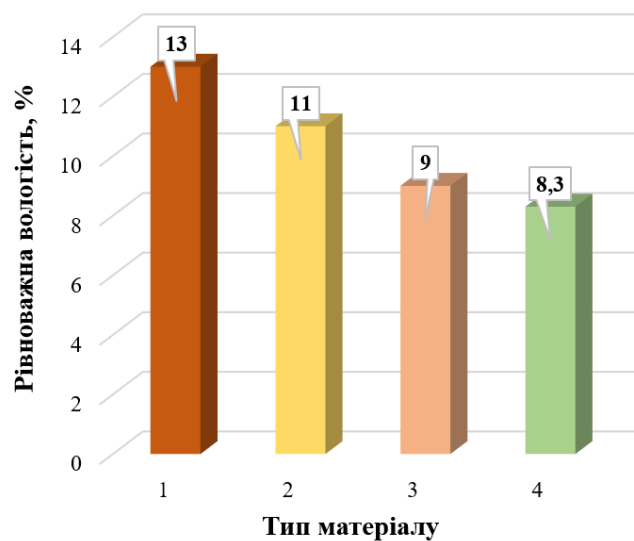


Рис. 5.18. Рівноважна вологість моно-, комбінованих порошоків та продуктів швидкого приготування на їх основі при  $\varphi=0,6$ : 1 – морквяний; 2 – гороховий; 3 - горохово-морквяний; 4 – гороховий суп-пюре

На рисунку 5.18 представлена порівняльна характеристика рівноважної вологості при  $\varphi = 0,6$  морквяного, горохового, функціонального горохово-морквяного порошоків та горохово-морквяного супу-пюре на їх основі.

Рівноважна вологість морквяного порошку становить 12 %, горохового 11 %, функціонального горохово-морквяного порошку 9 %, а супу-пюре на їх основі 8,3 %.

Аналізуюючи ізотерми адсорбції водяної пари продуктів швидкого приготування (рис. 5.15, 5.17), видно, що при  $\varphi=0,6$  гороховий суп-пюре з м'ясом та борщ з м'ясом мають рівноважну вологість значно нижчу, ніж основні компоненти.

Отже, не дивлячись на однаковий характер ізотерм досліджуваних зразків, які показують, що ці матеріали представляють собою капілярно-пористі колоїдні тіла і маючи однакові форми зв'язування вологи в той же час суттєво відрізняються один від одного рівноважною вологістю. Що можна пояснити їх різним біохімічним складом.

## **5.6. Розробка апаратурно-технологічної лінії отримання м'яса курятини**

Розробка нових теплотехнологій вирішує проблему раціонального використання сировинних та енергетичних ресурсів, а також при цьому формуються наукові основи раціонального харчування та відповідно, підвищується якість життя.

Одним із напрямків розвитку оздоровчого харчування є розробка технології отримання сухих продуктів швидкого приготування з високою харчовою якістю з підвищеним вмістом натурального білку. Як видно з першого розділу, керувати енергетичною цінністю, вмістом тих чи інших біологічно активних речовин в сухих продуктах швидкого приготування є можливим за рахунок додавання відповідних продуктів до рецептури. Наприклад, для підвищення вмісту білку, необхідно додати до рецептури білкововмісні продукти. Для цього була розроблена теплотехнологія отримання сухого м'яса курятини.

Сировина з вмістом натурального білку вимоглива до температури, яка не повинна перевищувати 60 °С. Тому при розробці теплотехнології це було враховано та застосовано розроблений режим зневоднення.

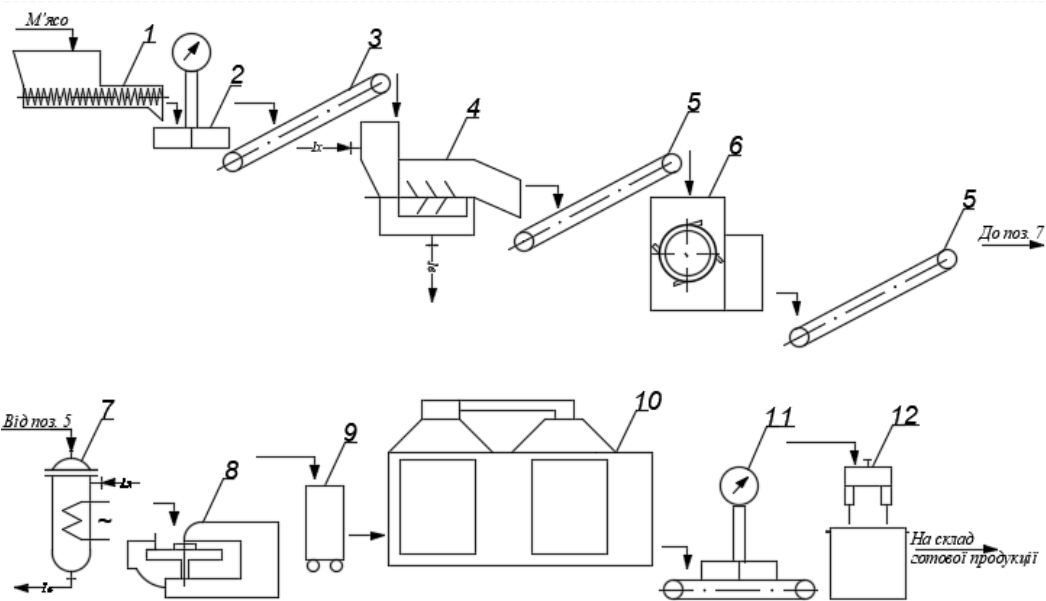


Рис. 5.19. Апаратурно-технологічна лінія виробництва сухого м'яса курятини продуктивністю 200 кг сировини за годину:

- 1 – бункер приймання сировини; 2 – ваги; 3 – транспортер елеваторний ТЕ;  
 4 – машина миюча; 5 – конвеєр стрічковий; 6 – машина для нарізання сировини; 7- варильний котел; 8 – кутер (м'ясорубка); 9 - візок з піддонами;  
 10 –сушарка 2-х зонна на теплогенераторі ТФ2.02; 11 – ваги-дозатор;  
 12 – пакувальна машина

На рис. 5.19 представлено апаратурно-технологічну схему виробництва сухого м'яса курятини. М'ясна сировина поступає в бункер приймання сировини (1), зважується на вагах (2), транспортером елеваторним ТЕ (3) поступає на машину миючу (4), стрічковим конвеєром (5) подається на машину для нарізання сировини (6), потім поступає у варильний котел (7), де відбувається варіння сировини протягом 10 хв, після цього йде на кутер (м'ясорубка) (8), де подрібнюється на гранули, а далі загружається на візок з піддонами (9) та поступає в сушарку, де сировина зневоднюється до відповідної вологості при розробленому інфрачервоно-конвективному режимі  $3800 \text{ Вт/м}^2 + 55 \text{ }^\circ\text{C}$ , після цього суха сировина зважується на вагах-дозаторах

(11), запаковується на пакувальній машині (12) та йде на склад готової продукції.

