

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

ЛЕНЕРТ СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 001.8:338.439.4:664:612.397

ДИСЕРТАЦІЯ

**«НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ»**

ТОМ 1

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції
Технічні науки

Подається на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук

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



С. О. Ленерт

Науковий консультант:

Малюк Людмила Петрівна,
доктор технічних наук, професор

Харків – 2021



АНОТАЦІЯ

Ленерт С.О. Наукове обґрунтування технологій холестеринознижуючої харчової продукції. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню та розробці технологій холестеринознижуючої харчової продукції. Запропановано наукову концепцію, яка полягає у системному підході щодо корекції дефіциту фітостеролів в раціоні харчування шляхом розробки технологій продуктів з арахісу, гречки та проса сортів поширених в Україні, які прецизійно використані за показниками хімічного складу (зокрема стероїдного комплексу) та безпечності, а також шляхом ферментативного гідролізу стероїдного комплексу сировини та фортифікації фізіологічно функціональними інгредієнтами, що дозволяє отримати екологічно чисту з підвищеною харчовою цінністю продукцію з холестеринознижуючими властивостями.

На основі сформульованої наукової концепції вперше розроблено модель корекції дефіциту фітостеролів в раціоні харчування сучасної людини.

Вперше доведено гідролітичну активність щодо γ -оризанолу ліпази *Candida rugosa* типу VII та ферментного препарату Pentopan BG 500. Конверсія гідролізу відноситься як до 4-дезметілстерилферулатів, так і до 4,4'-диметілстерилферулатів. Найбільша гідролітична активність по відношенню до γ -оризанолу встановлена у Pentopan BG 500 та у порошку підшлункової залози бика. Ліпаза *Candida antarctica* типу A в обраних умовах не показала гідролітичної активності до γ -оризанолу, а з ліпазою *Candida antarctica* типу B та *Candida rugosa* типу VII вихід продуктів гідролізу був дуже низьким.

На модельних системах комплексно досліджено та визначено закономірності впливу на ферментативне розщеплення γ -оризанола параметрів проведення реакції, а саме: температури, концентрації таурохолату натрію, співвідношення компонентів (фермент/субстрат/буфер), часу інкубації, іммобілізації, механічних впливів (струшування і перемішування). Розроблено режим проведення гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика, а саме: концентрація таурохолата натрія в буфері – 48 мМ, співвідношення компонентів системи - фермента: субстрата: буфера = 1:5:5, умови інкубації – температура 37 °С протягом 24 годин при перемішуванні. З препаратом Pentopan BG 500 гідроліз γ -оризанола відрізняється тільки температурою інкубації, яка становить 45 °С. За допомогою математичного моделювання розроблено математичні моделі ферментативного гідролізу γ -оризанолу, які дають можливість керувати процесом та забезпечити гарантований вихід продуктів конверсії.

Комплексно досліджено хімічний склад і біологічну цінність арахісу 19 сортів, круп із гречки 6 сортів та проса 5 сортів, які поширені в Україні. В основі специфічності накопичення харчових речовин знаходяться генетично детерміновані відмінності виду, сорту. Уперше якісно та кількісно досліджено стероїдний комплекс арахісу, гречки і проса. Доведено, що дослідні зразки є джерелом фітостеролів, серед яких переважаючим є β -ситостерин в арахісі і гречаній крупі та стигмастерин у пшоні. Також у їх складі ідентифіковано кампестерин, Δ 5-авеностерин, Δ 7-стигмастерин, Δ 7-авеностерин. Сумарний вміст стероїдів змінюється в межах 172,7...604,6 мг/100г у арахісі, 22,78...52,19 мг/100 г у гречаній крупі та 37,77...83,76 мг/100 г у пшоні, що свідчить про значні розбіжності цього показника залежно від видової та сортової специфіки культур. Уперше також визначено вміст флавоноїдів у пшоні (1,07...2,21 мг/100г)

Визначено біофортифіковані сорти арахісу, гречки та проса та надано рекомендації для більш прецизійного використання їх у харчовій промисловості.

Підтверджено вибірккову здатність арахісу, гречки та проса до накопичення токсичних речовин. Вивчені сорти арахісу, гречки та проса (сорти, Вітрило та Слобожанське) більшою мірою накопичують оксалати. Арахіс має найбільший вміст цих речовин (139...252 мг/100г) та за рахунок високого оксалатного індексу (1,5...3,7) має анти поживні властивості.

Доведено також, що вміст солей Міді в сортах арахісу Блідо-рожевий 2, AR 2 та AR4 перевищує рівень ГДК у 1,2...1,3 рази. Всі сорти арахісу потребують детоксикації.

Розроблено технології отримання арахісових паст, арахісових олій та арахісу смаженого зі смакоароматичними добавками, які додатково включають операції зі зниження вмісту токсичних та антипоживних речовин, а саме проведення гідротермічної обробки арахісу при температурі 100 – 110 °С (гідромодуль 1:3) протягом 30...40 хв з наступним обсмажуванням за температури 120 – 145 °С протягом 30...35 хв. Ці операції забезпечують зниження вмісту щавлевої кислоти та її солей на 67,2... 76,0 %, а солей Міді – на 28,8 ...38,0 %. Перетравність білка підвищується на 20 мг тирозину.

За допомогою математичного моделювання розроблено рецептурний склад арахісових паст (молочної та шоколадної) та арахісу смаженого зі смакоароматичними добавками («Куркума та часник», «Паприка та червоний перець», Васабі та орегано»).

За допомогою математичного моделювання було встановлено, що для створення купажованої олії з оптимізованим жирнокислотним складом необхідне таке співвідношення олій, мас. %: арахісова – 86, лляна – 14. Для стабілізації розробленого купажу додавали олійні екстракти листя шавлії або листя чорної смородини або часнику або плодів шипшини в кількості 5 % до маси купажу, що дає змогу підвищити його окисну стабільність у 1,2...1,7 разів.

Науково обгруновано технології виробництва бездріжжового хліба з використанням продуктів переробки гречки та проса та ферментативного препарату Pentopan BG500. Показано, що гідролітичне розщеплення

стероїдного комплексу гречки та пшона активно відбувається за режимами, які були відпрацьовані на модельних системах і рекомендовані до використання.

Проведені пробні випікання та результати визначення показників якості нових видів хліба дозволили визначити оптимальне дозування гречаного борошна в кількості 30...40 % від загальної маси борошна та пшона, попередньо відвареного до напівготовності, у кількості 20...30 %.

Під час комплексного дослідження визначено, що за органолептичними показниками, амінокислотним складом білку та жирнокислотним складом жиру, за вмістом біологічно активних речовин нові продукти більш збалансовані, ніж аналоги, доведено їх високу перетравність та відсутність антипоживних властивостей. За показниками хімічної та мікробіологічної безпечності нові продукти відповідають вимогам нормативної документації. Доведено високий вміст в них біологічноактивних форм фітостеролів: в арахісових пастах – 322,2...326,3 мг/100 г, в оліях – 201,8...221,3 мг/100 г, в снеках – 527,7...535,3 мг/100 г, в хлібі «Гречана сила» - 50,1 мг/100 г, в хлібі «Пшоняний» - 26,8 мг/100 г, що значно перевищує вміст цих речовин в продуктах-аналогах. Установлено умови та гарантійні терміни зберігання нових продуктів.

Медико-біологічними дослідженнями підтверджено профілактичну ефективність розроблених продуктів. Доведено, що їх вживання не призводить до метаболічних порушень.

Розроблено раціон харчування, як харчову систему зниження холестеринового тиску на організм людини, який можливо використовувати і в підприємствах харчування і вдома. Середня енергетична калорійність раціону становить 2373 Ккал, що забезпечено за рахунок білків на 17,3 %, жирів на 40 %, вуглеводів на 44,7 %. Показано, що розроблений раціон харчування в повній мірі задовольняє вимоги ФАО/ВООЗ та МОЗ України за вмістом незамінних амінокислот, за вмістом ПНЖК та МНЖК, за вмістом харчових волокон, за вмістом фітостеролів (827...940 мг). Доведено

припущення, що за умов вживання раціону вміст «поганого» холестерину знижується на 5 %.

Розроблено та затверджено в установленому порядку 5 комплектів нормативної документації на нові продукти. Реалізовано комплекс заходів щодо впровадження запропонованих технологій у закладах харчової промисловості України, а також освітній процес.

Встановлено, що прибуток від реалізації продукції з холестеринознижуючими властивостями становитиме 2,6...20,5 тис. грн. на 1 т готової продукції залежно від її виду. Економічний ефект від виробництва нової продукції, розрахований за обсягом надходжень до бюджету, визначено на рівні 7,3...69,5 тис. грн з кожної тони нової продукції залежно від її виду.

Ключові слова: фітостероли, γ -оризанол, ферменти, технологія, холестеринознижуюча харчова продукція, арахіс, гречка, просо, пшоно, хліб, олії, пасти, снеки.

ANNOTATION

Lehnert S.A. Scientific rationale for cholesterol-lowering food products. - Manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.18.16 - technology of food products. Kharkov State University of Food and Trade, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2021.

This dissertation is devoted to scientific justification and technology development of cholesterol-lowering food products. It proposes a scientific concept, which is a systematic approach to correct phytosterol deficiencies in the diet by developing processing technologies for products from peanuts, buckwheat and millet varieties common in Ukraine, which were especially used in terms of chemical composition (particularly steroid complex), safety properties, enzymatic hydrolysis of those steroid complex rich raw materials and fortification of physiologically functional ingredients, which makes it possible to obtain

environmentally friendly products with improved nutritional value and cholesterol-lowering properties.

On the basis of the formulated scientific concept, a model for the correction of phytosterol deficiency in the diet of modern man has been developed for the first time.

The hydrolytic activity of *Candida rugosa* lipase type VII and the enzyme preparation Pentopan BG500 to γ -orisanol has been proven for the first time. The hydrolysis conversion refers to both 4-desmethylsterylferulates and 4,4' - dimethylsterylferulates. The highest hydrolytic activity to γ -orisanol is observed with Pentopan BG 500 and bovine pancreatic powder. Lipase *Candida antarctica* type A showed no hydrolytic activity to γ -orisanol under selected conditions, and the yield of hydrolysis products with lipase *Candida antarctica* type B and *Candida rugosa* type VII was very low.

The regularities of influence of reaction parameters, namely temperature, concentration of sodium taurocholate, enzyme/substrate/buffer ratio, incubation time, immobilization, mechanical influences (shaking and stirring) on γ -oryzanol enzymatic cleavage have been studied in complex model systems and determined. The optimal parameters for hydrolysis of γ -oryzanol with bovine pancreatic powder were developed. These are: sodium taurocholate concentration in buffer - 48 mM, system component ratio - enzyme: substrate: buffer = 1: 5: 5, incubation conditions - temperature 37 ° C for 24 h with stirring. With Pentopan BG 500 the hydrolysis of γ -orisanol differs only in the incubation temperature, which is 45 °C. Mathematical models for the enzymatic hydrolysis of γ -Orisanol have been developed by means of mathematical modelling which give the possibility to control the process and to ensure a guaranteed yield of hydrolysis products (phytosterols).

The chemical composition and biological value of 19 varieties of peanuts, 6 varieties of buckwheat groats and 5 varieties of millet, which are common in Ukraine, were studied comprehensively. The specificity of accumulation of nutrients is based on genetically determined differences of species, varieties. For

the first time the steroid complex of peanut, buckwheat and millet was studied qualitatively and quantitatively. It has been proven that the studied samples are a source of phytosterols, among which β -sitosterol in peanuts and buckwheat and stigmasterol in millet are predominant. Campesterol, Δ 5-avenosterol, Δ 7-stigmasterol, Δ 7-avenosterol have also been identified in their composition. The total steroid content varies between 172.7 ... 604,6 mg/100g in peanuts, 22,78 ... 52.19 mg/100g in buckwheat and 37.77 ... 83,76 mg/100 g in millet, which indicates a considerable variation of steroid content depending on the species and variety specificity of the crops. For the first time, the flavonoid content of millet (1.07 ... 2.21 mg/100 g) was also determined.

Biofortified varieties of peanuts, buckwheat and millet have been identified and recommendations especially for use in the food industry have been made.

The selective ability of peanuts, buckwheat and millet to accumulate toxic substances has been confirmed. Peanut, buckwheat and millet varieties have been studied to be more likely to accumulate oxalates.

The varieties Vitriilo and Slobozhanske accumulate oxalates to a greater extent. Peanuts have the highest content of these substances (139 ... 252 mg / 100g) and due to the high oxalate index (1.5 ... 3.7) have anti-nutritional properties. It was also proven that the content of copper salts in peanut varieties Blido-rozhevii 2, AR 2 and AR4 exceeds the maximum permissible concentration in 1.2 ... 1.3 times. Detoxification is required for all peanut varieties.

The technologies for production of peanut paste, peanut butter and roasted peanuts with natural spices and herbs have been developed, which additionally include methods to reduce toxic and anti-nutritive substances in peanuts. These are: hydrothermal treatment of peanuts at 100-110°C (hydromodule 1: 3) for 30 ... 40 min followed by roasting at 120-145°C for 30 ... 35 min. These operations provide the reduction of oxalic acid and its salts by 67,2 ... 76,0 %, and Copper salts - by 28,8 ... 38,0%. Protein digestibility is increased by 20 mg tyrosine.

Mathematical modelling has been used to develop the formulation of peanut paste (milk and chocolate) and roasted peanuts with natural spices and herbs agents

("Curcuma and garlic", "Paprika and red pepper", Wasabi and oregano") and peanut butters blended with linseed oil. Mathematical modelling has shown that to create blended oils with optimised fatty acid composition it is necessary to have the following oil ratio, wt %: peanut oil - 86, linseed oil - 14. For stabilization of the developed blend oil, extracts of sage leaves or black currant leaves or garlic or rose hip fruits were added in quantity of 5 % to weight of blend, that allows to increase its oxidative stability in 1,2 ... 1, 7 times.

The technology for yeast-free bread production using buckwheat and millet processing products and the enzymatic preparation Pentopan BG500 was scientifically substantiated. It was shown that the hydrolytic cleavage of the sterol complex of buckwheat and millet actively occurs according to the regimes which were worked out on model systems and recommended for use.

Baking trials were carried out and high quality results were obtained, of which we could derive the optimum dosage of 30... 40 % of buckwheat flour of the total mass of flour and 20 ... 30% of pre-boiled millet for the new kinds of breads.

During a comprehensive study, it was determined that the new products are more balanced than analogues in terms of organoleptic indicators, amino acid composition of protein and fatty acid composition of fat, the content of biologically active substances, particularly phytosterols, and their high digestibility and absence of anti-nutritional properties have been proved.

In terms of chemical and microbiological safety, the new products meet the requirements of regulatory documentation. A high content of bioactive forms of phytosterols in them has been proven: in peanut paste - 322.2 ... 326.3 mg/100 g, in oils - 201.8 ... 221.3 mg/100 g, in snacks - 527.7 ... 535.3 mg/100 g, in the «Buckwheat Power» bread - 50.1 mg/100 g, in the «Millet» bread - 26.8 mg/100 g, which is considerably higher than the content of these substances in competing products.

The conditions and warranty shelf life of the new products have been established.

The prophylactic efficacy of the developed products has been confirmed by biomedical studies. It has been proven that their use does not lead to metabolic disorders.

The developed diets, as a food system to reduce cholesterol pressure on the human body, can also be used in catering establishments and at home.

The average caloric energy content of the diet is 2373,4 kcal, which is provided at the expense of (based on the) proteins by 17.3 %, fats by 40 %, carbohydrates by 44.7 %. It was shown that the developed diet fully complies with the requirements of FAO/WHO and Ministry of Health of Ukraine as to the content of essential amino acids, PUFAs and PUFAs, dietary fibres, phytosterols (827 ... 940 mg). The assumption has been proven that the "bad" cholesterol content is reduced by 5% under the conditions of the diet.

Five sets of normative documentation for new products have been developed and approved. A set of measures for the implementation of the proposed technologies in the food industry institutions of Ukraine, as well as the educational process has been implemented.

It has been established that profit from sales of products with cholesterol-lowering properties will amount to 2.6 ... 20.5 thousand UAH per 1 ton of finished product depending on its type. The economic effect from the production of those new products, calculated by the amount of income to the budget, is determined on the level of 7,3 ... 69.5 thousand UAH for each ton of the new products, depending on their type.

Keywords: phytosterols, γ -orisanol, enzymes, technology, cholesterol-lowering food, peanuts, buckwheat, millet, bread, oils, pastes, snacks.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дубініна А. А., Хоменко О. О., Ленерт С. О., Черевична Н. І. Дослідження хімічного складу та оцінка якості сортів арахісу, адаптованих до вирощування в Україні: монографія. Харків: ХДУХТ, 2017. 101 с. *Внесок здобувача: розділи з дослідження хімічного складу сортів арахісу, адаптованих до вирощування в Україні.*

2. Cherevko O. I., Dubinina A. A., Mykhailov V. M., Shcherbakova T. V., Khatskevych Yu. M., Lenert S. O., Borysova A. O. Color formation in products from fruit and vegetables during their processing: monograph. Kharkiv: KhSUFTT, 2017. 93 p. *Внесок здобувача: розділи з дослідження формування кольорів продуктів під час переробки.*

3. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Гершун В. С. та ін. Товарознавча оцінка круп із гречки та проса різних селекційних сортів: монографія. Харків: ХДУХТ, 2018. 130 с. *Внесок здобувача: розділи з дослідження якості круп із гречки та проса різних селекційних сортів.*

4. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Дослідження загального хімічного складу сортів арахісу, поширених в Україні // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2012. Ч. 1(15). С. 422–428. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень щодо генетичної варіації хімічного складу арахісу сортів, які поширені в Україні, узагальнення результатів..*

5. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Використання арахісу у виробництві продуктів функціонального призначення // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2013. Ч. 1(17). С. 109–116. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України.** *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку,*

наукове обґрунтування теоретичних положень щодо виробництва продуктів на основі арахісу, формулювання наукової концепції.

6. Дубініна А., Ленерт С., Хоменко О. Накопичення важких металів в сортах арахісу, поширених в Україні // Товари і ринки. 2013. № 1. С. 82–93. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями, з визначення закономірностей накопичення важких металів в сортах арахісу, які поширені в Україні.**

7. Дубініна А. А., Ленерт С. А., Хоменко О. О. Аналіз вітамінного та мінерального складу сортів арахісу, поширених в Україні // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. № 6/11(66). С. 4–7. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України. Внесок здобувача: постановка проблеми, керівництво експериментальними дослідженнями, аналіз результатів щодо біологічної цінності різних сортів арахісу.**

8. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Хімічний склад пшона із зерна проса різних сортів, районуваних у Харківській області // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2013. Ч. 2(18). С. 151–158. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України. Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень щодо генетичної варіації хімічного складу пшона із зерна проса різних сортів.**

9. Dubinina A., Lehnert S., Khomenko O. Aminoacid composition of protein and its biological value in seeds of peanut sorts widen in Ukraine // Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food. 2014. Vol. 2. P. 501–510. **Стаття у науковому періодичному виданні Болгарії з напрямку, з якого підготовано дисертацію. Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями щодо визначення амінокислотного**

складу білка арахісу та обґрунтування закономірностей сортового впливу на ці показники.

10. Дубинина А. А., Ленерт С. А., Попова Т. Н. Содержание оксалатов в гречневой крупе из гречки разных сортов // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2014. Vol. 2. № 5. P. 21-23. **Стаття у науковому періодичному виданні Словацької Республіки з напрямку, з якого підготовано дисертацію.** *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, встановлення закономірностей накопичення оксалатів гречкою різних сортів.*

11. Дубинина А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Аналіз хімічного складу гречаної крупи із гречки різних селекційних сортів // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 4/10(70). С. 58–62. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін).** *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, керівництво експериментальними дослідженнями щодо встановлення генетичної варіації основних харчових речовин в крупі з гречки.*

12. Дубинина А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Стабілізація до окиснення ліпідів арахісово-ляного купажу // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2014. № 4/2(18). С. 10–14. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін).** *Внесок здобувача: постановка проблеми, обґрунтування використання олійних екстрактів з часнику, плодів шипшини, листя щавлії та чорної смородини для стабілізації окиснення ліпідів арахісово-ляного купажу.*

13. Дубинина А., Попова Т., Ленерт С. Вітамінний і мінеральний склад крупів із гречки // Товари і ринки. 2014. № 2(18). С. 106–115. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін).** *Внесок здобувача: розробка методології досліджень*

щодо визначення вітамінного та мінерального складу крупів із гречки, встановлення сортового впливу на ці показники.

14. Дубініна А. А., Хоменко О. О., Ленерт С. О. Нова купажована олія з оптимізованим жирнокислотним складом // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2014. Ч. 20(4). С. 211–216. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: теоретичне обґрунтування можливості оптимізувати жирнокислотний склад арахісової олії за допомогою лляної олії, розробка рецептури купажу.**

15. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Вміст нітратів у гречаній крупі та пшоні із гречки та проса різних сортів // Молодий вчений. 2015. № 10(25). Ч. 1. С. 8–11. **Внесок здобувача: встановлення закономірностей накопичення нітратів у гречаній крупі та пшоні в залежності від сорту гречки та проса.**

16. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Аналіз амінокислотного складу та біологічної цінності білка крупи із гречки різних сортів // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2015. № 4(24). Т. 4. С. 55–61. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: організація і проведення експериментальних досліджень щодо визначення амінокислотного складу білка крупи з гречки різних сортів.**

17. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Дослідження стероїдного комплексу крупи із гречки різних сортів // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2015. Т. 21, № 6. С. 204–210. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: теоретичне обґрунтування концепції та розробка методології досліджень щодо вивчення стероїдного**

комплексу гречки різних сортів, визначення найкращіх сортів.

18. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Використання пшона у виробництві хліба оздоровчого призначення // Харчова наука і технологія. 2016. Т. 10. Вип. 4. С. 18–24. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Web of Science та ін.).** *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, розробка та обґрунтування технології виробництва хліба з використанням пшона та ферментного препарату Pentopan BG500.*

19. Дубініна А., Ленерт С., Хоменко О. Моделювання складу арахісових паст підвищеної біологічної цінності // Товари і ринки. 2016. № 1. С. 193–207. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.).** *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень щодо моделювання складу арахісових паст підвищеної біологічної цінності.*

20. Dubinina A., Lehnert S., Khomenko O., Shcherbakova T., Maluk L. Development of the method of peanuts detoxification and improvement of its digestion. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI // Food Technology. 2016. № 40(1). P. 9–22. **Стаття у науковому періодичному виданні Румунії з напряму, з якого підготовано дисертацію, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Scopus, Web of Science та ін.).** *Внесок здобувача: постановка проблеми, розробка способу детоксикації арахісу, визначення закономірностей зниження вмісту оксалатів та солей Міді..*

21. Дубініна А. А., Щербакова Т. В., Хацкевич Ю. М., Ленерт С. О. Способи стабілізації кольору рослинної сировини під час її переробки // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. № 3. С. 121–141. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних**

наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: постановка проблеми, дослідження способів стабілізації кольору арахісу під час його обсмаження, аналіз результатів.