Сухий гранульований продукт необхідно зберігати у герметичному пакуванні при температурі навколишнього середовища 20 °С при вологості 60-70 %.

Після сушіння було досліджено органолептичні показники сушеного продукту, результати якого наведені у таблиці 5.1. Як видно, гранульований м'ясний продукт має відмінний зовнішній вигляд, смак та аромат, властивий даній сушеній сировині.

### **5.7. Висновки до п'ятого розділу**

1. Розроблені енергоефективні теплотехнології отримання сухого м'яса курятини; горохового супу-пюре з м'ясом швидкого приготування та борщу з м'ясом швидкого приготування з підвищеним вмістом натурального білку.

2. Дослідження адсорбційних властивостей функціональних порошків та продуктів швидкого приготування на їх основі показали, що останні мають нижчу рівноважну вологість у порівнянні із порошками.

3. Розроблено схему апаратурно-технологічної лінії отримання м'яса курятини із застосуванням енергоефективної камерної сушарки.

## ВИСНОВКИ

1. Сучасний стан наукових та практичних розробок сухих продуктів швидкого приготування із натуральним складом та довготривалим зберіганням, аналіз якого показав, недостатню кількість їх на ринку продуктів.
2. Розроблено попередню підготовку до сушіння білкововмісної сировини рослинного та тваринного походження, в результаті чого вдалося досягти збереження біологічно активних речовин та зменшення енерговитрат на процес.
3. Досліджено кінетику зневоднення білкововмісних матеріалів з урахуванням властивостей і режимів сушіння. Визначений ефективний режим дозволяє зберегти каротиноїди в матеріалах на 95 - 98 % при достатньо інтенсивному зневодненні сировини.
4. Розроблено енергоефективні режими зневоднення м'яса курятини та білково-каротиновмісної сировини; при цьому встановлено, що зневоднення білкововмісної сировини тваринного походження доцільно проводити при ефективному режимі  $3800 \text{ Вт/м}^2 + 55 \text{ }^\circ\text{C}$  у вигляді гранул.
5. Досліджено якісні характеристики (коефіцієнт регідратації та відновлюваність сухих продуктів). Визначено, що зразки у вигляді гранул мають найбільшу здатність до набухання та відновлення сухого продукту.
6. Розроблена технологія сушіння зі зміною руху теплоносія, що знижує тривалість сушіння, підвищує його швидкість в 1,68 р та зменшує енерговитрати майже на 3 %.
7. Інтенсифікація процесу із збереженням високої якості матеріалу відбувається за рахунок раціональної підготовки сировини до сушіння, знайденого ефективного режиму зневоднення і зміни напрямку потоку в процесу сушіння м'яса.
8. Дослідження тепловологообміну при сушінні білково-каротиновмісної сировини дозволили отримати формули розрахунку тривалості та швидкості сушіння.

9. Критерій оптимізації сушіння підтвердив, що розроблені режими зневоднення білково-каротиновмісної сировини – енергоефективні.

10. Експериментальні дослідження зневоднення м'яса курятини на дослідно-промисловій сушарці дозволили оптимізувати та скоротити енерговитрати на процес сушіння.

11. Досліджено сорбційні властивості висушеної білково-каротиновмісної сировини та активність води м'яса курятини та встановлено умови та термін зберігання.

12. Визначено кислотне число білкововмісної сировини тваринного походження після сушіння та зберігання протягом 2 років, а також у продуктах швидкого приготування, що дозволило встановити термін зберігання складових компонентів та продуктів швидкого приготування на їх основі.

13. Розроблено ресурсоенергозберігаючі теплотехнології отримання сухого м'яса курятини та сухих продуктів швидкого приготування з підвищеним вмістом білку - горохового супу-пюре з м'ясом та борщу з м'ясом.

14. Розроблено технологію сушіння м'яса курятини інфрачервоно-конвективним методом, враховуючи режими та спосіб підготовки до зневоднення, яка дозволяє отримати якісну продукцію при зменшенні енерговитрат на процес.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ayanwale, B. A., Ocheme, O. B., & Oloyede, O. O. (2007). The effect of sun-drying and oven-drying on the nutritive value of meat pieces in hot humid environment. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(4), 370-374. doi: 10.3923/pjn.2007.370.374
2. Aksoy, A., Karasu, S., Akcicek, A., & Kayacan, S. (2019). Effects of different drying methods on drying kinetics, microstructure, color, and the rehydration ratio of minced meat. *Foods*. 8 (6), 216 doi: 10.3390/foods8060216
3. Петрова, Ж.О., Снежкін, Ю.Ф., Пазюк, В.М., & Самойленко, К.М. (2023). Спосіб одержання антиоксидантного барвника зі столового буряку. (Патент України на винахід № 127044). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». <https://sis.nipo.gov.ua/en/search/detail/1727730/>
4. Jerald, Dr. A.L., Keerthana, K., & Lavanya, M. (2021). A Review on Development of Instant Healthy Soup Mix Using a composite Mixture of Veldt Grape and Hibiscus. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM)*. 9 (10), 946-956. ISSN: 2455-6211. Available online at: [www.ijaresm.com](http://www.ijaresm.com)
5. Sunyoto, M., Andoyo, R., & Dwiastuti, I.B. (2018). Characteristics of sweet potato instant cream soup for emergency food. *J. Teknol. Dan Industri Pangan*, Vol. 29 (2): 119-126. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip>
6. Islam, M., Sarker, M., Islam, M., Prabakusuma, A., Mahmud, N., Fang, Y., Yu, P. & Xia, W. (2018) Development and Quality Analysis of Protein Enriched Instant Soup Mix. *Food and Nutrition Sciences*, 9, 663-675. doi: [10.4236/fns.2018.96050](https://doi.org/10.4236/fns.2018.96050).
7. Islam, M. T., Huq, A. K. O., & Farzana, T. (2024). Development of a novel instant soup: Evaluation of organoleptic, physicochemical and nutritive

<https://doi.org/10.31893/multiscience.2025044>

8. Finney, J., Buffo, R., & Reineccius, G. (2002). Effects of type of atomization and processing temperatures on the physical properties and stability of spray-dried flavors. *Journal of Food Science*, 67(3), 1108-1114.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09461.x>

9. Tharise, N., Julianti, E., & Nurminah, M. (2014). Evaluation of physico-chemical and functional properties of composite flour from cassava, rice, potato, soybean and xanthan gum as alternative of wheat flour. *International Food Research Journal*, 21(4), 1641-1649.

10. Kumar AS., & Vijayan K. (2024). Development of Nutritious Instant Soup Mix, Its Organoleptic and Experimental Evaluation with its Popularization. *Indian J Nutri*.11 (1), 283 p.

11. Tripathi, P, & Gujar, K. (2017) Development of Iron Rich Flour Using Garden cress seeds. *International Journal of Applied and Natural Sciences*. 6, 155-162.

12. Kimothi, S., & Dhaliwal, Y. (2020). Nutritional and health promoting attribute of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. *Int J Curr Microbiol. Appl Sci*. 9, 1201-1209.

13. Minj, P., Mahilang, K.K.S., Raj, J.D., & Sonboier, K. (2018). Studies on some drying characteristics of amla. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7, 2113-2118.

14. Yadav, Y.S., Prasad, K., & Kumar, S. (2022). Ingredients Interaction Effect on Development and Characterization of Rice Flour and Moringa Oleifera Leaf Powder Based Instant Soup Mix. *Chemical Science Review and Letters*. 11 (42), 111-122. DOI:10.37273/chesci.cs205303438

15. Dhiman, A.K., Vidiya, N., Surekha, A., & Preethi, R. (2017). Studies on development and storage stability of dehydrated pumpkin based instant soup mix. *Journal of Applied and Natural Science* 9 (3), 1815 -1820.

16. Lal, G., Siddappa, G.S., & Tandon. G.L. (1986). Jams Jellies and marmalades. *Preservation of fruits and vegetables, ICAR New Delhi Publication*, pp. 294-301.

17. Rasitha, K., & Sharma, S. (2023). Development of the instant soup mix with low GI ingredients and its consumer acceptability. *The Pharma Innovation Journal*. 12(6). 1158-1164.

19. Krejčová, A, Černohorsk`y, T, & Meixner, D. (2007). Elemental analysis of instant soups and seasoning mixtures by ICP--OES. *Food Chemistry*. 105(1), 242–247.

20. Vittayaporn V., Supsina P., Wirunthanakritb W. (2024). Development of a Nutritious Instant Soup for the Elderly: Thai Chicken Soup with Coconut and Galangal (Tom Kha Gai). *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science* (September - December 2024), 17(3): 38-48

21. Mohamed R.S., Abozed S.S., El-Damhougy S., Salama M.F., & Hussein M.M. (2020). Efficiency of newly formulated functional instant soup mixtures as dietary supplements for elderly. *Heliyon* 6, 1 - 8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03197>

22. Сімахіна, Г.О., Науменко, Н.В., Камінська, С.В., & Межубовський, О.М. (2023). Обґрунтування складу високобілкового концентрату для супів швидкого приготування. *Наукові праці НУХТ*. 29 (2). 151-161.

23. Посилання на інтернет-джерело: <https://streetsoup.com.ua/horokhoviyi-krem-sup-street-soup-50-h/> (дата звернення 1.05.2025)

24. Посилання на інтернет-джерело: <https://ennifoods.com/soup-ua/gorohovij-tradic-jnij-tetya-sonya-upakovka-70-g/> (дата звернення 1.05.2025)

25. Посилання на інтернет-джерело: <https://www.unilever.com/brands/foods/knorr/> (дата звернення 1.05.2025)

26. Посилання на інтернет-джерело: <https://zolote-zerno.com.ua/product/https-zolote-zerno-shop-com-ua-ua-p1651602618-sup-gorohovij-ovochami-html/> (дата звернення 1.05.2025)

27. Посилання на інтернет-джерело: <https://harchifood.com/shop/pershi-stravi/sup-kuryachiy-z-lokshinoyu-harchi-tm/> (дата звернення 1.05.2025).

28. Петрова Ж.О., Снежкін Ю.Ф. (2018). Харчовий концентрат супу швидкого приготування функціонального призначення». (Патент України на винахід № 116737). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/704872/>

29. Гащук, О., Москалюк, О., & Левченко, М. (2024). Розробка технології м'ясного паштету з м'яса кролів для спеціального харчування. *II міжнародна науково-практична конференція «Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації»* (с. 181-183). м. Київ, НУХТ, ISBN 978-966-612-321-6.

30. Авдєєва, Л.Ю., & Макаренко, А.А. (2025). Сучасні методи виробництва сушеного м'яса і м'ясних продуктів. *Наукові праці НУХТ*, 31(1), 87— 106. DOI: 10.24263/2225-2924- 2025-31-1-8

31. Sniezhkin, Yu., Petrova, Zh., Bessarab, O., Samoilenko, K., Grakov, D., & Petrov, P. (2023). Intensification of drying process of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) using combined methods of dehydration. *Ukrainian Food Journal*. 12 (3). 444-457, DOI: 10.24263/2304- 974X-2023-12-3-10.

32. Клименко, М.М., Віннікова, Л.Г., Береза, І.Г., Гончаров, Г.І., Пасічний, В.М., Баль-Прилипко, Л.В., Кишенько, І.І., Буша, О.О., & Ткаченко, К.Д. (2006). *Технологія м'яса та м'ясних продуктів*. Підручник під ред. М.М. Клименка. К.: Вища освіта, 640. ISBN 966-8081-64-1.

33. Burfoot, D., Everis, L., Mulvey, L., Wood, A., & Betts, R. (2010). *Literature review on microbiological hazards associated with biltong and similar dried meat products*. Campden BRI. Station Road, Chipping Campden, Gloucestershire GL55 6LD Food Standards Agency. Aviation House, 125 Kingsway, London WC2B 6NH, 93.