22. Дубініна А. А, Щербакова Т. В., Хацкевич Ю. М., Ленерт С. О., Борисова А. О. Вплив технологічних чинників на колір рослинної сировини // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2017.

Ч. 2(26). С. 374–390. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача:** проведення літературного пошуку, встановлення закономірностей впливу технологічних чинників на колір рослинної сировини.

23. Lenert S., Dubinina A., Deynichenko G., Khomenko O., Haronцева O., Comparative quality assessment of peanut and peanut-flaxseed oil // Eureka: Life Sciences. 2018. № 6. С. 48–56. **Стаття у науковому періодичному виданні Естонської Республіки з напряму, з якого підготовано дисертацію. Внесок здобувача:** наукове обґрунтування теоретичних положень, проведення порівняльної оцінки якості арахісової і арахісово-ляної олії.

24. Lehnert S., Malyuk L., Dubinina A., Khomenko O., Radchenko A., Sokolovskaya E. Changes in the Quality Indicators of Peanut Butter Pastes During Storage // Invitation. Commodity Science – Traditions And Actuality. University of Economics. Varna, 2018. P. 254–260. **Стаття у науковому періодичному виданні Болгарії з напряму, з якого підготовано дисертацію. Внесок здобувача:** дослідження змін у показниках якості паст із арахісової олії під час зберігання.

25. Lehnert S., Dubinina A., Deynichenko H., Khomenko O., Gapontseva O., Antoniuk I., Medvedeva A., Demichkovska M., Vasylieva O. The study of influence of natural antioxidants on quality of peanut and linseed oil blends during their storage // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2018. №

3(11). С. 44–50. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Scopus та ін.).** *Внесок здобувача: теоретичне обґрунтування використання природних антиоксидантів для окисної стабілізації олії, керівництво експериментальними дослідженнями.*

26. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Летута Т. М., Непочатих Т. А., Щербакова І. С. Мікотоксини в рослинній сировині // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2019. Ч. 1(29). С. 215–228. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.).** *Внесок здобувача: теоретичне обґрунтування необхідності дослідження мікотоксинів у рослинній сировині, методів їх визначення, вивчення впливу виду та сорту рослин на їх накопичення.*

27. Lehnert S., Khomenko O., Dubinina A., Malyuk L., Skyrda O., Radchenko A. Development of Peanut Quality Criteria for Determination of its Rational Use // Science and innovation. 2019. № 5(2). P. 27–37 **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Web of Science та ін.).** *Внесок здобувача: розробка критеріїв якості арахісу для визначення його раціонального використання.*

28. Dubinina A., Lehnert S., Khomenko O., Vinnikova V., Tatar L. Quality and safety of new blended oils // Food science and technology. 2019. № 13(3). P. 112–117. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Web of Science та ін.).** *Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями щодо визначення якості та безпеки нових купажованих арахісових олій.*

29. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Холодна А. В. Розробка рецептурного складу та оцінка якості хліба з гречаним борошном // Молодий

вчений. 2019. № 1(65). С. 189–192. *Внесок здобувача: теоретичне обґрунтування та розробка рецептурного складу та оцінка якості хліба з гречаним борошном.*

30. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Гершун В. С. Комплексна оцінка якості пшона із проса різних сортів // Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. 2020. Т. 31(70). Ч. 2(2). С. 105–110. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: обґрунтовано теоретичні положення, досліджено якість пшона із проса різних сортів.**

31. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Селютіна Г. А., Попова Т. М., Селютін В. М., Беляєва І. М. Наукові підходи до формування споживних властивостей нового продукту // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2021. Вип. 1(33). С. 199–211. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: постановка проблеми, наукове обґрунтування теоретичних положень щодо формування споживних властивостей нових продуктів.**

32. Ленерт С. О. Властивості фітостерилферулятів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Харків, 2021. Вип. 1(33). С. 211–223. **Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, яке входить до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus та ін.). Внесок здобувача: проведення наукового пошуку щодо дослідження властивостей фітостерилферулятів, аналіз результатів.**

33. Арахісова паста: пат. на винахід 105348, Україна: МПК А 23L 2/39, А 23L 2/60 (2006.01) / Черевко О. І., Дубініна А. А., Дейниченко Г. В.,

Ленерт С. О., Хоменко О. О.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201510161; заявл. 19.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. 4 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено заявку та основний зміст винаходу.*

34. Арахісова паста: пат. на корисну модель 105354, Україна: МПК (2016.01) A23L 25/00 / Черевко О. І., Дубініна А. А., Дейниченко Г. В., Ленерт С. О., Хоменко О. О.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201510228; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. 4 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

35. Купажована олія з рослинним екстрактом: пат. на корисну модель 105344, Україна: МПК A23D 9/00 (2016.01) / Черевко О. І., Дубініна А. А., Дейниченко Г. В., Ленерт С. О., Хоменко О.О.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201510155; заявл. 19.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. 5 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

36. Купажована олія з рослинним екстрактом: пат. на корисну модель 105345, Україна: МПК A23D 9/00 (2016.01) / Черевко О. І., Дубініна А. А., Дейниченко Г. В., Ленерт С. О., Хоменко О. О.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201510156; заявл. 19.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. 5 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

37. Купажована олія з рослинним екстрактом: пат. на корисну модель 105346, Україна: МПК A23D9/00 / Черевко О. І., Дубініна А. А., Дейниченко Г. В., Ленерт С. О., Хоменко О. О.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201510157; заявл. 19.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. 5с. *Внесок здобувача:*

проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.

38. Купажована олія з рослинним екстрактом: пат. на корисну модель 105347, Україна: МПК А23D 9/00 (2016.01) / Черевко О. І., Дубініна А. А., Дейниченко Г. В., Ленерт С. О., Хоменко О. О.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201510158; заявл. 19.10.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5. 5 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

39. Гречаний хліб підвищеної харчової та біологічної цінності: пат. на корисну модель 128764, Україна: МПК А21D 13/00, А21D 2/00 (2018.01) / Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Іванніков П. В., Гершун В. С., Холодна А. В.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201802978; заявл. 23.03.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19. 5 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

40. Хліб із пшеничного борошна з додаванням пшона: пат. на корисну модель 128841, Україна: МПК А21D 13/00, А21D 2/00 (2018.01) / Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Іванніков П. В., Гершун В. С., Холодна А. В.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № u201802943; заявл. 23.03.2018; опубл. 29.10.2018, Бюл. № 20. 5 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено основний зміст корисної моделі.*

41. Гречаний хліб підвищеної харчової та біологічної цінності: пат. на винахід 121061, Україна: МПК (2020.01) А21D 2/00 А21D 8/04 (2006.01) А21D 13/04 (2017.01) / Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Іванніков П. В., Гершун В. С., Холодна А. В.; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. № a201802950; заявл. 23.03.2018; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6. 5 с. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, систематизовано результати, підготовлено заявку та*

основний зміст винаходу.

42. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Порівняльна оцінка різних сортів арахісу за вмістом олеїнової кислоти // Прогресивна техніка та технологія харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2012. С. 275–276. *Внесок здобувача: організація експериментальних досліджень щодо визначення вмісту олеїнової кислоти в арахісі різних сортів.*

43. Дубініна А. А., Ленерт С. А., Хоменко О. О. Накопичення оксалатів арахісом // Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 13–14 травня 2013 г. Харків, 2013. С. 15–16. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, дослідження накопичення оксалатів у арахісі.*

44. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Сучасні напрями селекційної роботи з виведення нових сортів гречки та проса // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнар. наук.-практ. конф., 19 листопада 2013 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2013. Ч. 1. С. 293–294. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку щодо нових сортів гречки та проса.*

45. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Порівняльний аналіз вітамінного та мінерального складу пшона із зерна проса різних сортів, районованих в Україні // *Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami-2013: IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, 07-15 listopada 2013 r.: materiały. Rolnictwo: Przemysl: Nauka i studia, Польща, 2013. Vol. 32. P. 97–101. Внесок здобувача: організація і проведення експериментальних досліджень вітамінного та мінерального складу пшона із різних сортів проса.*

46. Cherevko O., Yancheva L., Dubinina A., Lehnert S., Khomenko O.

Determination of fatty acid composition of peanut of different sorts by the method of gaseous chromatography // 18th IGWT Symposium «Technology and Innovation for a Sustainable Future»: a Commodity Science Perspective, September 24th – 28th 2012. Rome, Italy, 2012. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

47. Dubinina A., Malyuk L., Selyutina G., Letuta T., Lehnert S. Chemical composition of vegetables of different sorts, which are widespread in Ukraine // 18th IGWT Symposium «Technology and Innovation for a Sustainable Future»: a Commodity Science Perspective, September 24th – 28th 2012. Rome, Italy, 2012. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

48. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Дослідження вмісту щавлевої кислоти у різних сортах арахісу, поширеного в Україні // Прогресивна техніка і технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 75-річчю з дня народж. ректора університету, д-ра техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича, 19 листопада 2013 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2013. Ч. 1. С. 289–290. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень щодо визначення вмісту оксалатів у різних сортах арахісу.*

49. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Оцінка вмісту нітратів у сортах арахісу колекції Інституту олійних культур УААН // Дни науки: Междунар. науч.-практ. конф., 27 марта – 05 апреля 2014 г. Чехия, 2014. С. 23–25. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження щодо вмісту нітратів у арахісі.*

50. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Антиоксидантні властивості арахісу // Достижения высшей школы – 2013: IX междунар. науч.-практ. конф. 17–25 ноября 2013 г. София, Болгария, 2013. С. 9–13. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження щодо визначення антиоксидантних властивостей арахісу.*

51. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Органолептична оцінка якості пшона із проса різних сортів, районованих в Україні // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 12–14 листопада 2014 р. Х.: ХДУХТ. 2013. С. 99–100. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

52. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Моніторинг активності ^{137}Cs та ^{90}Sr в арахісі колекції Інституту олійних культур УААН // Prospects of world science: IX Міжнар. наук.-практ. конф., 30 липня – 07 серпня 2014 р. Великобританія, Шеффілд, 2014. С. 27–30. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

53. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Вміст оксалатів у пшоні із зерна проса різних сортів, поширених в Україні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2014 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2014. Ч. 1. С. 180–181. *Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями, підготовка матеріалів до публікації.*

54. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Оптимізація жирнокислотного складу купажу на основі арахісової олії // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2015р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2015. Ч. 1. С. 189–190. *Внесок здобувача: постановка проблеми, розробка методології досліджень, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

55. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Дослідження здатності до накопичення радіонуклідів у пшоні із проса різних сортів // Zprávy vědecké ideje – 2015: XI mezinárodní vědecko-praktická konference, 27 října – 05 listopadu 2015 r.: materiály. Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. Díl 10. P. 48–52. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування*

теоретичних положень, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації.

56. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Хоменко О. О. Математичний підхід до створення арахісово-лляної купажованої олії // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2015 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2015. Ч. 1. С. 195–196. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

57. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Вміст радіонуклідів у крупі з гречки різних сортів, поширених в Україні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 241. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

58. Дубініна А. А., Хоменко О. О., Ленерт С. О., Малюк Л. П. Хімічний склад смаженого арахісу з натуральними смако-ароматичними добавками // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р.: тези доп. у 2-х ч. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 243. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

59. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Малюк Л. П. Дослідження рівня афлатоксину В₁ в арахісі, вирощеному в Україні // Science without borders – 2016: міжнар. наук.-практ. конф., 30 березня – 7 квітня 2016 р. Шеффілд, 2016. С. 27–30. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

60. Дубініна А. А., Ленерт С. А., Хоменко О. О., Хацкевич Ю. М., Застосування дескрипторно-профільного методу дегустаційного аналізу під час оцінювання органолептичних показників якості арахісових паст // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в

умовах сучасності: Друга міжнар. наук.-практ. конф., 5–7 вересня 2017 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 261–262. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

61. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Органолептична оцінка якості крупи із гречки різних сортів, районованих в Україні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 80-річчю з дня народж. ректора університету д-р техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича, 19 листопада 2018 р.: тези доп. у 2 ч. Харків: ХДУХТ, 2018. Ч. 1. С. 262–263. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

62. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Гершун В. С. Інноваційні інгредієнти для створення продуктів оздоровчого харчування // Science without borders: XIII International scientific and practical Conference, March 30 – April 7, 2018. Sheffield: Science and education LTD, 2018. Vol. 9. P. 75–79. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

63. Попова Т. М., Ленерт С. О., Холодна А. В. Товарознавча оцінка якості нового хліба з пшоном // Science and civilization – 2018: XIV International scientific and practical conference, January 30 – February 7, 2018. Sheffield, 2018. P. 48–52. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

64. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Гершун В. С. Способи збагачення харчових продуктів фітостеринами // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2019 р., тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2019. Ч. 1. С. 177–178. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

65. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Щербакова І. С. Рекомендації щодо поліпшення безпечності рослинної сировини з метою запобігання зараженню

її мікотоксинами // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : III міжнар. наук.-практ. конф., 4–6 вересня 2019 р., тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2019. Ч. 1. С. 197–198. *Внесок здобувача: постановка проблеми, експериментальні дослідження, аналіз результатів.*

66. Dubinina A. A., Lehnert S., Khomenko O., Radchenko A., Byelyayeva I., Nepochatykh T. Organoleptic analysis of new blended oils with natural antioxidant extracts // Congress on Food Quality and Safety, Health and Nutrition – NUTRICON. Ohrid, Macedonia. Book of Abstracts – Kontura, Scopje, Republic of Macedonia, June 12–14, 2019. P. 86. *Внесок здобувача: дослідження органолептичних показників нових купажованих олій з екстрактами природних антиоксидантів.*

67. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О., Беляєва І. М., Гершун В. С., Непочатих Т. А. Особливості накопичення важких металів крупами із гречки і проса різних сортів // X International Congress «Flour-Bread'19»: XII Croatian Congress of Cereal Technologists «Brasno-Kruh'19». Osijek, Croatia, 2019. P. 95. *Внесок здобувача: дослідження особливостей накопичення важких металів крупами із гречки і проса різних сортів, аналіз результатів.*

68. Lehnert S., Dubinina A., Letuta T., Belyayeva I., Popova T., Selyutina G., Karbivnycha T., Akmen V. Hydrolysis of γ -oryzanol by enzyme preparations // Congress on Food Quality and Safety, Health and Nutrition. NUTRICON 2021, June 9–11, 2021. Ohrid, Macedonia. Book of Abstracts – Kontura, Scopje, Republic of Macedonia, 2021. P. 239–240. *Внесок здобувача: постановка проблеми, формулювання гіпотези, керівництво експериментальними дослідженнями, аналіз результатів.*

69. Lehnert S., Dubinina A., Letuta T., Belyayeva I., Popova T., Selyutina G., Golovko T., Sorokina S. Optimization of the enzymatic hydrolysis of γ -oryzanol parameters by Pentopan 500 BG // Congress on Food Quality and Safety, Health and Nutrition – NUTRICON 2021, June 9–11, 2021. Ohrid, Macedonia. Book of Abstracts – Kontura, Scopje, Republic of Macedonia, 2021.

Р. 237–238. Внесок здобувача: постановка проблеми, формулювання гіпотези, керівництво експериментальними дослідженнями, аналіз результатів.

70. Дубініна А. А., Хацкевич Ю. М., Попова Т. М., Ленерт С. О. *Загальна технологія харчових виробництв: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2016. 497 с. Внесок здобувача: розділи із загальних та наукових основ технології харчових виробництв.*

ЗМІСТ

Вступ	34
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ СТВОРЕННЯ ПРОДУКТІВ ІЗ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	45
1.1. Властивості, фізіологічні ефекти рослинних стеролів та можливості використання в харчових продуктах	45
1.2. Характеристика ферментних препаратів, що використовуються для проведення гідролізу γ -оризанолу	59
1.2.1. Карбоксилетергідролази	60
1.2.2. Глікозидази	68
1.3. Використання арахісу у продуктах спеціального призначення	72
1.4. Використання гречки та проса у продуктах спеціального призначення	87
Висновки за розділом	102
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	105
2.1. Організація проведення досліджень	105
2.2. Характеристика предметів дослідження	106
2.3. Методи дослідження	107
2.3.1. Стандартні та спеціальні методи дослідження	109
2.3.2. Метод кластерного аналізу	121
2.3.3. Методи математичного моделювання рецептур нових продуктів	122
2.3.4. Моделювання оптимальних режимів проведення гідролізу γ -оризанола ферментними препаратами	127
2.3.5. Медико-біологічні дослідження	131
Висновки за розділом	134
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ	

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГІДРОЛІЗУ γ -ОРИЗАНОЛУ	135
3.1. Аналіз продуктів гідролізу γ -оризанолу	135
3.2. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика	137
3.2.1. Визначення гідролітичної активності порошку підшлункової залози бика.	137
3.2.2. Вплив температури на гідроліз γ -оризанолу.	139
3.2.3. Гідролітична активність порошку підшлункової залози в присутності таурохолату натрію.	141
3.2.4. Визначення оптимального співвідношення фермент / субстрат / буфер для проведення раціонального ферментативного гідролізу γ -оризанолу.	144
3.2.5. Механічний вплив на конверсію гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика.	152
3.2.6. Визначення періоду інкубації для оптимального і повного гідролізу γ -оризанолу.	154
3.3. Вивчення іммобілізації порошку підшлункової залози бика	156
3.4. Використання інших препаратів для гідролізу γ -оризанолу	163
3.4.1. Визначення гідролітичної активності ліпази та ферулоїлестерази у ферментних препаратах ліпази і ксилонази.	164
3.4.2. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу ліпазами.	169
3.4.3. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу комерційним препаратом Pentopan BG500.	175
Висновки за розділом	184
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЯКОСТІ АРАХІСУ, ГРЕЧКИ ТА ПРОСА ЯК ПОТЕНЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	187
4.1. Дослідження харчової цінності арахісу	187
4.2. Сортові особливості арахісу відносно накопичення	

контамінантів	197
4.3. Дослідження харчової цінності гречки та пшона	203
4.4. Особливості накопичення контамінантів крупами з гречки і проса	221
4.5. Рекомендації для раціонального використання в харчовій промисловості арахісу та продуктів переробки гречки і проса різних сортів	228
Висновки за розділом	232
РОЗДІЛ 5. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	236
5.1 Використання системного підходу до вирішення проблеми дефіциту фітостеролів	236
5.2. Обґрунтування асортименту продукції з арахісу	240
5.3. Розробка рецептур та технологій виробництва холестеринознижуючих продуктів з арахісу	246
5.3.1. Розробка рецептур та технологій виробництва арахісових паст	246
5.3.2. Розробка рецептур та технологій виробництва арахісових купажованих олій	255
5.3.3. Розробка рецептур та технологій виробництва снекової продукції з арахісу	261
5.4. Обґрунтування асортименту продукції з гречки та проса	263
5.5. Розробка рецептур та технологій виробництва хлібних виробів на основі продуктів переробки гречки та проса	269
5.6. Підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів	290
5.7. Розробка харчового раціону, як харчової системи зниження холестеринового тиску на організм людини	301
Висновки за розділом	313
РОЗДІЛ 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НОВИХ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИХ ПРОДУКТІВ З АРАХІСУ, ГРЕЧКИ ТА ПРОСА	316

6.1. Оцінка якості арахісових паст і зміни під час зберігання	316
6.2. Оцінка споживних властивостей арахісових купажованих олій та їх зміни під час зберігання	328
6.3. Якість і безпечність смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками та їх зміни під час зберігання	339
6.4. Визначення харчової цінності нових видів хліба та їх зміни під час зберігання	351
Висновки за розділом	365
РОЗДІЛ 7. ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЇХ У ПРАКТИКУ	367
7.1. Ефективність упровадження результатів	367
7.2. Практичне впровадження результатів наукових розробок	378
Висновки за розділом	379
ВИСНОВКИ	382
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	388

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВООЗ (WHO) – Всесвітня організація охорони здоров'я (World Health Organization)

ГДК – гранично допустима концентрація

ДДТ – трихлорметилди(п-хлорфеніл)метан

ДХ – домінантна характеристика

ІАА – інтегральну антиоксидантну активність

ІОБ НААН – Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України

КЧ – кислотне число

МКО – Міжнародна комісія з освітлення

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти

НЖК – насичені жирні кислоти

ПАТТЕРН – Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти

ПЧ – перекисне число

РХ – рецесивна характеристика

ФАО (FAO) – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (Food and Agriculture Organization)

АСАТ – Ацил-коа:холестерин-ацилтрансфераза

Ala – аланин

Asp – аспаригинова кислота

CAL-A – *Candida antarctica* липаза Тур А

CAL-B - *Candida antarctica* липаза Тур В

ЕС – номер – номер комісії по ферментам

FID - полум'яно-іонізаційний детектор

FRAP – Ferric Reducing / Antioxidant Power

GC – газовий хроматограф, газова хроматографія

Gln - Glutamin

Glu - Glutamat

Gly - Glycin

His – Histidin

TAC – Total Antioxidant Capacity

SMT – стеролметилтрансфераза

ВСТУП

Актуальність теми. Створення продуктів оздоровчого сегмента – це найбільш актуальний напрям інноваційних розробок харчової індустрії сучасного світу. Одним із поширених методів отримання таких продуктів є використання фізіологічно-функціональних інгредієнтів. Використання харчових волокон, макро- та мікроелементів, вітамінів, фенольних речовин, поліненасичених жирних кислот та інших функціональних речовин у складі рецептурних інгредієнтів дозволило вченим створити окремий напрям у класифікаційному просторі харчових продуктів.

Проте ще багато корисних функціональних речовин залишаються незатребуваними належною мірою. Це відноситься до таких сполук, як фітостероли, які мають антиоксидантні, антиканцерогенні, протизапальні, антибактеріальні, протиатерогенні властивості, а головне – вони здатні знижувати рівень холестерину в крові, що сприяє зменшенню ризику виникнення коронарної хвороби серця.

У зв'язку з цим першочергову увагу слід приділяти створенню харчових продуктів із холестеринознижуючими властивостями. Одним із напрямів створення таких продуктів є використання сировини, багатой на вміст фітостеролів. Джерелом цих речовин є рослинна сировина, а саме зернові, бобові, горіхи, олія, фрукти, овочі, насіння. Серед великої кількості цих джерел особлива увага приділяється зерновим та горіхам. Сьогодні достатньо інтенсивно розробляються нові технології з їх використанням для створення продукції спеціального призначення. Перспективною сировиною для створення таких продуктів є крупа і борошно з гречки та проса, арахіс. Ця сировина є джерелом повноцінних рослинних білків, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, фітостеролів, фенольних сполук. Проте можливості цієї сировини ще не використано повною мірою для виробництва продуктів спеціального призначення. Тому дослідження якості рослинної сировини перспективних

сортів, адаптованих до вирощування в Україні, є актуальними. З іншого боку, ця сировина акумулює з навколишнього середовища контамінанти, що знижує якість харчової продукції. У зв'язку з цим важливим є моніторинг екотоксикологічних властивостей сировини, а також розробка способів її детоксикації.

Наукові розробки із зазначених напрямків ученими всього світу проводяться давно і доволі успішно. Проте системних та узагальнюючих досліджень, присвячених пошуку альтернативних можливостей отримання продукції з холестеринознижуючими властивостями, нами не виявлено. Розробка такої продукції шляхом збагачення фітостеролами є дорогим і трудомістким процесом, а через погану розчинність цих речовин погіршуються органолептичні показники продукції. У зв'язку з цим актуальною є розробка таких технологій продуктів, які б дозволили максимально використовувати закладений у рослині потенціал і перетворювати його в оптимальні комплекси речовин, необхідних для задоволення щоденних біологічних потреб організму.

Комплекс досліджень спрямовано саме на вирішення важливого народногосподарського завдання – забезпечення населення України вітчизняними високоякісними продуктами нового покоління, які можуть використовуватися для підтримання оптимального стану здоров'я людини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано в рамках державних програм «Національна програма з харчування», «Біофортифікація та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012–2016 роки», відповідно до основних напрямів наукових досліджень Харківського державного університету харчування та торгівлі, затверджених Міністерством освіти та науки України, зокрема плану наукових досліджень кафедри товарознавства та експертизи товарів за держбюджетною темою на замовлення МОН України №1-17Б0 «Оптимізація технологічних параметрів переробки сировини з забезпеченням гарантованої якості харчових продуктів» та

темами: №06-12-13Б (011U009489) «Товарознавча характеристика та оцінка якості бобів арахісу, районованих в Україні», №14-13-14Б (0113U02009) «Товарознавча характеристика та оцінка якості гречаної крупи та пшона із гречки та проса різних сортів, поширених в Україні», №03-14-15Б (0113U08386) «Формування якості фортифікованих продуктів на основі ядер арахісу», №01-15-16Б (0114U06524) «Формування якості нових продуктів на основі гречаної крупи і пшона», №09-18-19Г (0117U05366), «Наукове обґрунтування відбору рослинної сировини для розробки рецептурного складу продуктів з холестеринознижувальним ефектом», №03-20-21Б (0119U104002) «Формування якості та споживних властивостей нових продуктів на основі рослинної сировини», №31-12Д (0112U08014) «Дослідження хімічного складу зернових та бобових культур, поширених в Україні, та теоретичне обґрунтування відбору перспективних сортів», №23-13-14Д (0113U06394) «Дослідження накопичення токсичних речовин рослинною сировиною та теоретичне обґрунтування відбору екологічно чистих, біофортифікованих сортів для створення продукції здорового харчування», №25-14-15 Д (0114U04991) «Розширення асортименту та практичні аспекти формування та оцінки якості продуктів рослинного походження», №33-15-16Д (0115U05941) «Розробка рецептур та оцінка якості нових продуктів оздоровчого призначення на основі гречаної крупи та пшона», №32-17-18Д «Розробка рекомендацій щодо впливу різних факторів на якість харчових продуктів», №8-18-19Д «Розробка рекомендацій щодо підвищення якості рослинної сировини під час переробки та зберігання», №5-19-20 «Розробка способів зниження контамінантів у продуктах рослинного походження при їх переробці та зберіганні».

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування технологій харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями на основі арахісу, гречки та проса сортів, поширених в Україні, багатих на вміст фітостеролів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі

завдання:

– з урахуванням сучасних тенденцій на ринку харчових продуктів з холестеринознижуючими властивостями та технологій їх виробництва визначити причини виникнення дефіциту фітостеролів та довести необхідність розвитку науково-практичного напрямку зі створення такої продукції;

– провести аналітичні дослідження властивостей арахісу, гречки, проса та перспектив їх застосування у виробництві холестеринознижуючої харчової продукції;

– науково обґрунтувати та комплексно дослідити вибір ферментних препаратів із групи гідролаз, які мають найвищу гідролітичну активність відносно γ -оризанолу;

– на модельних системах комплексно дослідити й визначити закономірності впливу на гідролітичне розщеплення γ -оризанолу параметрів проведення ферментативної реакції, а саме температури, концентрації таурохолату натрію, співвідношення фермент : субстрат : буфер, часу інкубації, іммобілізації, механічних дій (струшування і перемішування);

– за допомогою математичного моделювання розробити математичні моделі ферментативного гідролізу γ -оризанолу, які дадуть можливість забезпечити гарантований вихід продуктів конверсії;

– провести комплексні дослідження хімічного складу (зокрема стероїдного комплексу) арахісу, гречки та проса сортів, поширених в Україні;

– визначити закономірності накопичення контамінантів (нітратів, солей важких металів, радіонуклідів, щавлевої кислоти й оксалатів, афлатоксину В1) рослинною сировиною з урахуванням її видових та сортових особливостей;

– за допомогою кластерного аналізу та розроблених критеріїв якості рослинної сировини визначити її пріоритетні сорти та надати рекомендації для більш прецизійного їх використання, зокрема для створення продуктів із

холестеринознижуючими властивостями;

- провести маркетингові дослідження споживчих переваг щодо продуктів з арахісу, гречки та проса;

- науково обґрунтувати й розробити технології та параметри технологічного процесу виробництва нових продуктів з арахісу (паст, снєків та олій), гречки та проса (хліб);

- за допомогою математичного моделювання і принципів харчової комбінаторики встановити раціональні співвідношення концентрацій рецептурних компонентів для створення продуктів із заданими органолептичними показниками та хімічним складом, зокрема з високим вмістом фітостеролів;

- комплексно дослідити та визначити споживні властивості нових продуктів, проаналізувати зміни їх якості під час зберігання, визначити умови та терміни їх зберігання;

- за допомогою медико-біологічних досліджень визначити профілактичну ефективність розроблених продуктів;

- розробити раціон харчування, якій дасть можливість знизити холестериновий тиск на організм людини;

- виконати комплекс наукових, технологічних, організаційних робіт з упровадження розроблених технологій у виробництво підприємств харчової промисловості та в освітній процес, здійснити оцінку основних результатів, визначити їх ефективність.

Об'єктом дослідження є технології продукції з холестеринознижуючими властивостями з використанням арахісу, гречки та проса.

Предмет дослідження – модельні системи для проведення ферментативного гідролізу γ -оризанолу, відпрацювання раціональних параметрів реакції ферментативного гідролізу γ -оризанолу; арахіс 19 сортів колекції Інституту олійних культур УААН України, нові продукти на основі арахісу (арахіс смажений зі смако-ароматичними добавками, арахісові пасти

та олії арахісові купажовані) та їх аналоги; гречка 6 сортів та просо 5 сортів колекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, крупи з них, нові види хліба («Гречана сила» та «Пшоняний») та їх аналоги.

Методи дослідження: загальноприйняті та спеціальні фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні, мікробіологічні, органолептичні, медико-біологічні, аналітичні, соціологічні, експертні методи з використанням сучасних приладів і комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. В основу теоретичних та експериментальних досліджень покладено наукову концепцію, яка полягає в системному підході до корегування дефіциту фітостеролів у раціоні харчування шляхом розробки технологій продуктів з арахісу, гречки та проса сортів, поширених в Україні, які прецизійно використані за показниками хімічного складу (зокрема стероїдного комплексу) та безпечності, а також шляхом ферментативного гідролізу стероїдного комплексу сировини та фортифікації фізіологічно-функціональними інгредієнтами, що дозволяє отримати екологічно чисту продукцію з підвищеною харчовою цінністю та холестеринознижуючими властивостями.

На основі сформульованої наукової концепції вперше розроблено модель корекції дефіциту фітостеролів у раціоні харчування сучасної людини.

На підставі проведених теоретичних і експериментальних досліджень у дисертації вперше:

- встановлено гідролітичну активність до γ -оризанолу ліпази *Candida rugosa* типу VII та препарату Pentopan BG500, при цьому гідролізовані як десметилстерилферуляти, так і 4,4'-диметилстерилферуляти;

- науково обґрунтовано раціональні параметри гідролізу γ -оризанолу ферментними препаратами: порошком підшлункової залози бика, ліпази *Candida rugosa* типу VII, Pentopan BG500, що дозволяє підвищити вихід фітостеролів;

- розроблено математичні моделі ферментативного гідролізу γ -

оризанолу, за допомогою яких можна керувати цим процесом та забезпечити гарантований вихід продуктів конверсії;

- комплексно досліджено хімічний склад і біологічну цінність арахісу, гречки та проса різних сортів із колекційних зразків генофонду рослин України, круп із них;

- визначено сортову специфічність стероїдного комплексу арахісу, крупи гречаної та пшона, що ідентифікує їх як джерело біологічно активних форм фітостеролів та дозволяє рекомендувати для використання у виробництві продукції з холестеринознижуючими властивостями;

- встановлено видову та сортову закономірності накопичення контамінантів арахісом, гречкою та просом;

- розроблено технології та параметри технологічного процесу виробництва нових продуктів з арахісу (паст, снєків та олій), гречки та проса (хліб);

- клінічними дослідженнями доведено профілактичну ефективність розроблених продуктів.

Дістали подальшого наукового розвитку:

- методологія застосування сучасних рекомендацій нутриціології та математичного моделювання для визначення рецептурного складу продуктів з арахісу, гречки та проса, що дозволило одержати високоякісні продукти з підвищеною харчовою цінністю;

- методологія оцінки споживних властивостей нових продуктів після виготовлення та під час зберігання.

Наукова новизна одержаних результатів підтверджена двома патентами України на винахід.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами реалізації наукової концепції, теоретичних і експериментальних досліджень: отримано дані про властивості арахісу, гречки та проса сортів, поширених в Україні; виявлено найбільш безпечні та якісні сорти сільськогосподарських культур; надано рекомендації для більш прецизійного їх використання, у

тому числі для створення продуктів із холестеринознижуючими властивостями; апробовано та впроваджено технології розробленої нової продукції; розроблено та затверджено нормативну документацію: ТУ У 10.8-01566330-302:2014 «Пасти арахісові», ТУ У 10.4-01566330-301:2014 «Олії арахісові купажовані», ТУ У 10.3-01566330-303:2014 «Арахіс смажений зі смако-ароматичними добавками», ТУ У 10.7-01566330-320:2017 «Хліб “Гречана сила”», ТУ У 10.7-01566330-321:2037 «Хліб “Пшоняний”», розроблено раціон харчування як харчову систему зниження холестеринового тиску на організм людини.

Практичне значення одержаних результатів підтверджено сьоми патентами України на корисну модель.

Реалізація роботи. Упроваджено рекомендації щодо відбору перспективних за хімічним складом сортів арахісу, гречки і проса на ПП «Агрофірма «ГАВАН» Херсонської обл., Каховського району, с. Богданівка (акт від 10.12.2012 р.), рекомендації щодо відбору сортів, здатних до мінімального накопичення токсичних речовин, і раціонального використання арахісу, гречки і проса у ТОВ «Агробізнес» Херсонської обл., Каховського району, с. Мар’янівка (акти від 20.11.2013 р. та 18.06.2014 р.), рекомендації з відбору екологічно чистих, біофортифікованих сортів гречки та проса для раціонального використання гречаної крупи та пшона у ТОВ «Торгівельний дім “Сват”» Харківської обл., Дергачівського району, с. Польова (акти від 08.12.2014 р. та 30.06.2017 р.), рецептури та технології нових продуктів у ТОВ «Торгівельний дім “Сват”» Харківської обл., Дергачівського району, с. Польова (акт від 23.01.2015 р.), рецептури та технології нових видів хліба у ТОВ «Торгівельний дім “ДІНАС”», м. Харків (акт від 24.06.2016 р.), та у ТОВ «Ізюмський хлібокомбінат “Кулиничі”» Харківської обл., м. Ізюм (акт від 21.07.2016 р.), рекомендації щодо відбору рослинної сировини для виробництва харчових продуктів із холестеринознижувальним ефектом у ТОВ «Вегетус» (акт від 30.11.2018 р.), рекомендації щодо впливу різних факторів на якість харчових продуктів у ТОВ «ЛІАКСОМ» (акти від

30.06.2018 р. та 27.06.2019 р.).

Здійснено випуск дослідних партій нової продукції на хлібозаводі ТОВ «Торгівельний дім “ДНАС”» (акт від 09.06.2016 р.) та ТОВ «Ізюмський хлібокомбінат “Кулиничі”» (акт від 14.07.2016 р.).

Результати науково-дослідних робіт упроваджено в навчальний процес кафедри товарознавства та експертизи товарів ХДУХТ (акти від 12.06.2013 р., 25.06.2014 р., 25.11.2015 р., 02.12.2015 р., 08.09.2016 р., 15.12.2018 р., 17.12.2018 р., 03.12.2019 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в дослідженні стану проблеми, обґрунтуванні актуальності теми, формулюванні мети, завдань, наукової концепції роботи та її теоретичному й експериментальному підтвердженні, розробці методології та програми досліджень, керівництві та безпосередній участі в її реалізації, проведенні аналітичних, експериментальних досліджень у лабораторіях та виробничих умовах, аналізі й узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків і пропозицій, підготовці матеріалів до публікації та складанні заявок на винахід (корисну модель), розробці нормативної документації, проведенні заходів з упровадження науково-технічних розробок у виробництво та навчальний процес.

У матеріалах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать основні ідеї, розробка методології дослідження, наукове обґрунтування теоретичних положень, організація й участь у проведенні експериментів, аналіз отриманих результатів, формулювання та узагальнення основних висновків, підготовка матеріалів до публікації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на науково-практичних конференціях «Прогресивні техніка і технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, 2011, 2012, 2013 рр.), 18th IGWT Symposium «Technology and Innovation for a Sustainable Future: a Commodity Science Perspective» (Італія, м. Рим, 2012 р.), IX

міжнародній науково-практичній конференції «Perspectiwicze opracowania sa nauka i technikami – 2013» (Польща, м. Пшемишль, 2013 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування» (м. Харків, 2013 р.), IX міжнародній науково-практичній конференції «Достижения высшей школы» (Болгарія, м. Варна, 2013 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Дни науки» (Чехія, м. Прага, 2014 р.), IX міжнародній науково-практичній конференції «Prospects of world science» (Великобританія, м. Шеффілд, 2014 р.), міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, 2014 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2014 р.), XI міжнародній науково-практичній конференції «Zpravy vedecke ideje – 2015» (Чехія, м. Прага, 2015 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Sciencewithoutborders» (Великобританія, м. Шеффілд, 2018 р.), III міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (м. Харків, 2019 р.), 10th International Congress «Flour Bread-19» 12th Croatian Congress of Cereal technologists «Brasno Kruh-19» (Хорватія, м. Осіек, 2019 р.).

Розроблена продукція демонструвалася на виставці в рамках масштабного заходу «Ніч науки в Харкові» (м. Харків, 2013, 2016, 2019 рр.), на виставці наукових розробок у рамках міжнародного інвестиційно-консультаційного бізнес-форуму «Європа без кордонів» (м. Харків, 2015 р.), виставці «Освіта Слобожанщини та навчання за кордоном» (м. Харків, 2015, 2019 рр.), виставці Міжнародного форуму із розвитку фермерства «AGROPORT-2016» (м. Харків, 2016 р.), виставці наукових розробок установ Північно-Східного наукового центру НАН і МОН України з нагоди Всесвітнього Дня науки (м. Харків, 2016 р.), виставці зразків наукових розробок, присвяченій 50-річчю ХДУХТ (м. Харків, 2017 р.), на

XIII Міжнародному кулінарному фестивалі «Biser Mora» (Хорватія, м. Супетар, 2018 р.), на Міжнародному кулінарному фестивалі (Турція, м. Балу, 2018 р.), виставці наукових розробок у масштабах соціального заходу з популяризації науки для дітей і молоді «Наукові пікніки», організованого Північно-Східним науковим центром НАН і МОН України (м. Харків, 2019 р.), де одержала позитивну оцінку.

Розроблені хлібні вироби були представлені на Міжнародному фестивалі кулінарів «AGROCOOKFEST» (м. Харків, 2016 р.), де отримали срібну медаль і сертифікат у номінації «Креативні вироби з борошна».

Публікації. Результати досліджень дисертаційної роботи опубліковано у 70 наукових публікаціях, у тому числі: 3 монографіях; 29 статтях, серед яких 21 – у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (з них 17 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі 1 – Scopus, 3 – Web of Science); 5 статтях у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію (з них 1 – у виданні, яке включено до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science); 2 патентах України на винахід; 7 патентах України на корисну модель; 28 тезах доповідей та матеріалах конференцій; 1 навчальному посібнику.

Структура та обсяг роботи. Перший том дисертації складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 517 найменувань, у тому числі 378 іноземних. Загальний обсяг дисертації викладено на 448 сторінках (з них основний зміст друкованого тексту □ 318), включаючи 75 таблиць, 64 рисунка. Другий том представлено додатками.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ СТВОРЕННЯ ПРОДУКТІВ ІЗ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Україна належить до країн, у яких понад 50% населення помирають від серцево-судинних захворювань, однією з причин виникнення яких є підвищений рівень холестерину у крові. Поширеність захворювань системи кровообігу, пов'язаних зі способом життя та нераціональним харчуванням, залишається актуальною проблемою охорони здоров'я населення України [1].

Використання рослинної сировини у вигляді натуральних овочевих, плодово-ягідних і злакових наповнювачів, рослинних жирів сприяє ефективному поліпшенню асортименту продуктів харчування нового покоління, збагачених біологічно активними сполуками, у тому числі фітостеролами, які мають функціональні властивості [2].

Великий внесок у вирішення питань переробки рослинної сировини у високоякісну продукцію оздоровчого харчування зробили дослідження вітчизняних учених С.О. Белінської, Г.В. Дейниченка, А.М. Дорохович, А.А. Дубініної, Б.В. Єгорова, Л.В. Капрельянц, Л.П. Малюк, М.Р. Мардар, Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарської, Н.В. Притульської, Г.О. Сімахіної, Л.М. Тележенко, Y. Guiroz, L. Tompson, J. Morley та ін.

1.1. Властивості, фізіологічні ефекти рослинних стеролів та можливості використання в харчових продуктах

Стероли дуже поширені в природі й залежно від походження поділяються на зоостероли (холестерин) і рослинні стероли – фітостероли і фітостаноли.

Рослинні стероли є структурними компонентами рослинних клітин і виконують у їх мембранах ті самі функції, що і холестерин у клітинах тварин.

У рослинах вони містяться у вільній формі у вигляді ефірів із жирними чи фенольними кислотами (наприклад, феруловою), зв'язаними з моносахаридами, або ацетильованих глікозидів фітостеролів. У рослинах ідентифіковано більше ніж 250 фітостеролів, але найбільш розповсюдженими є β -ситостерин, кампестерин, сигмастерин, brassікастерин. Менш поширеними є фітостаноли, які відрізняються від фітостеролів тим, що в структурі їх стероїдних кілець відсутні подвійні зв'язки. Станоли є повністю насиченими формами стеринів [3–6]. Фітостероли, як і холестерин, синтезуються зі скваленів, які належать до групи тритерпенових [6; 7], тому за хімічною структурою є його аналогами.

Під час біосинтезу рослинних стеролів відбуваються більш ніж 30 ферментативно каталізованих реакцій. Фітостероли – це продукти ізопропеноїдного біосинтезу. Вони утворюються у цитоплазмі та мітохондріях у результаті перетворення мевалонової кислоти (рис. 1.1).

Фітостероли створені з шести молекул ізопентилпірофосфату. Активний ізопрен ізомеризується до диметилалілпірофосфату, який є праймером для подальшого перетворення до фарнезилпірофосфату за допомогою пренілтрансферази.

Метаболіт фарнезилпірофосфат являє собою розгалужений ступінь синтезу сесквітерпенів або синтезу тритерпенів (стеролів). Конденсація двох молекул фарнезилпірофосфату веде до створення скваленів. Після оксидації скваленів створюється попередник стеролів – сквален 2,3-оксид. Він перетворюється на циклоартенол, із якого можуть бути утворені всі фітостероли. Після диметилування одного вуглеводу C₄ циклоартенолу утворюються 4 α -монометилстероли, а після диметилування наступних вуглеводів – 4-дезметилстероли. Метилування сторонніх ланцюгів здійснюється за допомогою каталізації двох різних стерилметилтрансфераз (SMT1 та SMT2) [8–10].

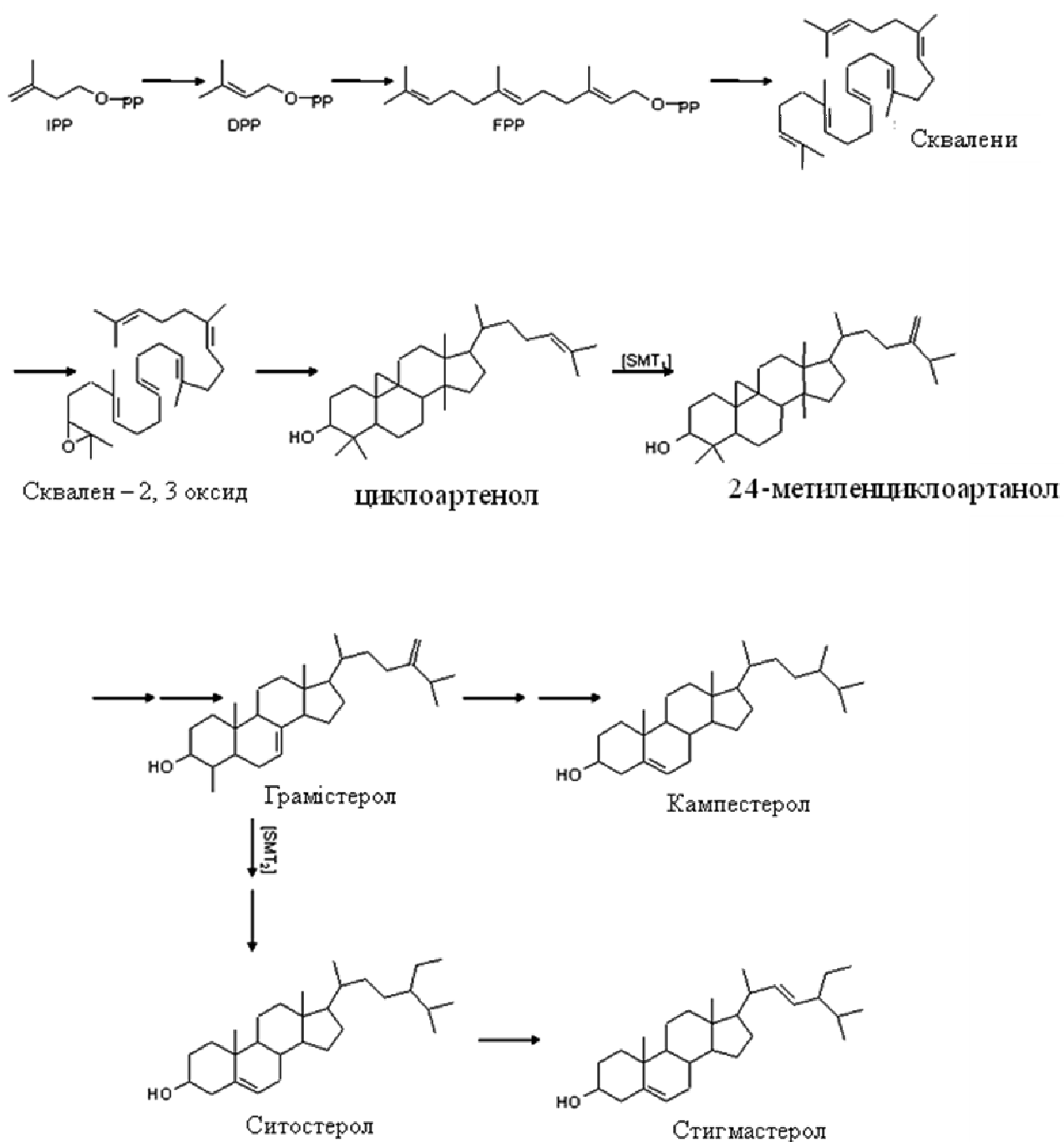


Рис. 1.1. Схематичне зображення біосинтезу стеролу в рослинах: SMT – стеролметилтрансфераза [14]

Останнім часом ученими світу широко досліджуються фізіологічні властивості фітостеролів. Установлено, що вони мають антиканцерогенну, протипоракову дію [11–12]. Порівняно з холестерином β-ситостерин на 24%

знижує зростання пухлинних клітин і в чотири рази підвищує апоптоз (знищення клітин).