34. Cheronno, K., 2013. *Infrared drying of biltong: effect of pretreatment and drying conditions on the drying characteristics and product quality*. Literature review and project proposal. School of Engineering University of KwaZulu-Natal Pietermaritzburg. 43.

35. Harrison, J., & Harrison, M. (2006). Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella typhimurium* during preparation and storage of beef jerky. *Journal of Food Protection*, 59, 1336–1338.

36. Heinke, W., Laing, E., & Viljoen, C. (2000). Isolation and identification of yeasts associated with intermediate moisture meats. *Food technology and biotechnology*, 1 (38), 69–75.

37. Thiagarajan, I.V., Meda, V., Panigrahi, S., & Shand, P. (2006). Thin-layer drying characteristics of beef jerky. *North Central Intersectional Meeting. North Central CSBE /ASABE inter sectional Meeting, Saskatoon*, (p. 5–7). DOI: [10.13031/2013.22372](https://doi.org/10.13031/2013.22372)

38. Principles of Preservation of Shelf-Stable Dried Meat Products. FSRE Shelf-Stable. (2005). 15. 156–170. Посилання на інтернет-джерело: <https://meathaccp.wisc.edu/validation/assets/Principles%20for%20preservation.pdf> (дата звернення 20.05.2025).

39. Quick guide on processing jerky and Compliance guideline for meat and poultry jerky produced by small and very small plants (2007). Update compliance guideline. USDA. Compliance Guideline for Meat and Poultry Jerky Produced by Small and Very Small Plants. Посилання на інтернет-джерело: [https://www.haccpalliance.org/wp-content/uploads/2022/01/Compliance\\_Guideline\\_Jerky.pdf](https://www.haccpalliance.org/wp-content/uploads/2022/01/Compliance_Guideline_Jerky.pdf) (дата звернення 20.05.2025)

40. Снежкін, Ю.Ф., Петрова, Ж.О., Самойленко, К.М., & Слободянюк К.С. (2022). *Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошків*. Тропеа.

41. Погожих, М.І., Євлаш, В.В., Нєміріч, О.В., & Максименко, А.Є. (2013). Кінетика сушіння м'яса яловичини способом змішаного теплопідведення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв*

ресторанного господарства і торгівлі, 1 (1), 79-84. Посилання на інтернет-джерело : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt\\_2013\\_1\(1\)\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2013_1(1)_12).

42. Снежкін, Ю.Ф., Петров, П.І. (2024). Вибір раціонального режиму сушіння м'яса курятини при його використанні в продуктах швидкого приготування. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 46 (4), 51-59. <https://doi.org/https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2024.6>

43. Кос, В., Eren, I., & Ertekin, F. K. (2008). Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of food engineering*, 85(3), 340-349. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.07.030

44. Mediani, A., Hamezah, H. S., Jam, F. A., Mahadi, N. F., Chan, S. X. Y., Rohani, E. R., ... & Abas, F. (2022). A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. *Frontiers in nutrition*, 9, 1057366. doi: 10.3389/fnut.2022.1057366

45. Liu, Y., Zhang, Z., & Hu, L. (2022). High efficient freeze-drying technology in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(12), 3370-3388. doi: 10.1080/10408398.2020.1865261

46. Cumhuri, Ö., Şeker, M., & Sadıkoğlu, H. (2016). Freeze drying of turkey breast meat: Mathematical modeling and estimation of transport parameters. *Drying Technology*, 34(5), 584-594. DOI: 10.1080/07373937.2015.1064945

47. Roobab, U., Chen, B. R., Madni, G. M., Guo, S. M., Zeng, X. A., Abdi, G., & Aadil, R. M. (2024). Enhancing chicken breast meat quality through ultrasonication: Physicochemical, palatability, and amino acid profiles. *Ultrasonics Sonochemistry*, 104, 106824. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106824>

48. Aykın Dinçer, E. (2023). Dried meat products obtained by different methods from past to present. *Food Reviews International*, 39(5), 2457-2476. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1956944>

49. Harrison, J. A., & Harrison, M. A. (1996). Fate of Escherichia coli O157: H7, Listeria monocytogenes, and Salmonella typhimurium during preparation and storage of beef jerky. *Journal of food protection*, 59(12), 1336-1338.

50. Buege, D. R., Searls, G., & Ingham, S. C. (2006). Lethality of commercial whole-muscle beef jerky manufacturing processes against *Salmonella* serovars and *Escherichia coli* O157: H7. *Journal of food protection*, 69(9), 2091-2099.
51. Calicioglu, M., Sofos, J. N., Samelis, J., Kendall, P. A., & Smith, G. C. (2002). Destruction of acid-and non-adapted *Listeria monocytogenes* during drying and storage of beef jerky. *Food Microbiology*, 19(6), 545-559.
52. Speckhahn, A., Srzednicki, G., & Desai, D. K. (2010). Drying of beef in superheated steam. *Drying Technology*, 28(9), 1072-1082. DOI: [10.1080/07373937.2010.505547](https://doi.org/10.1080/07373937.2010.505547)
53. Mounir, S. (2015). Texturing of chicken breast meat as an innovative way to intensify drying: use of a coupled washing/diffusion CWD phenomenological model to enhance kinetics and functional properties. *Drying Technology*, 33(11), 1369-1381. DOI: 10.1080/07373937.2015.1030029
54. Kurozawa, L. E., Morassi, A. G., Vanzo, A. A., Park, K. J., & Hubinger, M. D. (2009). Influence of spray drying conditions on physicochemical properties of chicken meat powder. *Drying Technology*, 27(11), 1248-1257. DOI: 10.1080/07373930903267187
55. Hii, C. L., Itam, C. E., & Ong, S. P. (2014). Convective air drying of raw and cooked chicken meats. *Drying Technology*, 32(11), 1304-1309.
56. Ajala, A. S., Ngoddy, P. O., & Olajide, J. O. (2012). Statistical modeling and simulation of drying cassava chips in tunnel dryer. *International Journal of Emerging Trend in Engineering and Development*, 7(2), 585-593.
57. Cáceres-Huambo, B. N., & Menegalli, F. C. (2009). Simulation and optimization of semicontinuous industrial tunnel dryers for fruits. *Drying Technology*, 27(3), 428-436.
58. Chou, S. K., Hawlader, M. N. A., & Chua, K. J. (1997). On the drying of food products in a tunnel dryer. *Drying technology*, 15(3-4), 857-880.

59. Maroulis, Z. B., & Saravacos, G. D. (2002). Modelling, simulation and design of drying processes. *In Proceedings of the 13th International Drying Symposium*. A:38
60. Вишневський, В.М. (2023). Енергоефективна камерна сушарка з комбінованим нагрівом теплоносія. [Дис. доктора філософії, Інститут технічної теплофізики НАН України]. [https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/05/dis\\_vyshnevskiyi.pdf](https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/05/dis_vyshnevskiyi.pdf).
61. Петрова, Ж.О., & Снежкін, Ю.Ф. (2018). *Енергоефективні теплотехнології переробки функціональної сировини*. Наукова думка.
62. Петрова, Ж.О. (2004). Розробка технологій одержання каротиновмісних продуктів. [дис. канд. техн. наук, Національний університет харчових технологій].
63. Інститут технічної теплофізики НАН України. (2021). *Тематичний збірник статей у двох томах. Том 1*. (Ю. Снежкін & Р. Шапар, Ред.). Тропеа.
64. Долінський, А.А., Малецька, К.Д. (2011). *Розпилювальне сушіння*. Академперіодика. ISBN 978-360-175-5
65. Снежкін, Ю.Ф. (2025). Енергоефективні сушарки, розроблені в Інституті технічної теплофізики НАН України. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 50(4), 5-17.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2025.1>
66. Cáceres-Huambo, B. N., & Menegalli, F. C. (2009). Simulation and optimization of semicontinuous industrial tunnel dryers for fruits. *Drying Technology*, 27(3), 428-436.
67. Інститут технічної теплофізики НАН України. (2021). *Тематичний збірник статей у двох томах. Том 2*. (Ю. Снежкін & Р. Шапар, Ред.). Тропеа.
68. Chou, S. K., Hawlader, M. N. A., & Chua, K. J. (1997). On the drying of food products in a tunnel dryer. *Drying technology*, 15(3-4), 857-880.

69. Kiranoudis, C. T., Maroulis, Z. B., Marinou-Kouris, D., & Tsampanlis, M. (1996). Modeling and optimization of a tunnel crate dryer. *Drying technology*, 14(7-8), 1695-1718.

70. Nindo, C., Sun, T., Wang, S. W., Tang, J., & Powers, J. R. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LWT-Food Science and Technology*, 36(5), 507-516.

71. Abonyi, B. I., Tang, J., & Edwards, C. G. (1999). Evaluation of energy efficiency and quality retention for the Refractance Window™ drying system. *Systems Engineering*, 1-38.

72. Петрова, Ж.О., Пазюк, В.М., Вишневський, В.М., Граков, Д.П. (2021). Напрями підвищення ефективності процесу сушіння в тунельних та комбінованих сушарках. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / відпов. ред. О.І. Черевко*, 1 (33), 109-130. DOI: 10.5281/zenodo.5036102

73. Ciurzyńska, A., Janowicz, M., Karwacka, M., Galus, S., Kowalska, J., & Gańko, K. (2022). The Effect of Hybrid Drying Methods on the Quality of Dried Carrot. *Applied Sciences*, 12 (20), 10588.

74. Imani, J., Lorenz, H., Kogel, K. H., & Glebe, D. (2007). Transgenic Carrots: Potential Source of Edible Vaccines. *JOURNAL FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT*, 2(1), 105.

75. Huzova, I.O., & Atamanyuk, V.M. (2022). Dynamics of drying processes of plant raw material in the period of decreasing speed. *Journal of Chemistry and Technologies* 30 (3), 419-430.

76. Снежкін, Ю. Ф., Петрова, Ж. О. (2007). *Тепломасообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків*. Академперіодика.

77. Петрова, Ж.О. (2013). *Створення енергоефективних теплотехнологій виробництва функціональних харчових порошків*: [Дис. докт. техн. наук, Інститут технічної теплофізики НАН України].

78. Ткаченко, С.Й., & Співак, О.Ю. (2007). *Сушильні процеси та установки*. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ.

79. Petrova, Zh., Paziuk, V., Samoilenko, K., Novikova, Yu., Slobodianiuk, K., & Petrov, P. (2025). Drying of protein-carotene-containing raw materials based on carrot and fabaceae. *Journal of Chemistry and Technologies*, 33 (2), 401-417. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i4.302324>.

80. Данильчук, С.І., Доценко, С.П., & Бережна, С.Д. (1979). Прискорений метод визначення КЧ в насінні соняшника. *Методика. Оліє-жирова промисловість* № 9.

81. Petrova, Zh., Samoilenko, K., Novikova, Yu., & Petrov, P. (2022). Equilibrium humidity as one of important energy-efficiency indexes in drying of food powder materials of biological nature. *Energy Engineering and Control Systems*, 8 (2), 90 – 97. <https://doi.org/10.23939/jeecs2022.02.090>

82. Держспоживстандарт. (1996). Перетворювані термоелектричні. Загальні технічні умови (ДСТУ 2857-94).

83. Пилипчук, М.І., Григор'єв, А.С., & Шостак, В.В. (2007). *Основи наукових досліджень*. Знання.

84. Петрова, Ж.О., Кузнєцова, І.В., Самойленко, К.М., Петров, П.І., & Маноха, Д.О. (2025). Переробка білкововмісної рослинної сировини на сухий продукт. *Продовольчі ресурси*, 13 (24), 33-44. <https://doi.org/10.31073/foodresources2025-24-03>.

85. Petrova, Zh., Samoilenko, K., Novikova, Yu., Petrov, P., & Yurchak, O. (2025). The Influence of Dehydration Mode on the Duration of the Drying Process of Protein-Containing Raw Materials of Animal Origin. *5th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering*. (p. 389-394). Lviv, Ukraine.

86. Енциклопедія харчування (в десяти томах). Том 3. (2017). (Під ред. Л.З. Шильмана). Світ книги.

87. Petrova, Zh., Grakov, O., & Vishnevsky, V. (2021). Overview of existing researches of the process of drying purple cabbage. *A collection of abstracts of*

reports of the 20th international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Resource-energy-saving technologies and equipment". Kyiv: "KPI named after Igor Sikorsky». (p. 22 – 24). Kyiv, Ukraine.