Розмір пухлин у мишей, яким давали фітостероли, виявився на 33% меншим; вони мали на 22% менше метастазів у лімфатичних вузлах і легенях, ніж миші, яким давали холестерин. Результати цих досліджень свідчать про те, що фітостероли можуть уповільнювати ріст клітин раку грудей. Крім того, є свідчення про те, що фітостероли впливають на розвиток раку простати. Було також встановлено, що фітостероли мають профілактичну дію відносно раку легенів. Загальна кількість фітостеролів у їжі мала обернено пропорційний зв'язок зі ступенем захворювання на рак грудей, шлунка, стравоходу, матки, яєчників [13].

Фізіологічний вплив фітостеролів на організм людини зумовлений також протизапальною дією. Механізм цього процесу включає пригнічення секреції запальних медіаторів, таких як інтерлевкін-6 і онкогенний некроз фактор- α , моноцитами. Учені визначили можливу роль фітостеролів в етіології, а саме їх профілактичні властивості відносно проліферативних реакцій лімфоцитів, туберкульозу легенів, ВІЛ, зниження імунітету під впливом стресу, ревматоїдного артриту, алергічного риніту/синуситу [14].

Установлена також антиоксидантна дія фітостеролів. Ученими доведено, що β -ситостерин знижує ліпідне переокиснення мембран тромбоцитів у присутності заліза, а доза станолювого ефіру у 2–3 г знижує рівень окисненого НПЛ-холестерину [13; 15].

Фітостероли та фітостеринові ефіри мають також антибактеріальну та противиразкову дію. Вони продемонстрували свої профілактичні властивості проти пилоричної мегатурної форми виразки і гострих форм виразок, спричинених етанолом і цистеаміном. Наявність фітостеролів у базових місцевих дієтах (Індія та інші країни), можливо, є причиною того, що виразка дванадцятипалої кишки зустрічається там досить рідко, незважаючи на часті випадки інфекції *Helicobacter pylori* [13; 16].

Доведено, що фітостероли ефективні для запобігання розростанню клітин гладких м'язів судин, які відіграють важливу роль у розвитку атеросклерозу. У разі годування фітостеролами мишей із дефіцитом (аро-Е) в них зменшувалися кількість тромбоцитів, схильність кров'яних клітин до гемолізу (руйнування еритроцитів), схильність до атеросклеротичних патологічних змін [13]. Це свідчить про протиатерогенні властивості фітостеролів. Епідеміологічні дослідження вказують на те, що фітостероли можуть бути використані для профілактики та лікування хвороб серця та судин [13; 17].

Проте головна функція фітостеролів і причина зростаючого інтересу до них – це їх здатність знижувати рівень холестерину у крові, що сприяє зменшенню ризику виникнення коронарної хвороби серця, гіперхолестеринемії та інших патологічних станів, пов'язаних із порушенням обміну ліпідів у організмі [18–20]. При цьому встановлено, що холестеринознижувальний ефект у більшій мірі мають 4-дезметилфітостероли [21].

Сам механізм холестеринознижувального ефекту фітостеролів ще не досить повно досліджений. Доведено, що фітостероли знижують усмоктуваність холестерину в кишечнику на 30–50%. При утворенні міцел із жовчаними кислотами фітостероли конкурують із холестерином. Саме тому ресорбція в кишковому епітелії міцел холестерину значно зменшується [3].

Завдяки своїй схожості зі структурою холестерину, фітостероли легко включаються в біомембрани ентероцитів і блокують рецептори холестерину, знижуючи абсорбцію холестерину й поліпшуючи його виведення з організму [22; 23].

Інші дослідження свідчать, що фітостероли здатні інгібувати активність таких ферментів, як ліпаза, естераза та ацил-коа (холестерин-ацилтрансфераза). Саме це приводить до утворення нових ефірів ресорбованого холестерину всередині клітини та зниження абсорбції холестерину [24].

Доведено також, що фітостероли поліпшують зворотне транспортування холестерину, знижуючи потребу організму в екзогенному холестерині; підвищують експресію мембранних білків-транспортів фітостеролів, які контролюють транспортування холестерину і його відтік, та підсилюють синтез клітинних рецепторів ліпопротеїнів низької щільності [25].

Безпечність фітостеролів розглянуто вченими і в ході короткострокових досліджень, і протягом тривалого вивчення (до року). Доведено, що вони безпечні. У США рішенням Food and Drug Administration (FDA) 2000 року фітостеролам було присуджено статус абсолютно безпечних речовин (GRAS-статус) і надано дозвіл на внесення в маркування інформації про зниження ризику коронарної хвороби серця для продуктів, які містять ці речовини [13]. У Данії та Фінляндії збагачення фітостеролами харчових продуктів передбачено національними програмами.

Уживання фітостеролів становить 160...400 мг (із них 25 мг станолів) на добу для різних груп населення. Але на ранніх стадіях еволюції людини прийом фітостеролів був значно вищим – до 1 г на добу [13]. Уживання їх у такій кількості приводить до зниження рівня ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ) – холестерину на 5% [26; 27], а добова доза в 1,5–3,0 г зменшує вміст холестерину на 10–16% [28; 29]. Згідно з вимогами Комітету харчових продуктів SCF (Scientific Committee on Food) максимальна рекомендована добова доза фітостеролів становить 3 г [30; 3]. Більшість учених рекомендують уживати фітостероли у 2–3 прийоми на день. Це стосується будь-якої дози – профілактичної або лікувальної. При цьому науковці наводять той факт, що мінімальна ефективна доза прийому фітостеролів становить 800 мг на добу [13].

Більшість клінічних досліджень проведено з використанням фітостеролів і фітостанолів, які були додані в бутербродні пасти. Поки фітостероли споживаються з їжею для стимулювання виділення жовчі, вони можуть ефективно знижувати рівень НПЛ-холестерину на фоні дієт і

продуктів-носіїв різноманітних типів. Установлено, що фіто стероли є дієвими в разі споживання в рослинній олії, водній емульсії – у воді як лецитинових міцелах, йогурті, молоці часткового наповнення з низьким вмістом жиру, шоколаді, злакових, батончиках, хлібі, напоях, яловичині/гамбургерах [13].

Результати зниження рівня НПЛ-холестерину за умови використання розроблених ученими продуктів, збагачених вільними фітостеролами, фітостанолами та їх етерифікованими формами, наведено в табл. 1.1 [13].

Можна додати, що вільні фітостероли, фітостаноли та етерифіковані форми рівною мірою інгібують усмоктування з кишечника холестерину. Слід зазначити, що останнім часом фітостаноли все рідше використовуються для збагачення харчових продуктів через те, що вони дорожче фітостеролів (через додаткову стадію гідрогенізації під час їх отримання).

Уживання в їжу більше 3 г фітостеролів на добу призводить до небажаного ефекту – поганої абсорбції жиророзчинних вітамінів та каротиноїдів. Так, рівень α -каротину знижується на 10%, β -каротину – на 12,1–25,0% та вітаміну Е – на 8% [28; 31].

Слід відзначити, що фітостероли є нетоксичними для організму людини [32; 33]. Негативну дію фітостеролів можна легко регулювати, збільшуючи споживання жиророзчинних вітамінів та каротиноїдів. Дослідження багатьох учених свідчать про те, що профілактика та лікування різноманітних хронічних захворювань за допомогою фітостеролів є вкрай необхідними. Крім того, слід пропагувати споживання фітостеролів у харчових продуктах натурального походження. Харчовими джерелами цих речовин є: олія – від 91 мг/100 г (кокосова) до 1390 мг/100 г (кукурудзяна); зернові продукти – від 58 мг/100 г (вівсяне зерно) до 1325 мг/100 г (рисові висівки); горіхи – від 54 мг/100 г (лісові) до 297 мг/100 г (фісташки); насіння – 22–714 мг/100 г; фрукти та ягоди – 2–75 мг/100 г, овочі – 5–40 мг/100 г [34–43].

Kaloustian J., Tabee E. та співавтори виявили, що після термічної обробки загальна кількість фітостеролів збільшується внаслідок того, що під

дією високої температури розриваються ефірні та глікозидні зв'язки й утворюються вільні фіто стероли, їх біологічна активність у продукті збільшується [44; 45].

Таблиця 1.1

Вплив вільних та етерифікованих стеринів і станолів на рівень НПЛ-холестерину

Продукт	Носій	Денна доза (еквівалент вільного стерину/станолу), г	Плацебо- корегувальне зниження рівня НПЛ-холестерину, %
A2	Бутербродна паста	0,7	LDL 6,1
B2	Олія соняшникова	1,3	LDL 14,4
A1	Майонез	1,0	LDL 6,2
B1		1,0	LDL 5,1
D1		1,2	LDL 7,7
A2	Оливкова олія	0,4	LDL 2,8
A1	Жир вершкового масла	1,8	LDL 13,3
B1		1,8	LDL 13,4
A1:B1(1:1)		1,8	LDL 16,0
A2	Рослинна олія в молоці	1,2	LDL 7,1
		1,6	LDL 9,6
D1	Майонез	0,8	LDL 7,7
		2,0	LDL 15,0
D1	Бутербродна паста (насіння ріпаку)	1,8	LDL 10,2
		2,6	LDL 10,2
D2	Бутербродна паста (дієта з низьким вмістом жирів)	2,2	LDL 13,7
D1-2		2,3	LDL 8,6
C2	Бутербродна паста	0,8	LDL 6,2
		1,6	LDL 9,2
		3,2	LDL 9,8
C2	Бутербродна паста	2,0	LDL 10,4
D1		2,0	LDL 12,7
C2	Яловичина	2,4	LDL 15,0
B	Йогурт	3,0	LDL 14,0

Примітка: LDL – НПЛ-холестерин, А – вільний фітостерол, В – вільний фітостанол; С – фітостериновий ефір, D – фітостаноловий ефір, 1 – таловий стерин, 2 – соєвий стерин.

Фітостероли як функціональні мікронутрієнти почали використовуватись одразу після того, як у 50-х роках ХХ століття було встановлено їх вплив на рівень холестерину в крові людини. Тоді ж почали випускати біологічно активну добавку під торговою маркою *Cyttelin* (фірми *EliLilly*), яка являла собою β -ситостерин. Використання цієї добавки та фітостеролів загалом було обмежене через їх погану розчинність і низьку біодоступність. І тільки в 1999 році на ринку з'явився маргарин фірми *Raisio Venesol*, збагачений фітостеролами та фітостанолами.

Сьогодні фітостероли активно використовують у виробництві харчових добавок («Уртирон», «Трианол» та ін.) або додаючи багату на фітостероли сировину як рецептурний компонент [31].

Фітостеролами збагачують батончики (*Logicol*, Австралія; *Venesol*, Великобританія), олію (*Ekona*, Японія; *Nutra Lease Canola Active*, Ізраїль), апельсиновий сік (*Minute Maid Heart Wise*), майонез (Австралія), молоко (*Venesol*, Великобританія; *Logicol*, Австралія; *Sere Coi*, Аргентина), йогурт (*Logicol*, Австралія; *Venesol*, Великобританія), йогуртові напої (*Venesol*, Великобританія), соєве молоко (*Pacific Foods*), м'ясо і супи (*Raisio*, Фінляндія), зелений чай (*Cholzero*, Корея), сир (*Westland*), хлібобулочні вироби (хліб із гарбузовим насінням від фірми *Rampffmeyer* та житній хліб), пряні соуси, маргарин (*Venesol*, *Unilever*), масло, фруктові напої на основі молочної сировини, соки та нектари, соєві та рисові напої (*Diminicol* фірми *Teriaka*) [3; 13; 46].

Фітостероли також продаються в сумішах з іншими функціональними інгредієнтами, такими як волокно (*Unilever Fruit D'or*, Франція), масла *Veneol Olive Spread* – Великобританія); неабсорбуючий діацилгліцерин (*Kao-ADM Ekona Heathy Cooking Oil*, *Enzymotec Multi Oil Platform*, *Arteri Careproducts*, Ізраїль); протеїн мигдалю, сої та в'язкі волокна. Цікаве також поєднання фітостеринів з антиокиснювачами, такими як флавоноїди, кверцетини, катехіни; розроблена суміш спецій *Selako*, відома на ринку Скандинавії під назвою *Flavomare* [13].

Виробники продають фітостероли також у формі добавок. Є зацікавленість у розробці фітостеролових лікарських препаратів (наприклад, Forbe's FM-VP4). Фітостероли можуть інтегруватися в інші холестеринознижувальні лікарські препарати з різними механізмами дії, включаючи статин (statin) та езетиміб (ezetimibe) [47].

Загальна вартість європейського ринку такої продукції оцінюється в 312,5 млн євро, і прогнозується подальше його зростання.

На жаль, в Україні виробництво продуктів із холестеринознижувальною дією поки ще не налагоджене, ринок продукції оздоровчого спрямування загалом розвивається дуже повільно. Вітчизняним споживачам доводиться купувати імпорتنі продукти, які є досить дорогими. Тому створення такої продукції вітчизняного виробництва є особливо актуальним.

Однак створення продукції з холестеринознижувальними властивостями шляхом збагачення фітостеролами та фітостанолами є достатньо трудомістким та дорогим процесом. Їх джерелом є масляні продукти, отримані під час переробки деревини сосни та інших дерев. Процес складається з очищення фітостеролів та фітостанолів із подальшою гідрогенізацією до станолів і етерифікації харчовими жирними кислотами. Аналогічним чином ефіри станолів можна отримати з побічних продуктів масляно-жирового виробництва. Використовуючи отримані стероли, слід брати до уваги їх погану розчинність через кристалічну структуру та характерний присмак, який вони вносять до харчових продуктів.

У зв'язку з цим другий спосіб отримання продукції з холестеринознижувальними властивостями, а саме пошук та використання рослинної сировини, багатой на рослинні стероли, є також важливим. Але аналіз літературних джерел свідчить про те, що використання цієї сировини для створення продукції оздоровчого призначення досить обмежене.

Відомо, що найбільш багаті на фітостаноли та фітостероли зернобобові культури, а саме рис, пшениця, кукурудза, гречка, просо, ячмінь, квасоля,

горох, боби, сочевиця, арахіс. Тому дослідження якості рослинної сировини перспективних сортів, адаптованих до вирощування в Україні, є актуальним. Високий вміст у гречці, просі й арахісі ненасичених жирних кислот робить цю сировину важливою в боротьбі з атеросклерозом, серцево-судинними захворюваннями, накопиченням зайвого холестерину у крові.

Таким чином, актуальною залишається розробка технологій продуктів, які дозволили б максимально використовувати закладений у рослині потенціал і перетворювати його в оптимальні комплекси речовин, необхідних для забезпечення щоденних енергетичних та біологічних потреб організму.

Аналіз літературних джерел свідчить, що в рослинній сировині містяться також інші речовини, які мають холестеринознижувальні властивості, а саме γ -оризанол, фітостерил, феруляти та ферулова кислота [48–52].

γ -Оризанол – речовина, яку отримують із олії рисових висівок. Він складається із циклоартенолу, циклоартенілферулату, бета-ситостеролу, 24-метиленциклоартанолу і кампестерину. Ученими встановлено, що γ -оризанол має ті самі функціональні властивості, що й фітостероли. Ферментативний гідроліз приводить до утворення фітостерилферулатів і фітостеролів [53–55].

Фітостерилферуляти – це етери ферулової кислоти та фітостеролів.

На рис. 1.2 наведено структурні формули 4-дезметилстерилферулятів: кампестерилферуляту та ситостерилферуляту, а також 4,4'-диметилстерилферулятів: циклоартенілферуляту та 24-метиленциклоартанілферуляту. Стерилферуляти можна виявити в багатьох клітинних стінках зерен зернових (кукурудзи, пшениці, жита, рису, ячменю, тритикале). 4-Дезметилстерилферуляти є основними складовими речовини клітинних стінок, водночас 4,4'-диметилстерилферуляти є мінорними компонентами.

У кукурудзі, житі, пшениці містяться етери ферулової кислоти та насичених стеролів: ситостанолу та кампестанолу [53]. У кукурудзі також містяться етери кумаринової кислоти та станолу. Ферулова кислота

утворюється з фенілаланіну та тирозину, які є продуктами шикіматного шляху (відбувається у пластидах мітохондрій та рослин) [56].

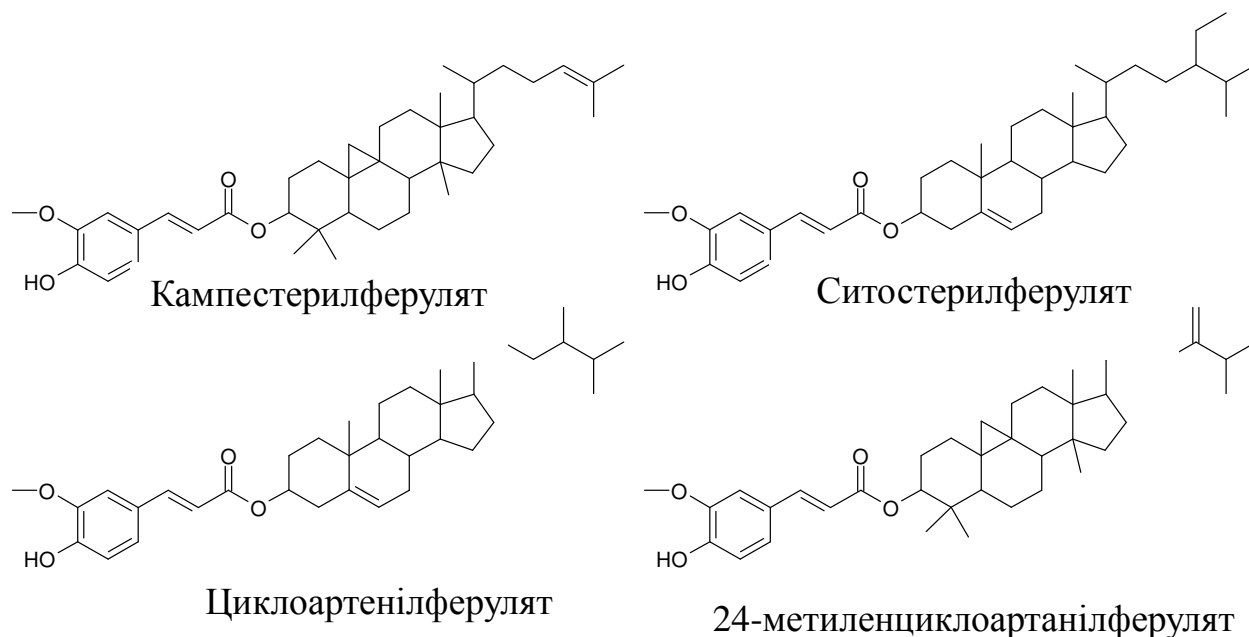


Рис. 1.2. Структурні формули фітостерилферулятів

З ароматичної амінокислоти фенілаланіну під дією каталізатора феніламоніумліази утворюються транс-коричні кислоти. У результаті гідроксилювання транс-коричних кислот утворюється *p*-кумаринова кислота. Вона також може утворитися прямо від тирозину завдяки відщепленню від нього аміаку під каталізацією тирозинамоніумліазою. Після гідроксилювання *p*-кумаринової кислоти до кавової кислоти та кінцевого метилування створюється транс-ферулова кислота (рис. 1.3) [57].

Результати досліджень *in vitro* вказують на антиоксидативні властивості стерилферулятів та ферулової кислоти [48; 58; 59].

Антиоксидативна дія ферулової кислоти пояснюється наявністю в неї фенольних груп: реактивні радикали внаслідок відщеплення водневого радикала можуть бути зв'язані гідроксильними групами. Створений феноксі-радикал резонансно стабільний (рис. 1.4), тому менш реактивний, ніж зв'язаний радикал. Отож ланцюгова реакція радикалів таким чином призупинена.