88. Petrova, Zh.O., Slobodianiuk, K.S., Vyshnievskyi, V.M., & Hrakov, O.P. (2022). Study of drying kinetics of colloidal capillary-porous materials in a convective drying unit. *Collection of abstracts of reports of the 19th International Scientific Conference "Improvement of processes and equipment of food and chemical industries"*. (14-16). Odesa, Ukraine.

89. Sniezhkin, Yu., & Petrov, P. (2025). Research and development of effective chicken meat dehydration methods. *Collection of abstracts of the XVI international online conference "Problems of thermal physics and thermal power engineering"*. (p. 50) Kyiv, Ukraine.

90. Petrova, Zh., Paziuk, V., Samoilenko, K., Vyshnevskyi, V., Petrov, P., & Koval, I. (2024). The energy-efficient chamber dryer for drying meat products. *Food Science and Technology*, 18 (4), 74-81. <https://doi.org/10.15673/fst.v18i4.3142>.

91. Sniezhkin, Y., Paziuk, V., Petrova, Z., Samoilenko, K., Petrov, A., & Biriukov, S. (2025). Energy-efficient low-temperature unit of condensation type for drying seed grain. *Energy Technologies & Resource Saving*, 82 (1), 127-137. <https://doi.org/10.33070/etars.1.2025.09>

92. Subramaniam, S., Jiao, S., Zhang, Z., & Jing, P. (2021). Impact of post-harvest processing or thermal dehydration on physiochemical, nutritional and sensory quality of shiitake mushrooms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2560-2595. DOI: 10.1111/1541-4337.12738

93. Янчева, М.О., Пешук, Л.В., Дроменко, & О.Б. (2017). *Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів*. Центр навчальної літератури. ISBN 978-611-01-1031-0

94. Petrova, Zh., Slobodianiuk, K., & Grakov, O. (2023). Determination of the influence of pre-preparation of blueberries (*Vaccinium Corymbosum* L.) on the

total duration of drying. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (122), 83-90. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276097.

95. Schmidt S. J. (2004). Water and solids mobility in foods. *Advances in food and nutrition research*, 48, 1–101. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(04\)48001-2](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(04)48001-2)

96. Sniezhkin, Yu.F., & Petrov, P.I. (2024). Research and development of heat technology of prebiotic complex-forming powder production. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 46 (2), 25-31. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2024.12>.

97. Петрова, Ж.О., Снежкін, Ю.Ф., Самойленко, К.М., Вишнівський, В.М., & Петров, П.І. (2024). Спосіб одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту (Заявка № а202405902). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій».

98. Петрова, Ж.О., Снежкін, Ю.Ф., Самойленко, К.М., & Петров, П.І. (2025). Спосіб одержання м'ясного продукту швидкого приготування. (Заявка № а202500756). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій».

99. Самойленко, К.М. (2019). *Інтенсифікація тепломасообміну при купажуванні та сушінні антиоксидантної сировини*. [Дис. канд. техн. наук, Інститут технічної теплофізики НАН України]. <https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/06/dis.pdf>

100. Петрова, Ж.О., Снежкін, Ю.Ф., Гетманюк, К.М. (2014). Дослідження процесів адсорбції антиоксидантних рослинних порошків. *Наукові праці ОНАХТ*, 45 (2), 21- 25.

101. Petrova, Zh., Samoilenko, K. (2021). Adsorption Properties of Combined Vegetable Powders. *Energy Engineering and Control Systems*. 7 (1), 38 – 47.

102. Petrova, Zh., Samoilenko, K., Novikova, Yu., Petrov, P. (2022). Intensification of drying process of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) using

combined methods of dehydration. *Energy Engineering and Control Systems*. 8 (2). 90 – 97. DOI: <https://doi.org/10.23939/jeecs2022.02.090>.

103. Petrova, Zh., Novikova, Yu., Samoilenko, K., Petrov, P. (2023). Adsorption studies of functional quick cooking products on the example of borsch. *Theoretical and practical aspects of modern scientific research: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Seoul, November 24, 2023. Seoul-Vinnitsia: Case Co., Ltd. & European Scientific Platform*, (84-85). UDC001 (08). ISBN 978-617-8126-69-8. ISBN 978-89-5764-769-1.

104. Петрова, Ж.О., Самойленко, К.М., Новікова, Ю.П., Петров, П.І. (2023). Експериментальні дослідження рівноважної вологості колоїдних капілярно-пористих матеріалів на основі столового буряку. *Збірник тез доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"*, (3 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. (с. 160-163) – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

105. Petrova, Zh., Samoilenko, K., Novikova, Yu., Petrov, P., Vyshnievskiy, V., Petrov, A. (2024). Adsorption properties of fast-food products. *Journal of Chemistry and Technologies*, 32 (4). 1030-1038 <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i4.302324>

**Список опублікованих праць за темою дисертації*****Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:***

1. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P. (2022). Equilibrium humidity as one of important energy-efficiency indexes in drying of food powder materials of biological nature. *Energy Engineering and Control Systems*. 8 (2). 90 – 97. DOI: <https://doi.org/10.23939/jeeecs2022.02.090>. [Фахове видання, Index Copernicus, CrossRef та інші]. (Внесок здобувача: обробка та аналіз експериментальних даних).
2. Sniezhkin Yu., Petrova Zh., Bessarab O., Samoilenko K., Grakov D., Petrov P. (2023). Intensification of drying process of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) using combined methods of dehydration. *Ukrainian Food Journal*. 12 (3). 444-457, DOI: 10.24263/2304-974X-2023-12-3-10. [Фахове видання, SCOPUS, Q3] (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних).
3. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P., Vyshnievskiy V., Petrov A. (2024). Adsorption properties of fast-food products. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2024, 32 (4). 1030-1038 <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i4.302324>. [Фахове видання, категорія А, SCOPUS, Q4]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних).
4. Sniezhkin Yu.F., Petrov P.I. (2024). Research and development of heat technology of prebiotic complex-forming powder production. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 2024, 46 (2), 25-31. <https://doi.org/10.31472/tpe.1.2024.12>. [Фахове видання, Index Copernicus, Google Scholar та інші]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).
5. Снежкін Ю.Ф., Петров П.І. (2024). Вибір раціонального режиму сушіння м'яса курятини при його використанні в продуктах швидкого

приготування. *Теплофізика та Теплоенергетика*, 2024, 46 (4), 51-59. <https://doi.org/10.31472/tpre.4.2024.6>. [Фахове видання, Index Copernicus, Google Scholar та інші]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).

6. Petrova Zh., Paziuk V., Samoilenko K., Vyshnevskiy V., Petrov P., Koval I. (2024). The energy-efficient chamber dryer for drying meat products. *Food Science and Technology*. 2024, 18 (4). <https://doi.org/10.15673/fst.v18i4.3142>. [Фахове видання, категорія А, Web of Science, Q4, SCOPUS, Q4]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).

7. Petrova Zh., Paziuk V., Samoilenko K., Novikova Yu., Slobodianiuk K., Petrov P. (2025). Drying of protein-carotene-containing raw materials based on carrot and fabaceae. *Journal of Chemistry and Technologies*, 2025, Vol. 33 No. 2, P. 401-417 <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i4.302324>. [Фахове видання, категорія А, SCOPUS, Q4]. (Внесок здобувача: проведений огляд літератури за даною тематикою, підготовка матеріалів до публікації).

8. Петрова Ж.О., Кузнецова І.В., Самойленко К.М., Петров П.І., Маноха Д.О. (2025). Переробка білкововмісної рослинної сировини на сухий продукт. *Продовольчі ресурси*, 13, № 24, с. 33-44 <https://doi.org/10.31073/foodresources2025-24-03>. [Google Scholar, CrossRef та інші]. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

9. Petrova Zh., Novikova Yu., Samoilenko K., Petrov P. (2023). Adsorption studies of functional quick cooking products on the example of borsch. Theoretical and practical aspects of modern scientific research: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Seoul, November 24, 2023. Seoul-Vinnytsia: Case Co., Ltd. & European Scientific Platform, 2023. UDC001 (08). ISBN 978-617-8126-69-

8. ISBN 978-89-5764-769-1 (PDF). 84-85. *(Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації).*

10. Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Новікова Ю.П., Петров П.І. (2023). Експериментальні дослідження рівноважної вологості колоїдних капілярно-пористих матеріалів на основі столового буряку. *Збірник тез доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання", (3 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. (с. 160-163) – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського». (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних).*

11. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P., Yurchak O. (2025). The Influence of Dehydration Mode on the Duration of the Drying Process of Protein-Containing Raw Materials of Animal Origin. *5th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering. (p. 389-394). Lviv, Ukraine. (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних).*

12. Sniezhkin Yu., Petrov P. (2025). Research and development of effective chicken meat dehydration methods. *Збірник тез доповідей XVI міжнародної онлайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» 11 – 12 листопада 2025 року, – К: Інститут технічної теплофізики НАН України. (с. 50). (Внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних, підготовка матеріалів до друку).*

***Наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:***

13. Петрова Ж.О., Снежкін Ю.Ф., Самойленко К.М., Вишнівський В.М., Петров П.І. (2024). Спосіб одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту (Заявка № а202405902). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний

офіс інтелектуальної власності та інновацій». *(Внесок здобувача: розробка та створення способу одержання сушеного гранульованого м'ясного продукту, проведення досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних та патентний пошук).*

14. Петрова Ж.О., Снежкін Ю.Ф., Самойленко К.М., Петров П.І. (2025). Спосіб одержання м'ясного продукту швидкого приготування. (Заявка № а202500756). Національний орган інтелектуальної власності державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». *(Внесок здобувача: розробка та створення м'ясного продукту швидкого приготування, проведення досліджень, обробка та аналіз експериментальних даних та патентний пошук).*

**Відомості про апробацію результатів дисертації.**

Основні положення роботи викладено та обговорено на конференціях різного рівня:

1. III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of modern scientific research». (Seoul-Vinnytsia, 2023, форма участі – дистанційна доповідь у ZOOM).

2. XXIV міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ, 2023, форма участі – дистанційна доповідь у ZOOM).

3. 5th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering. (Lviv, 2025, форма участі – дистанційна доповідь у ZOOM).

4. XVI міжнародній онлайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики». (м. Київ, 2025, форма участі – дистанційна доповідь у ZOOM).

a202405902

Головна / Заявка № a202405902

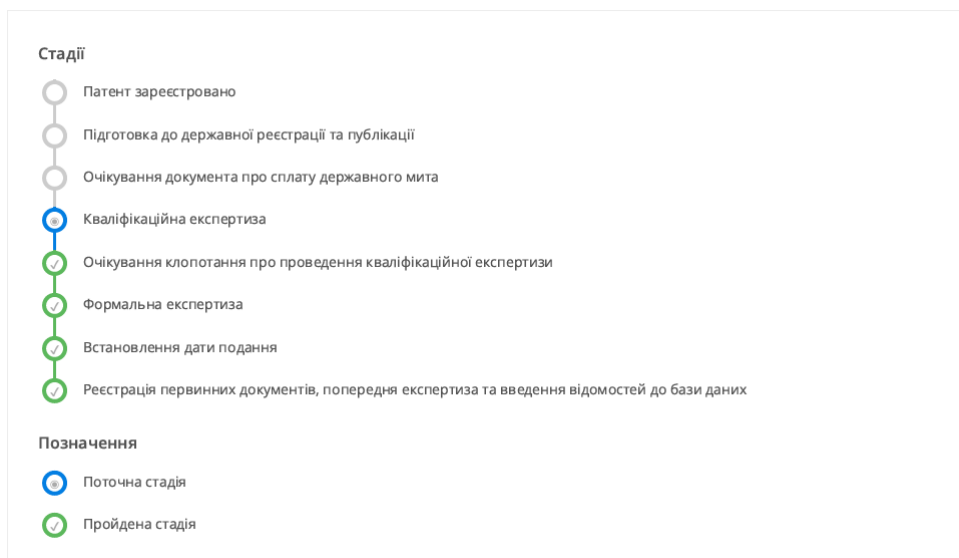
Заявка на винахід

- Бібліографічні дані
- Формула
- Опис
- Опублікований опис
- Реферат (UA)
- Реферат (RU)
- Реферат (EN)

**Стан діловодства**

Сповіщення

Активація  
Перейдіть до  
активувати V

**Стан діловодства**

☰ Документи				
#	Дата реєстрації	Дата відправки	Назва документа	Реєстраційний номер
1	12.12.2024		[K51] Опис винаходу (KM)	24/ЗА/Вх№12681
2	12.12.2024		[K50] Формула винаходу (KM)	24/ЗА/Вх№12682
3	12.12.2024		[K52] Реферат	24/ЗА/Вх№12683