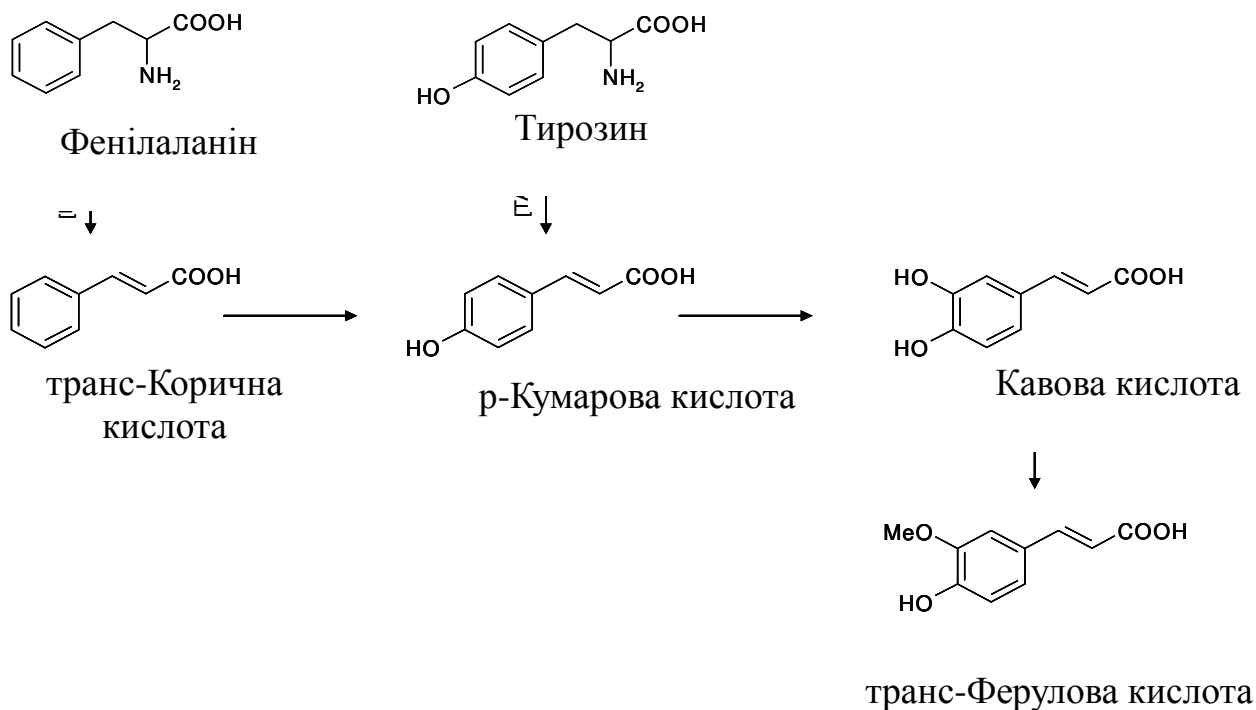


Рис. 1.3. Біосинтез ферулової кислоти з амінокислоти тирозину: PAL – феніламоніумліаза, TAL – тирозинамоніумліаза

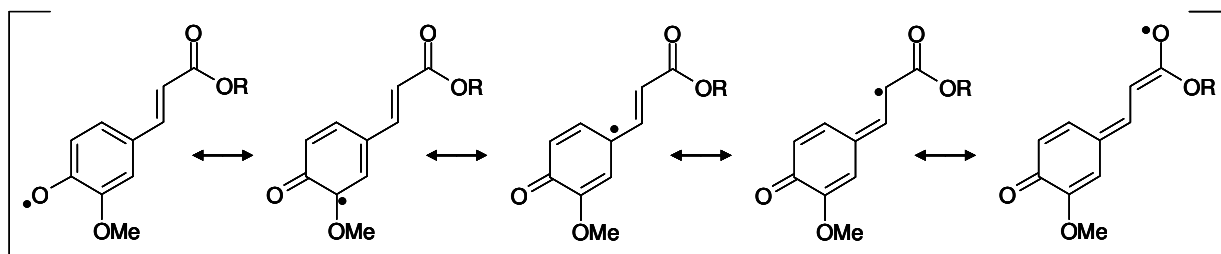


Рис. 1.4. Резонансно стабілізований радикал на прикладі ферулової кислоти

Антиоксидативна властивість стерилферулатів може змінюватися залежно від наявності кінців стеролів, оскільки вони також чинять антиоксидативну дію. Антиоксидативну дію 24-метиленциклоартенілферулату можна пояснити таким чином: радикали можуть бути зв'язані завдяки приєднанню до метиленових груп або відщепленню водневого радикала від C25. В обох випадках утворюється досить стабільний тетраїдний радикал (рис. 1.5) [60]. Як натуральні

антиоксиданти стерилферулати можуть бути використані для стабілізації жирів та олій.

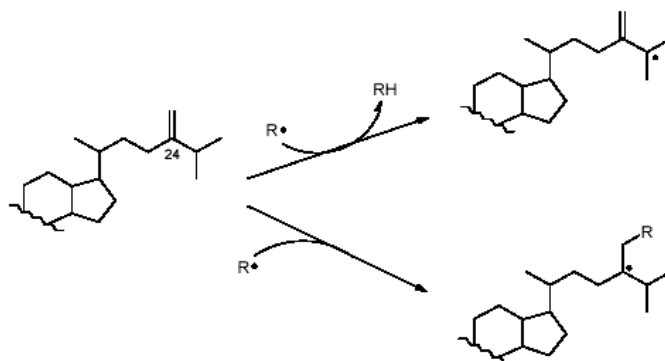


Рис. 1.5. Антиоксидативний вплив 24-метиленциклоартенілферулату: реакція з радикалами приводить до створення тетраїдного радикала

Як уже було відзначено, γ -оризанол та фітостерилферуляти мають холестеринознижувальні властивості.

У ході досліджень на тваринах та людях було досягнуто зменшення загального вмісту ліпопротеїдів низької щільності завдяки споживанню ними олії з рисових висівок та γ -оризанолу. Результати досліджень фітостеролів олії з рисових висівок свідчать про те, що холестеринознижувальний ефект обумовлено 4-дезметилстеролами. Водночас 4,4'-диметилстероли не мали цих властивостей.

За результатами медико-біологічних досліджень над хом'яками та кролями доведено, що концентрація ферулової кислоти у плазмі позитивно корелюється з наданою дозою γ -оризанолу [50]. Стерилферуляти гідролізуються в організмі, принаймі частково. У наступному дослідженні радіоактивно помічений γ -оризанол давали щурам. У результаті цього через 48 год із фекаліями було виведено з організму щура лише 84% радіоактивно поміченого γ -оризанолу. У ході експериментів *in situ* встановлено, що лише незначна частка доданого γ -оризанолу гідролізується в кишечнику. Абсорбований γ -оризанол на 80% засвоюється у формі етеру, 9,8% радіоактивно поміченого γ -оризанолу було виявлено до 72% у сечі. Разом із

феруловою кислотою були ідентифіковані й інші метаболіти, зокрема гіпурова кислота. Стерилферулятів, що вживалися, у сечі не виявлено [51]. У яких конкретно органах були гідролізовані етери, ще не зрозуміло.

Під час досліджень *in vitro* встановлено гідроліз 4-дезметилстеролферулатів, які були ізольовані з рису, жита й пшениці, а також синтезованого ситостанілферуляту холестеролестеразою панкреасу [53; 54]. 4,4'-Диметилстерилетер γ -оризанолу при цьому не був гідролізований [54].

За дослідженнями *in vitro* 4-дезметилстерилферуляти здебільшого гідролізуються холестеролестеразою, на відміну від станілферулятів [53]. Така тенденція спостерігається й під час ферментативного виділення стеролів та станолів холестеролестеразою панкреасу з етерів кумаринової кислоти [61; 62].

Таким чином, кількість вільних біологічно активних форм фітостеролів у продуктах може бути збільшена при ферментативному гідролізі γ -оризанолу. Оскільки фітостероли мають широкий спектр позитивних для здоров'я людини властивостей, дослідження активації ферментативного гідролізу γ -оризанолу є дуже важливим.

Аналіз літературних джерел вказує на те, що багато зарубіжних учених досліджують можливості цього процесу та здійснюють пошук способів його активації для збільшення виходу продуктів гідролізу [63; 64]. Головним чинником впливу на процес гідролізу γ -оризанолу та фітостерилферулатів є підбір ферментативних препаратів і раціональних параметрів його проведення.

1.2. Характеристика ферментних препаратів, що використовуються для проведення гідролізу γ -оризанолу

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що найчастіше для проведення ферментативного гідролізу γ -оризанолу використовують

ферментні препарати карбоксилетергідролази та глюкозидази [65]. Вагомий внесок у вирішення цих питань зробили зарубіжні вчені: А. Berger, R. Morcam, K.-M. Engel, A. Miller, A. Gerspach, R. Ostlund, L. Sarda, P. Desnuelle, D. Dressler, H. Potter. та ін.

Під час ферментативного гідролізу γ -оризанолу вивільнюються стерилферулати, ферулова кислота і відповідні стерини (рис. 1.6).

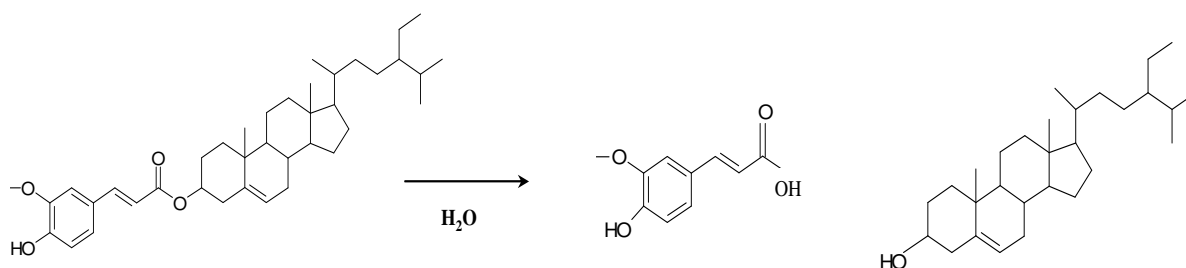


Рис. 1.6. Процес ферментативного гідролізу γ -оризанолу

Для більш глибокого розуміння цього процесу за участю різних ферментних препаратів необхідно навести їх характеристику.

1.2.1. Карбоксилетергідролази. Карбоксилетергідролази належать до ферментативного класу ЕС 3.1. «Ферменти, що гідролізують етерзв'язки», до яких належать естерази (ЕС № 3.1.1.1) та ліпази (ЕС № 3.1.1.3).

Естерази та ліпази каталізують розщеплення тригліцеридів до жирних кислот і значаться як «ліполітично активні ферменти». Естерази та ліпази мають таку саму третинну структуру, яка складається з α/β -складок гідролази (рис. 1.7). Завдяки такій схожій структурі естерази та ліпази здатні каталізувати однаковий тип реакції.

Така специфічна структура α/β -складки гідролази складається з восьми β -складних пластин, кожна друга пластина розташовується антипаралельно. Навколо β -складних пластин розташовуються α -завитки, вони переплетені один з одним таким чином, що ззовні розташовані колони складають одна з одною кут 90° .

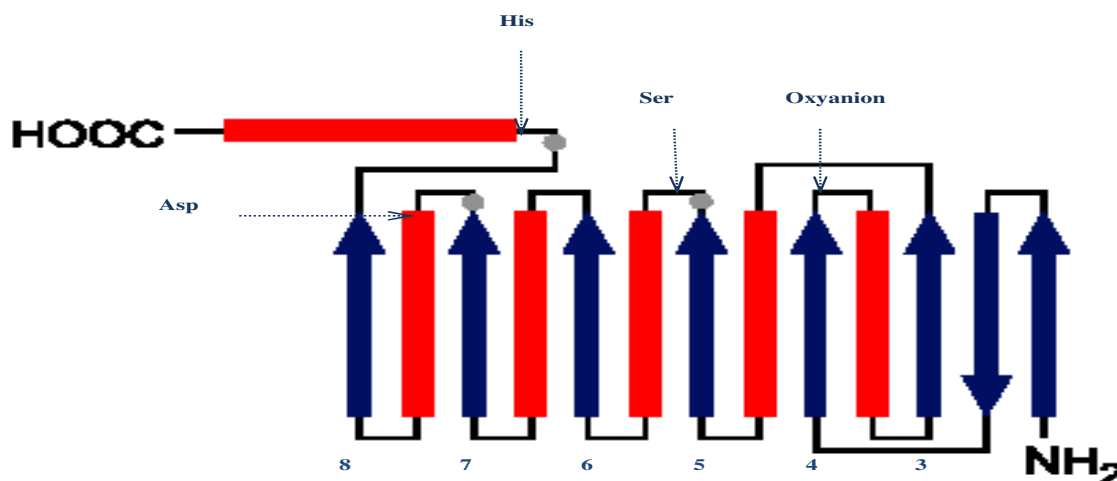


Рис. 1.7. Схематичне зображення α/β -складок гідролази: червоні прямокутники зображують α -завиток, сині стрілки зображують β -складні пластини; топологічні позиції каталітичних амінокислот позначені сірими точками: гістидин (His), серин (Ser), аспартат (Asp).

Гідролітичні ферменти структурного типу згортання α/β -гідролази містять три каталітично незамінні амінокислоти. Вони відомі як каталітична тріада і з'являються в такому порядку та послідовності: нуклеофільна амінокислота (серин, цистеїн), кисла амінокислота (аспартат або глутамат) і каталітично активний гістидин. Ліпази є сери новими гідролазами, тобто каталітична тріада складається із серину, кислої амінокислоти і гістидину. Нуклеофільний серин вбудований у висококонсервативний пентапептид Gly-X-Ser-X-Gly, який знаходиться між ланцюгом $\beta 5$ і подальшою спіраллю αC , і утворює «нуклеофільний вигин» на γ -подібній кривій [65]. Каталітичний механізм відбувається відповідно до таких етапів (рис. 1.8).

Серин активується шляхом перенесення водню з гідроксильної групи серину на бічний ланцюг гістидину (A). Після цього відбувається нуклеофільна атака кисню бічного ланцюга серину по карбонільному атому вуглецю субстрату (a).

Це створює першу тетраедричну проміжну сполуку – оксіаніон (B).

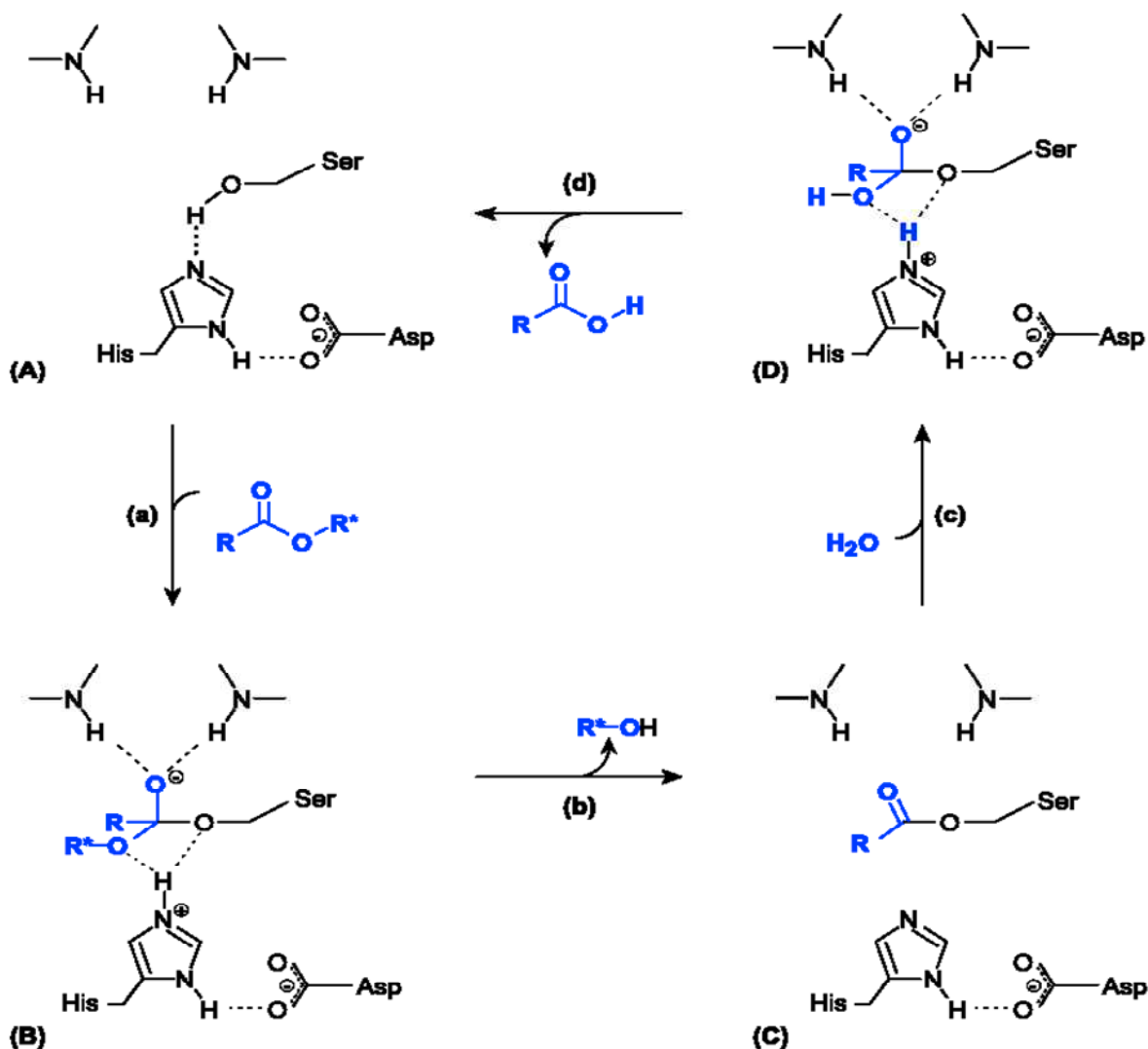


Рис. 1.8. Гідроліз складного ефіру, який каталізує ліпаза, з каталітичною тріадою амінокислот серину (Ser), аспартату (Asp) та гістидину (His) [63].

Молекула фіксується в порожнині оксіаніона принаймні двома амідними групами на основі білка. Каталітичний гістидин передає протон на гідроксильну функцію, яка відщеплюється від субстрату (b). Кислотна функція етерифікується в останньому ацильному ферменті через атом кисню бічного ланцюга активного серину. Другий оксіаніон утворюється в результаті атаки активованої молекули води карбонільного атома вуглецю ацильного ферменту (c). Цей тетраедричний проміжний продукт (D) стабілізується аналогічно (B), (d). Каталітичний гістидин переносить протон

до кисню бічного ланцюга серину, і складноєфірний зв'язок між серином і залишком кислоти розривається [64].

Відмінності в біохімічній поведінці естераз і ліпаз можуть бути з'ясовані за концентрацією субстрату і спектра субстрату. Під час гідролізу триацетину було виявлено, що естерази (естераза печінки коня) виявляють високу активність навіть за низьких концентрацій субстрату, а ферментативна активність ліпаз (ліпаза підшлункової залози свині) різко зростає тільки вище критичної міцелярної концентрації субстрату (рис. 1.9) [96]. Це явище, характерне для ліпаз, називається активацією інтерфейсу.

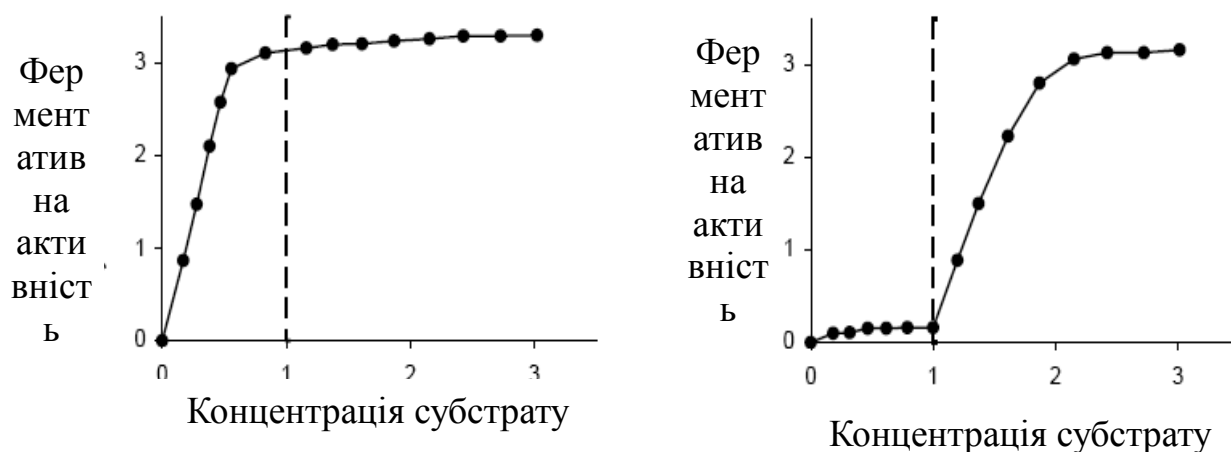


Рис. 1.9. Порівняння кінетики Michaelis–Menten естераз і ліпаз [40] (пунктирні лінії на діаграмах позначають критичну міцелярну концентрацію субстрату)

Активація інтерфейсу заснована на сегменті амфифільного пептиду, кришці, яка в неактивній формі покриває каталітичний центр ліпаз. У разі інтерфейсного контакту відкривається доступ до активного центру. Розрізняють відкриту (активну) і закриту (неактивну) форми ліпази.

Тривалий час активація межі поділу і структура кришки використовувалися як критерії для розрізнення естераз і ліпаз. Однак потік біохімічних даних і тривимірних структур, що з'явилися в 1990-х роках, також продукував ліпази, які не виявляли жодної активації інтерфейсу або не мали кришки. Сьогодні найбільш безпечною ознакою класифікації цих

ліполітичних ферментів є переваги складних ефірів гліцерину з коротким ланцюгом для естераз і складних ефірів гліцерину з довгим ланцюгом для ліпаз.

Із підшлункової залози великої рогатої худоби отримують порошок. Метод заснований на швидкому видаленні води, щоб уникнути денатурації білка. Тонкоподрібнена тканина підшлункової залози екстрагується з розчину фосфатного буфера ацетоном при -15°C . Потім суміш вода–ацетон видаляють в атмосфері азоту або вакуумною фільтрацією. Сирий препарат являє собою суміш різних травних ферментів, до складу якої входять, зокрема, гідролази, ліпаза підшлункової залози, холестеринестераза підшлункової залози, трипсин, хімотрипсин і амінопептидаза [65].

Активність порошку бичачої підшлункової залози подано відносно холестеринестерази (№ ЄС 3.1.1.13). Холестеринестераза підшлункової залози (також відома як ліпаза), активована солями жовчних кислот, має ліпазну й естеразну активність. Вона каталізує переестерифікацію вільних жирних кислот холестерином і гідроліз холестеринових ефірів, триацилгліцеринів і фосфоліпідів [65].

Глобулярний білок із молекулярною масою 69 кДа утворений послідовно з 547 амінокислот і належить до ряду білків, згорнутих до α/β -гідролаз. Каталітична тріада з нуклеофільними Ser 194, Asp 320 і His 435 знаходиться приблизно в центрі молекули. Зв'язана кишеня являє собою глибоку тунельну гідрофобну область, яка пояснює здатність зв'язувати більші гідрофобні субстрати. Оксіаніон стабілізується амідними групами основного ланцюга білка Glu 107 і Ala 108. Холестеринестераза великої рогатої худоби є апоферментом.

Крім активного центру фермент має два сайти зв'язування кофактора таурохолат (рис. 1.10). Активний центр і місця зв'язування кофактора покриті двома короткими гнучкими петлями. Активація інтерфейсу відкриває петлю для зв'язування кофактора. Це також стабілізує другу петлю, що

закриває активний центр, у відкритому вигляді. Запущені конформаційні зміни забезпечують доступ субстрату до активного сайту [65].

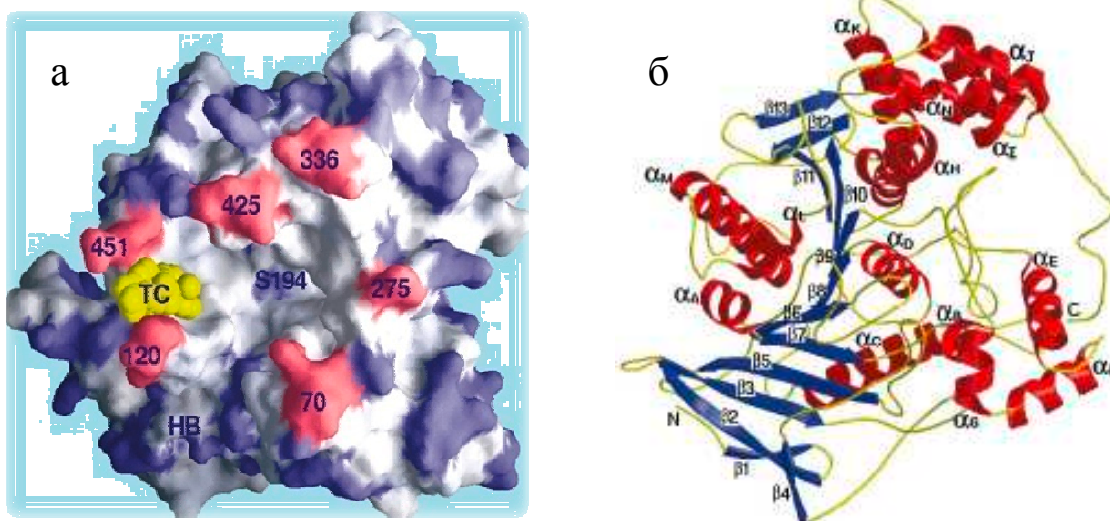


Рис. 1.10: а – зображення поверхні ліпази, активованої солями жовчних кислот, із підшлункової залози великої рогатої худоби: молекула таурохолат (ТС): заряджені й полярні амінокислотні залишки (фіолетовий), гідрофобні амінокислотні залишки (білий). Нуклеофільний серин (S194) [66]. б – тривимірна структура ліпази, активованої солями жовчних кислот, із підшлункової залози великої рогатої худоби (α -спіралі червоні, β -листи сині) [66]

Ліпази (№ ЄС 3.1.1.3) відіграють важливу роль у метаболізмі жирів і зустрічаються в рослин, тварин і мікроорганізмів. Найчастіше використовуються комерційно доступні ліпази, отримані з грибів. Із мезофільного гриба *Candida antarctica* можна отримати два типи ліпаз: ліпаза *Candida antarctica* типу А (CAL-A) і типу В (CAL-B).

CAL-A – це термостабільний фермент, який може приймати дуже великі молекули субстрату. Він використовувався, наприклад, в енантіоселективних реакціях вторинних спиртів і синтезах складних ефірів (наприклад, стеролу карбонової кислоти, складних ефірів станолу).

CAL-A складається з послідовно розташованої 441 амінокислоти і має молекулярну масу 45 кДа. Її тривимірна структура відповідає укладанню α/β -гідролази. Активний центр утворено Ser 184, Asp 334 і His 366 (рис. 1.11).

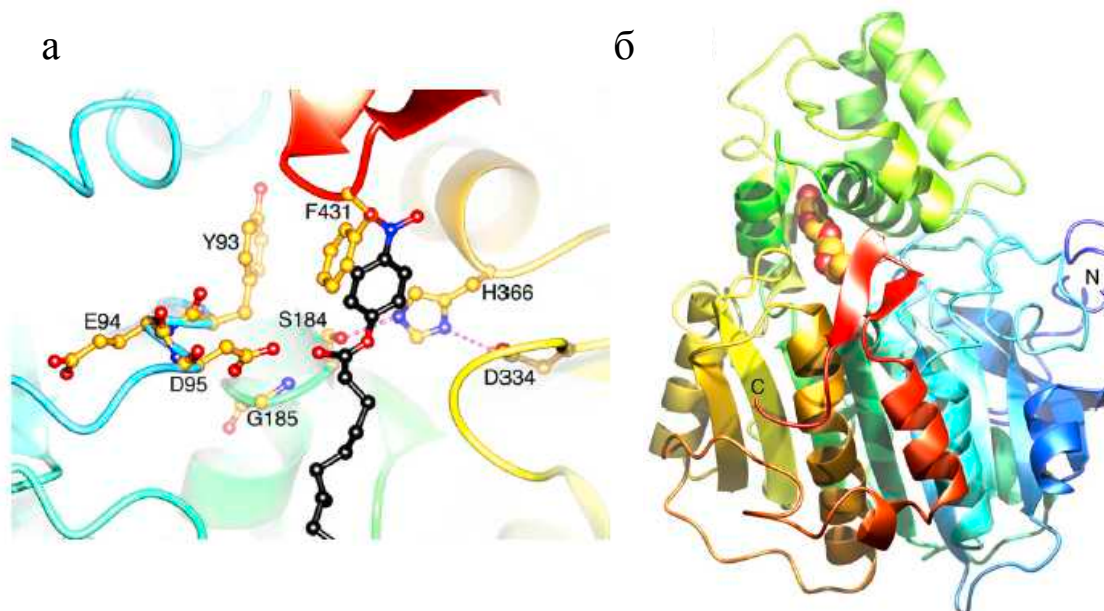


Рис. 1.11: а – зображення зв’язування п-нітрофенілового ефіру (чорний ланцюг) з активною стороною ліпази *Candida antarctica* типу А [67].

б – тривимірна структура ліпази *C. antarctica* типу А [67]

Сайт зв’язування оксіаніона стабілізується Gly 185 і Asp 95. Зв’язуючу кишеню ліпази А можна представити як тунель, що складається з полярних і неполярних послідовностей. Активний центр закритий «кришкою» і може бути відкритий поверхневою активацією [67; 68]. CAL-A – кальційзалежна ліпаза. Активація Ca^{2+} не завжди буває успішною [67; 69]. Ліпаза *Candida antarctica* типу А проявляє максимальну активність при 70°C і значенні рН 6,5.

CAL-B – рекомбінантний білок, отриманий із гриба *Aspergillus oryzae* [70]. Він використовується для складноєфірного синтезу фенольних кислот із довголанцюговими спиртами та жирними кислотами [71; 72] і для енантіоселективної етерифікації вторинних спиртів [73]. CAL-B із молекулярною масою 30–35 кДа належить до α/β -гідролазно-згорнутих білків і складається з послідовно розташованих 317 амінокислот. Каталітичну

тріаду утворено амінокислотами Ser 105, Asp 187 і His 224 (рис. 1.12). Зв'язуюча кишеня відносно вузька і плоска, розташована в заглибленні вздовж поверхні ліпази. Оксіаніон стабілізований амідними групами Thr 40 і Gln 106 [74].

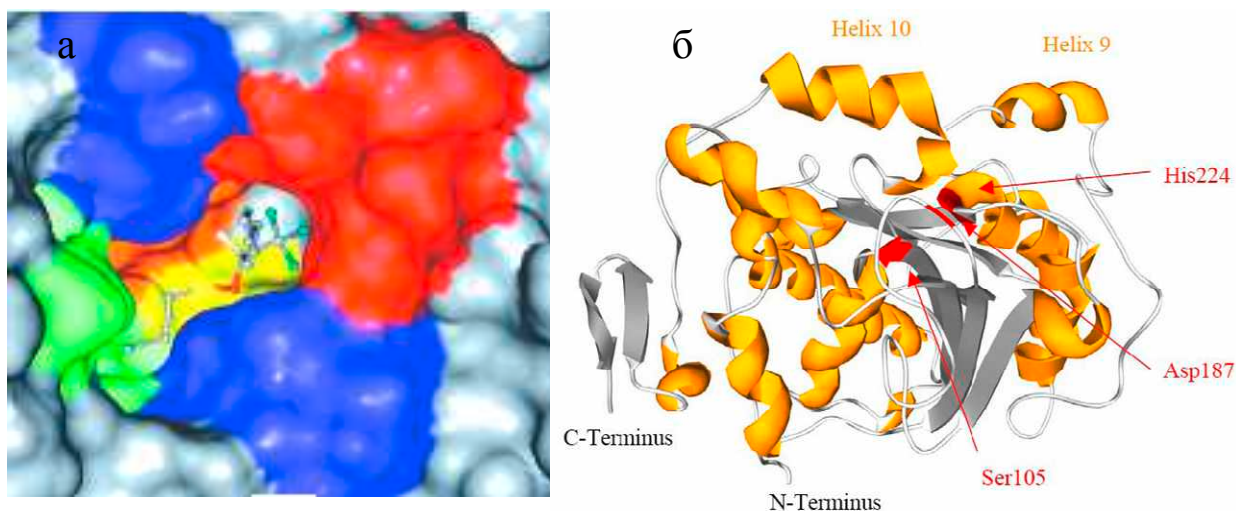


Рис. 1.12: а – зображення сайту зв'язування CAL-B: каталітичний серин і гістидин (жовтий), оксіаніонова порожнина (помаранчева) [63].

б – тривимірна структура ліпази *C. antarctica* типу В [70]

Відповідно до класифікації CAL-B є ліпазою, оскільки може гідролізувати тригліцериди довгих карбонових кислот. Однак ліпаза В набагато швидше каталізує гідроліз коротколанцюгових тригліцеридів, що характерно для естераз. Ліпаза *C. antarctica* типу В має структуру кришки, але не активує інтерфейсу. CAL-B є проміжною ланкою між ліпазою й естеразою. Вона показує максимальну активність у діапазоні рН 5,0–7,0 і приблизно при 60°C [70]. У роботі використовували іммобілізований препарат ліпази В. В результаті іммобілізації умови і специфічність субстрату можуть змінюватися.

Ліпазу *Candida rugosa* використовували для органічного синтезу, зокрема складних ефірів жирних кислот, або для енантіоселективної етерифікації вторинних спиртів [75]. Ліпаза *C. rugosa* з молекулярною масою 60–65 кДа складається з послідовно розташованих 534 амінокислот. Вигляд

складання відповідає укладанню α/β -гідролази. Каталітичну тріаду утворено бічними ланцюгами амінокислот Ser 209, Glu 41 і His 449 (рис. 1.13). Зв'язуюча кишеня являє собою гідрофобний тунель, який простягається глибоко всередину ліпази. Це досить глибоко, щоб вмістити жирну кислоту довжиною до 18 атомів вуглецю. Ліпаза *C. rugosa* має структуру кришки, описану перед активним центром. Оксиданіонову печеру утворено амідними групами амінокислот Gly 124 і Ala 210. Ліпаза *C. rugosa* проявляє найвищу активність при нейтральному рН і температурі 37–40°C [76; 77].

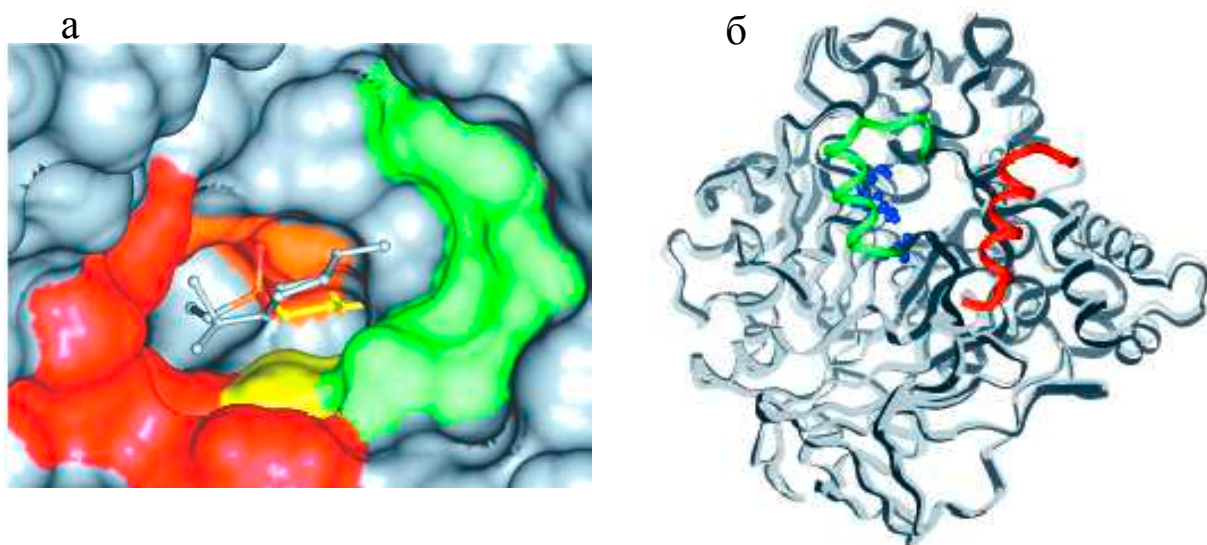


Рис. 1.13: а – зображення поверхні сайту зв'язування ліпази *C. rugosa*. Каталітичний гістидин і серин (жовтий); оксиданіонна печера (помаранчева) [63]. б – тривимірна структура двох накладених одна на одну кристалічних структур: *C. rugosa* у відкритій (червона кришка) і в закритій (жовта кришка) конформації (α – спіралі темно-зелені, β – листи сині)

1.2.2. Глікозидази. Глікозидази – кофакторзалежні ферменти, що каталізують гідроліз глікозидних зв'язків.

Ендо-1,4- β -ксиланаза (ЕС 3.2.1.8) належить до глікозидаз. Фермент може бути отриманий із грибів, бактерій, дріжджів або морських водоростей. Гриби переважно використовуються в комерційних цілях [78]. Ендо- β -1,4-ксиланаза використовується, зокрема для вивільнення цукрів і отримання ферулової кислоти зі стінок рослинних клітин, для виробництва

ферулоїлолігосахаридів і для отримання складних ефірів фітостеридових жирних кислот [79; 80].

Гідроліз ксиланазами заснований на загальному кислотно-основному каталізі з водою як нуклеофілом. Гідроліз має дві стадії, які проходять через проміжну стадію глікозил-ферменту (рис. 1.14). Спочатку протонується містковий атом кисню глікозидного зв'язку (1). Карбоксилат, протилежний каталітичній діаді, атакує нуклеофільність.

Після того як вихідна група була відщеплена, наявний проміжний глікозил-фермент. На наступному етапі атакуюча нуклеофільна вода (2) відновлює кислотно-основні властивості каталітичної діади [65]. Розрізняють два ряди через неоднакові тривимірні структури і молекулярні маси. Ксиланази ряду 10 являють собою білки з більшою молекулярною масою (>30 кДа) і мають 8-кратну структуру згортання (α/β). Ендо-1,4- β -ксиланаза з молекулярною масою 24,7 кДа належить до 11 сімейства-ксиланаз, білки яких мають меншу молекулярну масу (<30 кДа) [81].

11 сімейство-ксиланаз має відкриту «праву» структуру (рис. 1.15). На додачу до 14 ділянок β -листів, які проходять антипаралельно один до одного в трьох областях (I–III), утворюється тільки одна α -спіраль.

Два консервативні бічні ланцюги глутамату утворюють каталітичну діаду. Активний центр ферменту покритий двома гнучкими петлями «область великого пальця» і «нитка» [82].

Pentopan BG500 – комерційно доступний ферментний препарат ендо-1,4- β -ксиланази з *Thermomyces lanuginosus* (раніше – *Humicola lanuginosa*) [83]. Каталітична діада ендо-1,4- β -ксиланази з *Thermomyces lanuginosus* складається з протонованого Glu 178 і непротонованого Glu 86 (рис. 1.16).

Дисульфідні містки між амінокислотами області III β -листа і α -спіралі, а також області великого пальця стабілізують фермент і пояснюють його термостабільність. Фермент стабільний при 60°C і активний при рН 6,0–6,5 [84; 85].

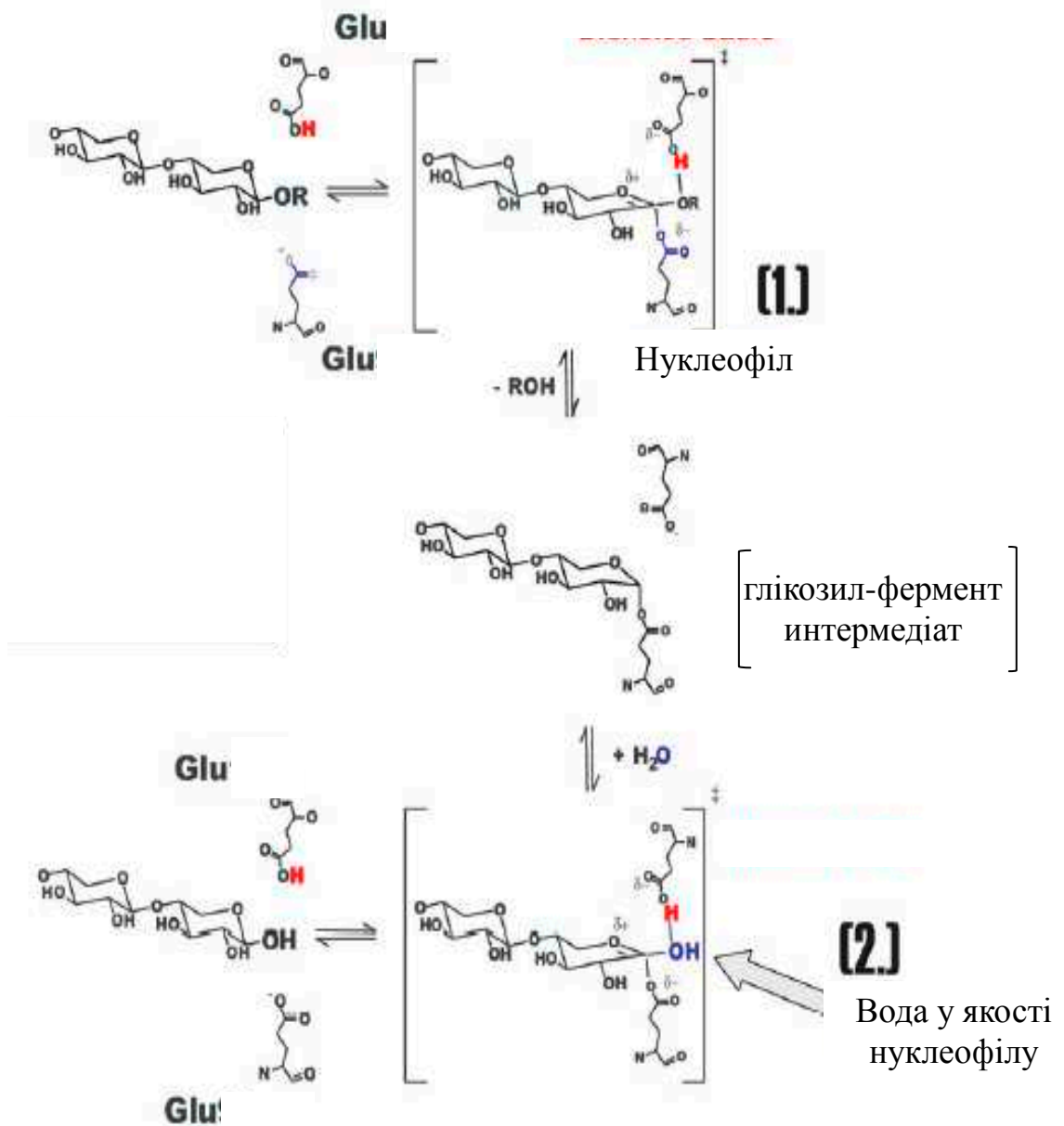


Рис. 1.14. Схематичне зображення механізму гідролізу глікозидазами

[81]

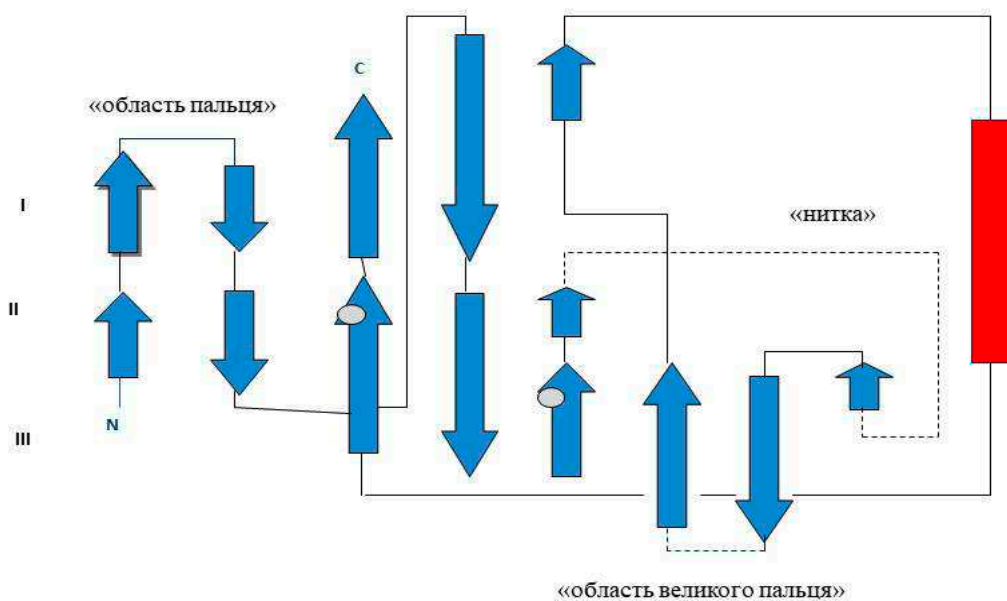


Рис. 1.15. Схематичне зображення структури ксиланаз 11 сімейства; α -спіралі (червоні), β -листи (сині), каталітичні амінокислоти (сірі круги) [82]



Рис. 1.16. Тривимірна структура ксиланазі з *Thermomyces lanuginosus* [81]

Разом із ксиланазною активністю препарат ксиланазі Pentoran 500 BG має амілазну і пектиназну активність, а також активність ферулоїл- і кофейлестерази [86]. Завдяки своїй ферулоїлестеразній активності Pentoran 500 BG був використаний для переестерифікації вторинних спиртів,

етерифікації ферулової кислоти глікозидами і виробництва ферулової кислоти із пшеничних висівок для виробництва ваніліну [83; 86; 87].

1.3. Використання арахісу у продуктах спеціального призначення

У світовому промисловому виробництві культивуються чотири основні сортотипи арахісу (Спеніш, Валенсія, Вірджинія та Раннер), які мають різні типи та підвиди [88; 89].