<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1832897/>

#	Дата реєстрації	Дата відправки	Назва документа	Реєстраційний номер
4	12.12.2024		[К71] Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	24/ЗА/Вх№12680
5	12.12.2024		[E11] Лист	24/ЗА/Вх№12684
6	12.12.2024		[E21] Документ, що підтверджує неприбутковість особи	24/ЗА/Вх№12685
7	18.12.2024	23.12.2024	[В1] Повідомлення щодо встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель) <i>Трекінг-номер відправлення (Укрпошта): <a href="#">0610217397114</a></i>	25098/ЗА/24
8	14.01.2025		[E32] Документ, що підтверджує сплату збору	Вх-857-Е/2025
9	14.01.2025		[АО-19] Електронний лист	Вх-857-Е/2025
10	21.01.2025	24.01.2025	[В4] Повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель) <i>Трекінг-номер відправлення (Укрпошта): <a href="#">0601000048058</a></i>	1464/ЗА/25
11	15.05.2025	21.05.2025	[В18] Попередній висновок (запит) формальної експертизи <i>Трекінг-номер відправлення (Укрпошта): <a href="#">0601000360639</a></i>	9893/ЗА/25
12	26.06.2025		[К71] Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	Вх-14964-Е/2025
13	26.06.2025		[К71] Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	Вх-14964-Е/2025
14	26.06.2025		[АО-19] Електронний лист	Вх-14964-Е/2025
15	12.09.2025	24.09.2025	[В6] Повідомлення про завершення формальної експертизи за заявкою на винахід	18747/ЗА/25
16	20.10.2025		[К1] Клопотання про проведення кваліфікаційної експертизи на винахід	Вх-26398-Е/2025
17	20.10.2025		[АО-19] Електронний лист	Вх-26398-Е/2025
18	29.10.2025	03.11.2025	[В43] Повідомлення щодо заяви про проведення кваліфікаційної експертизи	22521/ЗА/25

## Збори

#	Код збору	Початок очікування	Планова дата отримання	Фактична дата отримання	Планова сума сплати	Назва документа
1	10100	12.12.2024	12.02.2025	10.12.2024	192 UAH	За подання заявки (міжнародної заявки) на винахід (корисну модель), формула якого містить не більш як 3 пункти
2	11600	12.12.2024	13.12.2027	10.10.2025	720 UAH	За проведення кваліфікаційної експертизи заявки на винахід

## Платежі (зараховані)

#	Сума сплати	Номер платежу	Дата отримання	Назва платежу
1	192 UAH	03/12/2024	10.12.2024	Платіжне доручення
2	720 UAH	09/10/2025	10.10.2025	Електронний платіжний документ

Бібліографічні дані

Формула

Опис

Опублікований опис

Реферат (UA)

Реферат (RU)

Реферат (EN)

**Стан діловодства**

Сповіщення

## Стан діловодства

### Стадії

- Патент зареєстровано
- Підготовка до державної реєстрації та публікації
- Очікування документа про сплату державного мита
- Кваліфікаційна експертиза
- Очікування клопотання про проведення кваліфікаційної експертизи
- Формальна експертиза
- Встановлення дати подання
- Реєстрація первинних документів, попередня експертиза та введення відомостей до бази даних

### Позначення

- Поточна стадія
- Пройдена стадія

Документи				
#	Дата реєстрації	Дата відправки	Назва документа	Реєстраційний номер
1	20.02.2025		[K51] Опис винаходу (KM)	25/ЗА/Вх№1509
2	20.02.2025		[K50] Формула винаходу (KM)	25/ЗА/Вх№1510
3	20.02.2025		[K52] Реферат	25/ЗА/Вх№1511
4	20.02.2025		[E1] Платіжне доручення	25/ЗА/Вх№1514
5	20.02.2025		[K71] Заява на видачу патенту на винахід (KM)	25/ЗА/Вх№1507

#	Дата реєстрації	Дата відправки	Назва документа	Реєстраційний номер
6	20.02.2025		[E11] Лист	25/3A/Bx№1512
7	20.02.2025		[E11] Лист	25/3A/Bx№1513
8	20.02.2025		[E21] Документ, що підтверджує неприбутковість особи	25/3A/Bx№1508
9	25.02.2025	26.02.2025	[B4] Повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель) Трекінг-номер відправлення (Укрпошта): <a href="#">0601000135228</a>	3947/3A/25
10	19.08.2025	22.08.2025	[B18] Попередній висновок (запит) формальної експертизи Трекінг-номер відправлення (Укрпошта): <a href="#">0601000881612</a>	16624/3A/25
11	23.09.2025		[K71] Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	Vx-23869-E/2025
12	23.09.2025		[AO-19] Електронний лист	Vx-23869-E/2025
13	21.10.2025		[K71] Заява на видачу патенту на винахід (КМ)	Vx-26690-E/2025
14	21.10.2025		[AO-19] Електронний лист	Vx-26690-E/2025
15	05.11.2025	07.11.2025	[B6] Повідомлення про завершення формальної експертизи за заявою на винахід	22974/3A/25
16	09.12.2025		[K1] Клопотання про проведення кваліфікаційної експертизи на винахід	Vx-31688-E/2025
17	09.12.2025		[E32] Документ, що підтверджує сплату збору	Vx-31688-E/2025
18	09.12.2025		[AO-19] Електронний лист	Vx-31688-E/2025
19	18.12.2025	24.12.2025	[B43] Повідомлення щодо заявки про проведення кваліфікаційної експертизи	26895/3A/25

## Збори

#	Код збору	Початок очікування	Планова дата отримання	Фактична дата отримання	Планова сума сплати	Назва документа
1	10100	20.02.2025	21.04.2025	13.12.2024	192 UAH	За подання заявки (міжнародної заявки) на винахід (корисну модель), формула якого містить не більш як 3 пункти
2	11600	20.02.2025	21.02.2028	04.12.2025	720 UAH	За проведення кваліфікаційної експертизи заявки на винахід

## Платежі (зараховані)

#	Сума сплати	Номер платежу	Дата отримання	Назва платежу
1	192 UAH	10/12/2024	13.12.2024	Платіжне доручення
2	720 UAH	03/12/2025	04.12.2025	Електронний платіжний документ



Спеціальна інформаційна система УКРПНОІВІ (СІС).