Із початку 1960-х років і до сьогодні вирощуванням арахісу у фермерських господарствах України майже ніхто не займається, а потреба населення в такій цінній сировині задовольняється лише за рахунок імпорту з Китаю, Індії та Узбекистану. У зв'язку із цим розвиток вітчизняного виробництва арахісу набуває особливої актуальності.

На хімічний склад арахісу впливають сорт, ступінь зрілості, місце та умови вирощування, сезон, обробка й умови зберігання, зараженість хворобами тощо [90]. Вивченням хімічного складу бобів арахісу займалося багато вчених. Установлено, що масова частка вологи в ядрі становить 6,0–7,5%, білків 15,4–30,2%, ліпідів 48,0–50,8%, дисахаридів 4,7–5,1%, крохмалю 4,1–4,7%, клітковини 1,3–2,3%, пектинової кислоти 2,9–3,5%, пентозанів 1,7–2,1%, золи 2,0–2,2%. Амінокислотний склад білка містить 8 незамінних і 10 замінних амінокислот, що наближає його до тваринного. В ядрах містяться деякі мінерали, вітаміни В₁ та Е [89–100].

Останнім часом спостерігається збільшення селекціонування високоолеїнового арахісу, у складі жиру якого вміст олеїнової та лінолевої кислот становить близько 80% і 20% відповідно порівняно зі звичайним (52% і 27%) [101]. Високоолеїновий арахіс має широкій спектр поживних речовин та покращені сенсорні й технологічні властивості (особливо подовжений термін придатності). Це пов'язано з О/Л-індексом, який приблизно в 10 разів вищий, ніж у звичайних сортів. Із точки зору біологічної цінності високоолеїновий арахіс може бути навіть менш

алергенним, ніж звичайний. Відомо, що регулярне вживання високоолеїнового арахісу може поліпшити ліпідний профіль і маркери контролю глікемії та допомогти в боротьбі з ожирінням [102; 103].

Ученими досліджено амінокислотний склад арахісу та виявлено, що його білок має найбільший вміст проліну (6,412 г/100 г білка), аспарагінової кислоти (3,459 г/100 г білка), аргініну (2,795 г/100 г білка). Кількість глютамінової кислоти, гліцину, аланіну, валіну, ізолейцину, лейцину, фенілаланіну коливалась у межах 1,792–1,001 г/100 г білка, а кількість треоніну, цистину, тирозину, гістидину, лізину, триптофану була незначною. Серину не виявлено [104].

Вітамінний склад арахісу характеризується наявністю в ньому вітаміну Е та вітамінів групи В, кількісний вміст яких в середньому такий: Е – 6,93 мг/100 г, В₁ – 0,438 мг/100 г, В₂ – 0,098 мг/100 г, В₃ – 13,5 мг/100 г, В₅ – 1,4 мг/100 г, В₆ – 0,256 мг/100 г та В₉ – 145 мкг/100 г [105; 106].

Одним із функціональних компонентів арахісу, який має потужні антиоксидантні, антиканцерогенні, гепатопротекторні й протизапальні властивості, сприяє зниженню ризику онкологічних, серцево-судинних захворювань і хвороби Альцгеймера та уповільнює процеси старіння, є ресвератрол. Це природна біологічно активна речовина групи поліфенолів, яка спочатку була виділена з винограду темних сортів і виноградних кісточок. Установлено, що ресвератрол міститься в арахісі (у всіх його частинах, особливо в оболонці), какао-бобах, деяких ягодах і в корі сосни [107; 108].

Також установлено, що фітоалексин міститься в більшій кількості в незрілому арахісі [108–110].

В арахісі містяться фітостероли – група вторинних одноатомних циклічних спиртів рослинного походження. Середній рівень споживання рослинних стеринів у європейських країнах становить 150–450 мг на добу. В Україні такої норми не встановлено [111–113].

Світовими дослідженнями доведено, що надходження фітостеринів у організм у кількості від 1 г до 3 г у складі продуктів сприяє зниженню рівня загального холестерину на 10–20%, холестерину ліпопротеїнів низької щільності – на 14–16%, а в поєднанні з низькожировою й низькохолестериною дієтою – на 24% [114–116].

Одним із основних джерел фітостеролів є олія, зокрема соняшникова, соєва, кукурудзяна, ріпакова, оливкова [117; 118], а також горіхи, які містять їх у кількості 30–220 мг/100 г [119].

У дослідженнях арахісу з Болівії, Аргентини та Уругваю визначено його стероловий склад, у якому превалює β -ситостерин (55,4–63,7%). У меншій кількості містяться в ньому кампестерол (13,9–18,3%), Δ 5-авенастерол (8,6–13,8%), стигмастерол (8,2–13,0%), Δ 7-стигмастерол (0,7–1,6%), Δ 7-авенастерол (0,6–1,0%).

Загальний вміст стеринів у арахісі сортотипів Іспанський, Раннер, Вірджинія, Тамспан-90 та OLIN (США) становив 127,5–138,5 мг/100 г [120].

Таким чином, хімічний склад арахісу був добре вивчений зарубіжними дослідниками. Проте інформації стосовно сортів, придатних для вирощування в Україні, виявлено не було. Аналіз загального хімічного складу арахісу засвідчує, що він багатий на біологічно активні речовини, що дає підставу рекомендувати його для використання під час виробництва продуктів спеціального призначення. Але він має здатність до накопичення токсикантів, і цей факт необхідно враховувати під час його переробки. Це потребує детального розгляду особливостей накопичення контамінантів у арахісі в сортовому розрізі.

До природних токсикантів у складі арахісу можна віднести щавлеву кислоту та її солі (оксалати), алергени й антипоживні речовини.

Щавлева кислота ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) – двохосновна насичена карбонова кислота, що здебільшого міститься в продуктах рослинного походження. Вона впливає на формування смаку продукту, відповідає за біологічну стабільність клітинних мембран, але здатна спричиняти токсичну й антипоживну дію на

організм людини. Щавлева кислота всмоктується через стінки тонкого кишечника та проникає в кров. Її надлишок призводить до утворення нерозчинних солей (оксалати) кальцію й магнію, що формують камені в нирках. Оксалати кальцію можуть осідати в сітчатці ока, кістковому мозку, суглобах, спричиняючи захворювання на оксалоз [121–123]. Смертельна доза для дорослої людини становить від 5 г до 30 г [123].

За даними [124–127], арахіс належить до продуктів із високим вмістом щавлевої кислоти, який варіюється в межах від 131 мг/100 г до 160 мг/100 г та навіть досягає 250 мг/100 г, що може призвести до нефропатії.

Відомо, що на зменшення вмісту щавлевої кислоти в рослинній сировині впливає попередня волого-теплова обробка, а саме замочування, варіння, бланшування. Установлено, що після бланшування загальна кількість оксалатів зменшується на 9–19%, під час варіння – до 50%, також їх вміст значно менший у консервованій продукції [128–130]. Це відбувається внаслідок того, що щавлева кислота має високу розчинність у воді й дифундує в розчин.

Автори [126] дослідили вплив обсмаження на зміну вмісту щавлевої кислоти в арахісі. Доведено, що цей вид обробки незначно зменшує її вміст (до 7%). Це пояснюється частковим видаленням оболонки, яка містить незначну кількість цього токсиканту.

Арахіс є одним із найпоширеніших харчових алергенів. Він входить до переліку продуктів, перерахованих у Додатку III законодавства Європейської комісії, як алергенний інгредієнт, наявність якого обов'язково повинна зазначитися на етикетці [131–133].

На сьогодні ідентифіковано 13 алергенів арахісу (Ara h 1–Ara h 13), які зафіксовано в номенклатурі алергенів підкомітету Міжнародного союзу імунологічних товариств (International Union of Immunological Societies). Ці алергени походять із семи родин білків. Установлено, що основними алергенами арахісу, які несуть найбільшу загрозу, є Ara h 1, Ara h 2 і Ara h 3 [134–142].

Учені плідно працюють над способами зниження алергенності арахісу. Установлено, що за допомогою теплової обробки (варіння, смаження) можна зменшити його алергенний вплив. Але в працях [143; 144] виявлено посилення алергенних властивостей горіха під час високотемпературної термічної обробки внаслідок перебігу реакції Майєра. Дослідження *in vivo* на мишах довели, що арахіс сухого обсмаження більш алергенний, ніж сирий (сухе обсмаження викликає хімічну модифікацію білків арахісу, які активізують імунну систему). Проте Vissers зі співавторами виявили, що після нагрівання протягом 20 хв за 145°C алерген Ara h 2/6 дегранулює.

Автоклавування арахісу за 2,56 атм. протягом 30 хв також значно зменшує його алергенність [145]. Але для цього методу витрачається велика кількість енергії та потрібне дороге обладнання.

Імпульсне ультрафіолетове світло є ще одним ефективним засобом для зменшення алергенності арахісу. Опромінення УФ-променями приводить до зниження рівня Ara h 1, Ara h 2 та Ara h 3 на 6,7–12,9% [146]. Також встановлено, що ступінь скорочення алергічного потенціалу (тобто зв'язування імуноглобуліну E (IgE) алергенів) ядра арахісу, обробленого імпульсним світлом, склав 80% порівняно з необробленим [147]. Але, як і всі інші технології опромінення, цей метод не сприймається як абсолютно безпечний.

Крім того, можна зменшити алергенність арахісу за допомогою магнітних гранул, що створюють алерген-Fe³⁺-комплекси, та їх відокремлення на магнітному пристрої [148].

Селекційні методи сприяють виведенню нових малоалергенних сортів арахісу [149], але, ураховуючи велику кількість алергенів, прогрес цього методу дуже повільний.

Мутаційна селекція (опромінення важкими іонами – (НІВІ) є потужним засобом отримання гіпоалергенного арахісу. Ця технологія приводить до інактивації одного або декількох генів у рослині, утворюючи стійкі мутанти, та має низку переваг: низький рівень радіаційного опромінювання, висока

швидкість мутації, відсутність клітинних пошкоджень [150; 151]. Однак використання НІВІ в харчовому виробництві є досить небезпечним.

Великих успіхів у видаленні алергенів з арахісу було досягнуто за допомогою генної інженерії [152; 153], хоча ця технологія має свої недоліки. До них належать, по-перше, неоднозначне ставлення до генної інженерії в людства; по-друге, видалення всіх алергенів може змінити смак арахісу, оскільки вони становлять 20–30% загального білка.

Використання ферментів (пероксидази, трансглютамінази) для зшивання алергенів білків знищує їх епітопи (частини макромолекули, що розпізнаються імунною системою). Авторами [154; 155] запропоновано також використання алкалази, що дає неоднозначний результат.

Установлено, що ультразвукова обробка з подальшою ферментацією значно збільшує розчинність білка арахісу і знижує в ньому концентрацію алергенів Ara h 1 і Ara h 2 [156].

Ученими із США запропоновано метод десенсибілізації арахісу, що зменшує його алергенність у разі прямого застосування ферментативного розчину під час обсмаження чи бланшування [157].

У працях [158; 159] доведено, що ферментація арахісу може знижувати його алергенність майже на 70%. Цей напрям досліджень усе ще знаходиться на ранній стадії розвитку, хоча вже успішно зарекомендував себе під час зменшення алергенності соєвого шроту та сироваткових білків великої рогатої худоби.

Рафінування арахісової олії дозволяє позбутися алергенних білків [160], роблячи її безпечною для споживання.

Олійні рослини родини бобових, до яких належить арахіс, характеризуються високим вмістом інгібіторів трипсину й хімотрипсину. Загалом інгібітори ферментів становлять близько 6% вмісту білків. Арахіс містить як високомолекулярні (інгібітор Кунітца з масою 21,5 кДа), так і низькомолекулярні інгібітори (інгібітори Баумана-Бірк, С-П, Д-П, Е-1 з молекулярною масою 12–14 кДа). Із трипсином і хімотрипсином інгібітори

Баумана-Бірк і Д-П утворюють потрійний комплекс: хімотрипсин–інгібітор–трипсин. Інгібітор Кунітца утворює з трипсином подвійний комплекс: інгібітор–трипсин. У складі таких комплексів протеолітичні ферменти повністю позбавлені каталітичної активності, тому засвоєння білків арахісу організмом різко знижується. Інактивацію зазвичай проводять шляхом теплової денатурації білків-інгібіторів.

У дослідженні [161] описано проведення різних видів обробки ядер арахісу (варіння, мікрохвильове випромінювання, автоклавування й обсмажування) та порівняно їх ефективність. Установлено, що всі види теплової обробки дозволяють зменшити вміст фітинової кислоти на 3,8–24,7%, танінів на 6,7–68,5%, лектинів на 75–100% і покращити перетравність білка на 21,4–100%. Автоклавування, варіння, обсмаження із засолуванням і обсмаження у фритюрі виявилися найбільш ефективними методами.

Ядра арахісу містять активні ліпоксигеназу, пероксидазу, поліфенолоксидазу, уреазу [162]. Наявність активної ліпоксигенази небажана насамперед тому, що вона викликає окиснювальне псування продуктів, призводить до втрати каротиноїдів у складі олії й окиснення лінолевої кислоти.

Ученими світу активно проводяться дослідження щодо накопичення важких металів арахісом [163]. Результати досліджень арахісу із Судану, Китаю, Ірану, Болгарії та Іраку довели, що найвищий вміст солей Кадмію в арахісі з Ірану (0,07 мг/кг), а найнижчий (0,025 мг/кг) – в арахісі з Іраку. Найнижчий вміст солей Свинцю зареєстровано в зразках арахісу з Ірану (0,48 мг/кг). В арахісі із Судану виявлено 0,98 мг/кг солей Свинцю, китайський арахіс містив 1,0 мг/кг цього елемента, іракський – 1,19 мг/кг [164–166].

Найкращим способом зниження рівня важких металів у рослинній сировині є гідротермічна обробка (варіння, бланшування, припускання). У результаті такої обробки втрати цих мінеральних речовин можуть досягати 60% [167–169].

Вивчення здатності рослини до накопичення важких металів з огляду на сорт є важливим завданням для виявлення сортів, які меншою мірою акумулюють важкі метали. На жаль, в Україні ця проблема досі не досліджувалась.

Важливим є також визначення вмісту радіоактивних речовин в рослинній сировині. Так, у Туреччині вчені проводили вимірювання концентрації природної радіоактивності в зразках арахісу з використанням гамма-спектрометрії. У складі дослідних зразків ідентифіковано такі радіоактивні ізотопи: ^{40}K , ^{226}Ra і ^{232}Th [170]. Зменшити вміст радіоактивних ізотопів найкраще за допомогою варіння. При цьому значна частина радіонуклідів (10–60%) залишається у відварі [171].

Досліджень щодо вмісту радіоактивних ізотопів у вітчизняному арахісі не знайдено, тому необхідним є вивчення цього питання для визначення доцільності подальшого використання арахісу в продуктах харчування спеціального призначення.

Одним із видів забруднювачів харчових продуктів є грибкові метаболіти. Серед мікотоксинів, що є небезпечними для здоров'я людини і тварин, найбільш поширені афлатоксини, що мають канцерогенні властивостями. Це токсичні вторинні метаболіти, що продукуються здебільшого *Aspergillus flavus* A. Parasiticus [172]. Їх токсичність зумовлена взаємодією з нуклеофільними ділянками ДНК, РНК і білків, що призводить до порушення проникності мембран субклітинних структур і придушення синтезу ДНК і РНК. Найтоксичнішим є афлатоксин В₁, який у кількості 1,7 мг/кг за короткий період часу може призвести до незворотних пошкоджень печінки й розвитку раку, а за 75 мг/кг – до летального результату [173].

Афлатоксинами забруднюються здебільшого зерно, кукурудза, соя, пшениця, рис і горіхи, такі як арахіс, мигдаль, бразильські горіхи, фундук, волоський горіх, кеш'ю, пекан і фісташки [174]. Саме арахіс є хорошим субстратом для росту *Aspergillus* і продукування афлатоксинів [175]. Чинниками, що спричиняють високий рівень забруднення, є недосконалі

сільськогосподарські засоби садіння, збирання, сушіння, транспортування та зберігання продукту [176].

Кодекс Аліментаріус (ФАО/ВООЗ) регламентує допустиму межу загального афлатоксину в арахісі – 5 мкг/кг [177]. Огляд наукової літератури засвідчив, що арахіс і продукти з нього мають високий ступінь зараження афлатоксинами у всьому світі [178–180].

Найкращими способами запобігання розвитку плісняви на всіх стадіях заготівлі рослинної сировини є контроль вологості під час висушування та використання антигрибкових препаратів [181].

Ще одним контамінантом, що забруднює рослинну сировину, є нітрати – солі азотної кислоти, що знаходяться в ґрунті, воді та є хімічною складовою частиною рослин, продуктами обміну речовин в організмі людини й тварин [182–184]. У науковій літературі не знайдено даних про кількість нітратів у арахісі. У зв'язку з тим, що боби арахісу вирощуються в землі, є загроза накопичення в них токсичних речовин, що потрапляють разом із добривами.

Учені продовжують працювати над розробкою способів вилучення токсикантів із рослинної сировини, але варто враховувати специфічність цих методів для кожного виду продукту, зокрема арахісу. На сьогодні в науковій літературі не знайдено даних про вміст токсичних речовин у арахісі, який вирощується в Україні. Тому доцільним є дослідження цього питання для виявлення сортів, здатних до мінімальної їх акумуляції, та розробки способів зменшення їх кількості.

Завдяки своєму багатому хімічному складу ядра арахісу широко використовуються в різних галузях харчової промисловості для виробництва продуктів як звичайного, так і оздоровчого харчування.

У всьому світі близько 40% урожаю арахісу переробляються на арахісове масло (peanut butter), 20% використовуються для кондитерських виробів, 10% – для арахісової олії, 10% займає снекова продукція, решта – інші продукти на основі арахісу [185].

Арахісова паста (арахісове масло) являє собою дисперсію смаженого арахісу в арахісовій олії. У США та країнах Європи ці дві назви часто ототожнюють. Розрізняють два основних види пасти – у вигляді однорідної кремоподібної маси (creamy) і з додаванням шматочків арахісу (crunchy). Крім того, цей продукт може розрізнятися за калорійністю й відсотковим вмістом арахісу.

Для того щоб продукт називався арахісовим маслом, він повинен містити 90% арахісу, 10% підсолоджувачів (цукор, мед, сироп), смакових добавок, консервантів, емульгаторів та/або стабілізаторів (гідрогенізовані рослинні жири), що дозволяє уникати його розшарування і збільшувати термін придатності. Додавання гідрогенізованих транс-жирів істотно змінює якість – такі пасти вже не можна вважати корисним дієтичним продуктом.

Піонером у галузі використання арахісу в легкій та харчовій промисловості став видатний американський учений Джордж Вашингтон Карвер, який запропонував близько 300 продуктів із «земляного горіха» [186]. Зараз арахісова паста має велику популярність в англomовних країнах і їхніх колишніх колоніях: Канаді, США, Австралії, Великобританії, Південній Африці, Новій Гвінеї, Новій Зеландії, Багамах, Філіппінах, Нідерландах. Під час типового американського сніданку арахісову пасту вживають у чистому вигляді, як намазку на білий хліб або в сендвічах із джемом. Також вона має широке застосування в хлібобулочній промисловості, як напівфабрикат для виробництва крекерів і кондитерських продуктів зі смаком арахісу [187].

На сьогодні розроблено та запатентовано більше ста рецептур арахісового масла, зокрема відомий спосіб виготовлення масла (США), яке не викликає алергії завдяки істотному зменшенню або повному виключенню алергенних білків арахісу [157].

Китайські вчені також займаються розробкою рецептур цього продукту. Одна з них містить ядра арахісу, часник, гострий перець і сіль. Отримане арахісове масло багате на поживні речовини, має пікантний смак і тривалий термін зберігання [188].

Винайдено спосіб виробництва крем-пасти, яку отримують із арахісу з додаванням емульгаторів, харчових антиокиснювальних речовин і харчової солі [189].

У Китаї [190] було винайдене арахісове масло, що містить такі компоненти: арахіс (50–70%); кунжут (10–20%); горіхи: кеш'ю (10–20%), волоський (8–15%), кедровий (5–10%); мед (20–30%); яблука (6–8%); банани (6–8%); моркву (3–5%); броколі (4–9%); соєве масло (4–6%); сіль (0,5–1,2%); білий оцет (0,8–1,1%); часник (4–7%); імбир (0,2–0,4%). Це масло має високу поживну цінність, приємний смак і аромат, низьку собівартість.

В Україні арахісова паста представлена невеликим асортиментом, здебільшого зарубіжного виробництва, хоча вітчизняні вчені почали працювати над розробками в цьому напрямі. Так, ТОВ «Луко» розробило арахісове масло, що містить масу тертого смаженого арахісу, гідрогенізований рослинний або кондитерський жир, смакові добавки (цукрову пудру, та/або сіль, та/або какао-порошок), емульгатор рослинний [191]. ЗАТ «Мрія» запропонувало масло, до складу якого входить кремova маса арахісового масла, обсмажені гранули арахісу, твердий жир, сіль, цукор, какао-порошок і стабілізатор [192].

У кондитерському виробництві арахіс є сировиною для виготовлення цукерок, халви, начинки карамелі, морозива, східних солодоців, вафельних трубочок і тортів [193–199].

Широкою популярністю у світі користуються різноманітні кондитерські драже з арахісовим корпусом. Накаткою є різноманітні компоненти: цукрова пудра, мед, сухе молоко, какао-порошок, карамель тощо [200–203].

Винахід української приватної виробничо-торговельної фірми «Кріоліт-Дніпро» – кондитерське драже містить корпус – ядро смаженого арахісу та накатку з послідовних шарів цукрової пудри, молока сухого знежиреного, молока сухого жирного. Покриття корпусу забезпечує йому

харчову й смакову цінність, не характерну для відомих кондитерських драже [204].

Виробництво арахісової снекової продукції стрімко розвивається, обсяги її продажів щороку збільшуються. Її популярність обґрунтована зручністю споживання, готовністю продукту до негайного вживання в їжу, тривалим терміном зберігання. Асортимент цієї продукції різноманітний завдяки використанню не тільки кухонної солі, але й різноманітних спецій і смако-ароматичних добавок, що підкреслюють природний смак арахісу.

Арахіс випускають смаженим із додаванням олії чи смаженим у фритюрі в хрусткій оболонці. До складу оболонки можуть входити борошно (пшеничне, кукурудзяне, рисове), модифіковані крохмалі, сіль, цукор, барвники, спеції, ферментована соєва паста, антиокиснювачі, підсилювачі смаку й аромату [205; 206].

Арахісова олія широко застосовується в косметології, медицині та харчовій промисловості, що свідчить про її корисні властивості. Арахісову нерафіновану олію одержують екстракційним способом, холодним пресуванням м'якоті плодів арахісу або ферментованого арахісового борошна. Вона має колір від світло-жовтого до червоно-коричневого, насичений солодкуватий аромат, яскраво виражений горіховий смак і є досить популярним і традиційним інгредієнтом у стравах індійської, японської, китайської, корейської та тайської кухні [207–213]. Під час пресування вихід олії можна збільшити за рахунок обробки сировини ультрафіолетовими променями [214].

Арахісова рафінована олія, що має, на відміну від нерафінованої, світло-жовтий колір, менш виражений смак і аромат, користується найбільшим успіхом в американській і європейській кулінарії [215; 216]. Досить часто її використовують вегетаріанці через багатий хімічний склад і високу енергетичну цінність. Найкраще арахісову олію використовувати для заправки салатів, гарячих овочевих страв, м'ясних соусів, млинців із

фруктовою начинкою. Приготований на ній фритюр не димить і дозволяє у два рази зменшити об'єм олії.

Арахісову олію купажують із іншими оліями, додають молоко, концентрати лікарських трав (коріння червоної шавлії, дягеля, люфи тощо), збагачують вітамінами та мінералами, підвищуючи при цьому її біологічну цінність і окисну стабільність [217–223].

Популярність арахісової олії в Україні не така велика, як у США та країнах Європи, оскільки її властивості й застосування сьогодні ще маловідомі українцям.

Дані наукової літератури засвідчили, що арахіс також використовують як білковий збагачувач під час виробництва хлібобулочних виробів і печива.

Зокрема, В.О. Михайловим запропоновано застосування білкової арахісової маси в технології нових сортів хлібобулочних виробів підвищеної харчової та біологічної цінності. Ці вироби довше зберігають свіжість, що зумовлено наявністю рослинних ліпідів, які уповільнюють черствіння хлібобулочних виробів. Біологічна цінність хліба збільшується за рахунок внесення ПНЖК і біологічно цінних білків із арахісовим компонентом [224].

Китайський учений Lu Zhijin розробив рецептуру кунжутно-арахісового хліба, що містить сирий арахіс, білий кунжут, вершкове масло, цукрову пудру, ячний жовток, низькоглютенове борошно й кокосову стружку. Кунжутно-арахісовий хліб характеризується хрусткістю, м'якістю, ароматністю, високою поживною цінністю та за рахунок вакуумного пакування має триваліший термін придатності [225].

Винайдено та запатентовано композицію для приготування хліба «Тибет-Святковий», до складу якого входять подрібнене насіння амаранту харчового, родзинки, подрібнені й витримані в меду горіхи (волоські і/або арахіс). Ця композиція може бути використана для виробництва дієтичних і оздоровчих хлібобулочних виробів [226].

Український учений Є. Скокан розробив рецептури БАД «Горіхова», що має ліпідокоригувальні властивості, та цукрового печива «Горішок» для

лікувально-профілактичного харчування з покращеними споживними властивостями [227].

Арахіс, як і інші бобові та зернові культури, можна використовувати для виробництва безлактозних молочних напоїв, зокрема «арахісового молока», що є багатофункціональним продуктом: підвищує імунітет, знижує артеріальний тиск [228].

Відомий спосіб отримання натурального арахісового молока, що складається з таких стадій: приготування «арахісового соку», що включає замочування арахісу на 6–8 годин у гарячій воді з додаванням 0,01% NaHCO_3 , варіння арахісу, шліфування та тонке подрібнення, гомогенізація, фільтрація, підготовка змішаного розчину (складні ефіри цукрози й жирних кислот, моностеарат гліцерину, натрій-карбоксиметилцелюлозу, білий цукор рівномірно змішують у сухому вигляді, розчиняють у воді під час нагрівання), їх поєднання та гомогенізація. Натуральне арахісове молоко містить усі харчові речовини, що наявні в сировині завдяки гомогенізації, та характеризується високими органолептичними показниками [229].

Інша композиція арахісового молока складається з арахісового білкового концентрату (15–25%), знежиреного сухого молока (3–5%), цукру (3–7%), стабілізатора (0,15–0,25%) та води (0,04–0,07%). Винайдений продукт характеризується високими смаковими властивостями, ефективним поєднанням тваринних білків молока й рослинних білків арахісу, за рахунок чого досягається баланс амінокислотного складу та його висока біологічна цінність [230].

Також винайдено чай з арахісовим молоком, який отримують із арахісового порошку, соку чортополоху, свіжого коров'ячого молока й листя чаю. Цей напій є тонізуючим, поживним і корисним для довголіття, сприяє лактації в жінок, що годують [231].

Інший продукт спеціального призначення – горіхово-арахісовий оздоровчий напій, виготовлений з арахісу та волоського горіха. Він має

високу стійкість до окиснення, сприятливо діє на шлунково-кишковий тракт і омолодження організму [232].

Арахіс використовується у вітчизняній молочній промисловості. Так, у Харківському державному університеті харчування та торгівлі науковці Ф.В. Перцевий та М.В. Обозна розробили спосіб отримання сирного продукту м'якого на основі сухого знежиреного молока, частину якого замінюють концентратом ядер арахісу та кукурудзяним борошном. Використання цих рецептурних компонентів, які досі не знаходили місця в традиційній технології сичужних сирів, забезпечує отримання продукту зі зменшеними витратами молочного білка та регульованою харчовою й біологічною цінністю за рахунок залучення рослинних білків, незамінних амінокислот, полісахаридів, зокрема крохмалю [233].

Арахіс також знайшов своє застосування під час виробництва молочних десертів, згущених молочних продуктів. Учені Орловського державного технічного університету [234] запатентували спосіб отримання згущеного молочного продукту, відмінністю якого є змішування обсмажених ядер арахісу з пастеризованим знежиреним молоком у співвідношенні 1:8. Технологія дозволяє забезпечити продукт підвищеною біологічною цінністю, високими споживними властивостями, збільшити асортимент, підвищити конкурентоспроможність, спростити спосіб виробництва й зменшити собівартість продукту.

Таким чином, проведений аналітичний огляд наукової літератури засвідчив, що ядра бобів арахісу широко використовуються в усьому світі в різних галузях харчової промисловості, а продукти їх переробки можуть використовуватися як у повсякденному, так і в спеціальному харчуванні. Проте застосування арахісу для створення виробів поліфункціональної дії досить обмежене, особливо це стосується вітчизняної харчової промисловості. Отже, розробка натуральних продуктів із використанням арахісу дасть змогу розширити асортимент вітчизняної холестеринознижувальної харчової продукції.

1.4. Використання гречки та проса у продуктах спеціального призначення

Найпоширенішими видами гречки є культурна, або звичайна (*F. esculentum*. Moench.), і татарська (*F. tataricum* L.). Вирощують гречку, головним чином, для одержання зерна, а переробляючи його, одержують крупу та борошно. Гречка – одна з найцінніших круп'яних і медоносних культур, які вирощують в Україні [235; 236].

Серед основних круп'яних культур України є також просо (лат. *Panicum*). Виробниче значення мають два його види: просо звичайне посівне, волотисте *Panicum moniliaceum* L. та головчасте, або щетинисте *Setoria italica* H. Цінність проса визначається майже безвідходним використанням продуктів його переробки в харчовій, кормовій, фармацевтичній, мікробіологічній і промисловій галузях виробництва [237].

Вуглеводи є основною складовою гречаної крупи, загальна їх кількість становить 57,10–64,65%. Вони представлені здебільшого крохмалем, моно- та дицукридами, харчовими волокнами. Гречаний крохмаль містить велику частку резистентного крохмалю, який поєднує функціональні властивості харчових волокон і пребіотиків. У ході мікроскопічних досліджень встановлено, що гранули гречаного крохмалю здебільшого полігональні, рідше – сферичні чи овальні, поверхня частинок – шорстка, що дозволяє використовувати його як харчовий стабілізатор та загусник [238–240].

Крохмаль гречки має багато унікальних фізичних і хімічних характеристик: високу водопоглинальну здатність і набухливість, утворює колоїдні розчини. Із фізіологічної точки зору він вважається одним із найкращих серед крохмалів зернових культур [241; 242].

За вмістом харчових волокон (5–11%) крупа із гречки належить до групи продуктів із помірним їх вмістом, але серед інших круп займає лідируючу позицію разом із вівсяною та ячною [243].

Гречана крупа – багате джерело легкозасвоюваних білків, що забезпечують пластичні й енергетичні потреби організму. За вмістом білка (до 18%) крупа із гречки займає лідируючу позицію серед інших круп. Цінність білка зумовлена вмістом різноманітних амінокислот і збалансованістю їх складу, сприятливим співвідношенням трьох незамінних амінокислот – триптофану, лізину та метіоніну, наявністю треоніну та лізину, яких бракує в інших зернопродуктах, вмістом гістидину, що стимулює ріст дітей, великою кількістю цистеїну, що робить гречку стійкою до радіоактивного опромінювання [242].

Основну масу білкових речовин (до 80%) становлять білки, розчинні в сольових розчинах і воді (глобуліни й альбумін), у значно меншій кількості наявні білки, розчинні в спирті й лугах [244]. Відомо, що альбуміни і глобуліни мають високу водоутримуючу здатність, здатність до емульгування, піноутворення і придатність до переробки. Ці характеристики можуть бути використані для зміни харчової структури і підвищення поживної цінності харчових продуктів. Отже, білок гречки є безпечним і надійним інгредієнтом функціональних продуктів харчування. Крім того, гречка містить деякі специфічні білки, такі як інгібітори протеази, алергени. Завдяки їх високій біологічній активності й легкості адсорбування, останнім часом увага багатьох дослідників сконцентрувалася на поліпептидах гречки як на потенційному функціональному харчовому матеріалі [245].

Гречана крупа характеризується підвищеним вмістом жиру (до 3–5%), який має високу стійкість до окиснення, містить велику кількість лінолевої кислоти і належить до невисихаючих видів олії, завдяки чому гречану крупу можна зберігати протягом тривалого часу без погіршення її поживних і смакових властивостей [242].

Завдяки тому, що основна частина зародка гречки перебуває всередині ендосперму і не видаляється під час лущення, у крупі залишається багато вітамінів і мінеральних речовин.

За вмістом мінералів (2,0–2,5%) гречана крупа займає лідируючу позицію серед інших круп. До складу гречки входять Калій, Фосфор, Магній, Натрій, Кальцій, Ферум, Мідь, Йод, Цинк, Бор, Кобальт [246].

Крупа з гречки є джерелом вітамінів групи В та вітаміну Е, вміст яких у 5–7 разів більше, ніж в інших крупах [241]. Вона містить значну кількість рибофлавіну. Гречка містить ніотинової кислоти майже в чотири рази більше, ніж вівсянка. Ніацин – це єдиний вітамін, який традиційна медицина вважає засобом, що нормалізує вміст холестерину в крові. Завдяки значному вмісту жиру порівняно з іншими крупами гречана крупа відрізняється підвищеним вмістом жиророзчинного вітаміну Е – головного представника групи антиоксидантів. Саме вміст токоферолу сприяє гарному збереженню гречаної крупи і збільшує її термін придатності [247].

Гречку визнано як харчовий і дієтичний продукт у багатьох країнах світу, оскільки вона містить значну кількість флавоноїдів: рутину, кверцетину, катехіну, орієнтину, вітексину, ізовітексину, ізоорієнтину [248].

Флавоноїди відомі своєю ефективністю в зниженні рівня холестерину в крові, збереженні міцності капілярів і артерій; вони запобігають високому кров'яному тиску, мають антибактеріальну, протигрибкову, протизапальну дію, беруть участь у багатьох фізіологічних реакціях в організмі [249; 250].

Перспективним класом біологічно активних мінорних компонентів їжі є фітостероли, які належать до групи сполук, що називаються тритерпенами. На сьогодні виділено понад 4000 різних тритерпенів, 250 з яких можуть бути віднесені до фітостеролів. Гречана крупа є важливим і доступним джерелом рослинних стеринів, за вмістом яких вона перевершує багато інших круп. Основним компонентом фітостеролів гречаної крупи є β -ситостерин, масова частка якого становить 77,9–85,3% [251].

Таким чином, наведені вище чинники свідчать про важливе господарське значення гречки як цінної харчової та лікарської культури, що вказує на перспективність подальшого вивчення гречки та продуктів її

переробки з метою комплексного використання сировини для створення продуктів спеціального призначення.

Не менш цінною за хімічним складом культурою є просо, крупа з якого є джерелом ненасичених жирних кислот, рослинного білка, вітамінів групи В, токоферолу, каротиноїдів, фітостеролів та інших біологічно активних речовин [252; 253].

В Україні основним круп'яним продуктом, що містить велику кількість білка, є пшоно. За вмістом білка (12%) пшоно займає одне з провідних місць серед інших круп, випереджаючи перлову, ячну, рисову і кукурудзяну. Пшоно багате рослинними білками з підвищеним вмістом амінокислот лейцину і глютамінової кислоти, проте його білки бідні на лізин, триптофан і гістидин: вміст лізину менше, ніж у рисовій крупі, у 2 рази, гречаній – у 3–4 рази [254].

Білки пшона представлені двома групами: протоплазматичними й запасними. Протоплазматичні білки, частка яких становить лише 10–15%, багаті всіма незамінними амінокислотами, збалансовані та сконцентровані в зародку. Це здебільшого альбуміни і глобуліни. Запасних білків у зерні 65–75%, це переважно глобуліни, проламіни і глютеліни. Білкові речовини пшона слабо набрякають, не здатні утворювати еластичну масу, як білок пшениці, тому пшоняне борошно майже не використовують для виготовлення хлібобулочних і кондитерських виробів.

Основною складовою частиною пшона є крохмаль, що складається із дрібних зерен (не більше 10–12 мкм). Температура клейстеризації крохмалю становить 65–68°C. У складі крохмальної речовини близько 20% припадає на амілозу, решта – на амілопектин. Крохмаль у звичайних умовах мало гідрофільний, але в разі нагрівання з водою сильно набрякає, чим зумовлює значне збільшення об'єму крупи під час варіння. Крохмаль легко гідролізується амілазами, що може призвести до накопичення декстринів, які впливають на в'язкість каші. Однак у процесі шліфування пшона α -амілаза, що знаходиться в зародку, видаляється, унаслідок чого каші набувають більш розсипчастої консистенції. Незначна гігроскопічність і розчинність, підвищена температура

клеїстеризації вказують на щільну упаковку макромолекул у крохмальних гранулах пшона [251].

Пшоно відрізняється від інших круп підвищеним вмістом жиру (до 3,9%), це пояснюється тим, що зародок у пшоні клиноподібно входить у ендосперм і після шліфування частина його залишається. Унаслідок цього в крупі зберігається значна кількість ліпідів, що мають ненасичений характер, завдяки чому пшоно погано зберігається, його жир швидко окиснюється, надаючи крупі гірконого присмаку.

Пшоно є джерелом багатьох макро- та мікроелементів, що надає йому певної цінності в аспекті харчових і лікарських властивостей. За вмістом мінеральних речовин воно займає центральну позицію серед інших видів круп. У пшоні міститься багато Фосфору (у 1,5–1,8 разу більше, ніж у м'ясних продуктах), Кремнію, але мало Кальцію і таких мікроелементів, як Ферум, Цинк та Мідь [255].

Пшоно відрізняється від інших круп високим вмістом вітамінів групи В, РР, Е, каротиноїдів, які відіграють важливу роль у процесах обміну в організмі людини та тварин.

Дослідження вмісту поліфенольних антиоксидантів і фітостеролів у пшоняній крупі майже відсутні й мають поверхневий характер. Проте японськими дослідниками було запропоновано замінити пацієнтам із різними алергічними захворюваннями рис і пшеницю на пшоно. Результати лікування є позитивними в аспекті запобігання зазначеним захворюванням, що підтверджує той факт, що пшоно можна розглядати як джерело поліфенольних антиоксидантів, хоча їх кількість значно менша, ніж у гречаній крупі [251].

Про лікувальні властивості пшоняної каші відомо здавна. Вона сприяє виведенню токсинів і важких металів з організму, зниженню рівня холестерину в крові, очищенню судин, є гарним профілактичним засобом проти утворення пухлин. Регулярне споживання пшона рекомендують кардіологи, оскільки воно має здатність нормалізувати кров'яний тиск,

зміцнювати серцевий м'яз, знижувати ризик захворювання атеросклерозом і багатьма іншими серцевими захворюваннями [256].

Як свідчить аналіз літературних джерел, гречана крупа та пшоно багаті на біологічно активні речовини, що дозволяє рекомендувати їх для виробництва продуктів спеціального призначення. Установлено, що ці крупи мають багатий хімічний склад, який добре вивчений вітчизняними та зарубіжними дослідниками. Проте недостатньо інформації про вміст окремих біологічно активних речовин, зокрема фітостеролів і антиоксидантів. Майже відсутні дані щодо хімічного складу залежно від сорту гречки та проса, з якого виготовлено крупу. Саме тому доцільними є подальші дослідження хімічного складу й ідентифікація біологічно активних речовин гречаної крупы та пшоно з різних селекційних сортів гречки і проса, найбільш адаптованих для вирощування в Україні.

Під час створення продуктів харчування спеціального призначення важливим завданням є дослідження здатності сільськогосподарських культур до накопичення токсичних речовин, що надходять із навколишнього середовища внаслідок порушення технології вирощування, виробництва та зберігання продукції.

Крім корисних речовин гречана крупа і пшоно можуть містити у своєму складі й шкідливі, здатні проявляти токсичну дію.

Багато вчених проводили дослідження [257–261] щодо визначення вмісту важких металів у різних частинах гречки та проса. Установлено значні розбіжності цього показника залежно від морфологічної будови рослин, проте найнижчі концентрації токсичних елементів виявлено в насінні, що дозволяє вважати гречану крупу та пшоно продуктами із помірною кількістю солей важких металів.

Одним із чинників, що впливають на здатність до накопичення солей важких металів, є селекційний сорт рослини. Тому для забезпечення харчової нешкідливості круп'яної сировини необхідним і доцільним є дослідження

особливостей накопичення цих контамінантів у гречаній крупі та пшоні залежно від сортової приналежності круп'яної культури.

У крупах допустимий рівень вмісту ^{137}Cs становить 30 Бк/кг, ^{90}Sr – 10 Бк/кг [262]. Із метою зменшення надходження радіонуклідів у продукти рослинного походження необхідно ретельно підбирати культури і сорти, здатні до мінімального накопичення радіоактивних речовин. Основними джерелами надходження нітратів і нітритів у організм людини є продукти рослинного походження (до 70%). Згідно з даними ФАО/ВООЗ допустима норма нітратів становить 5 мг NaNO_3 на добу на 1 кг маси тіла. Аналіз літературних джерел показав, що є дуже мало інформації щодо вмісту нітратів у гречаній крупі та пшоні залежно від сорту культури. Як і інші зернові культури, гречка та просо мають здатність до накопичення мікотоксинів за певних умов навколишнього середовища. Про токсикоз цвіллю, пов'язаний зі споживанням проса і гречки, повідомлялося в Японії, Індії, США, Уганді та інших країнах [263].

Крім шкідливих речовин, що потрапляють у гречану крупу і пшоно ззовні, вони містять природні компоненти, які виявляють небезпечну дію. До природних токсикантів належить щавлева кислота. Людина без шкоди для здоров'я може щодня вживати 600–700 мг щавлевої кислоти, але за умови достатнього забезпечення Кальцієм і вітаміном D [264; 265]. Через здатність щавлевої кислоти зв'язувати катіони Кальцію вона характеризується антипоживною дією, для визначення якої введено поняття «оксалатний індекс» (співвідношення оксалат/Кальцій у продукті). Якщо він більше одиниці, оксалати здатні виявляти антипоживну дію [266].

Гречка вважається харчовим джерелом оксалатів, вміст яких становить приблизно 79 мг/100 г (за даними Гарварда), пшоно містить значно меншу кількість щавлевої кислоти (21–29 мг/100 г) [267]. На сьогодні в науковій літературі не знайдено даних про вміст токсичних речовин у крупі з гречки та проса, які вирощуються в Україні. Тому доцільним є дослідження цього питання для виявлення сортів, здатних до мінімальної їх акумуляції.

Сьогодні інтенсивно розробляються і запроваджуються нові технології, розширюється асортимент збагачених продуктів спеціального призначення на основі зернових культур. Розроблено рецептури широкого асортименту зернових продуктів харчування, до складу яких включено різні за походженням білки, харчові волокна, вітамінні добавки тощо [268–277].

Із метою розширення асортименту й одержання нових виробів широко використовують гречану крупу та пшоно у вигляді зернових хлібців із різними збагачувачами, екструдованих сухих сніданків, збагачених каш швидкого приготування, хлібобулочних та кондитерських виробів [251].

Гречку та просо використовують за двома напрямками: традиційна технологія та глибока переробка. Традиційна обробка не покращує функціонального складу, не надає своєрідного, особливо приємного смаку продуктам із гречки та пшона і застосовується для переробки зерна в крупу та борошно. Останнім часом в усьому світі набуває широкого розповсюдження використання глибокої переробки круп [278; 279].

Найважливішим способом глибокої переробки зерна є ферментація – процес, який дозволяє перетворити складні компоненти в прості речовини з активними мікроорганізмами, які значно покращують поглинання поживних речовин і смакові властивості продуктів, а також розширюють способи промислового виробництва продуктів харчування [280].

У Китаї гречане борошно використовують для приготування шоколаду. У деяких регіонах Італії підсушені зерна гречаної крупи вживають як насіння. У Японії гречана локшина застосовується нарівні з рисовою. Вважається, що завдяки цьому продукту японці до старості зберігають рухову активність, багато займаються спортом, як наслідок – майже не мають проблем із зайвою вагою [247].

Гречані хлібці також є одним із найбільш популярних продуктів. Вони позитивно впливають на організм людини, стимулюють секрецію, беруть участь у травленні жовчних кислот, допомагаючи в процесі перетравлювання і засвоєння їжі. Користь гречаних хлібців полягає також у здатності впливати

на рівень холестерину в крові людини. Дослідники відзначають позитивну динаміку в лікуванні та профілактиці деяких видів захворювань шлунково-кишкового тракту в разі регулярного вживання в їжу цих виробів. Вони можуть використовуватися без термічної обробки, мають високі поживні властивості, добре засвоюються організмом [281; 282].

Підприємством «Хліб України» був розроблений спосіб виробництва овочево-гречаних мюслів, особливістю яких є високий вміст Феруму та вітамінів. Білки в гречаних пластівцях містять значну кількість водо- і солерозчинних фракцій, що допомагає організму людини повністю засвоїти продукт. Усе це робить гречані пластівці продуктом здорового харчування, що має високу поживну цінність і розглядається лікарями як дієтичний продукт, що рекомендується навіть дітям і вагітним жінкам [283].

Розроблено печиво діабетичне «Корисне», яке містить разом з іншими видами борошна гречане та інші рецептурні компоненти, що дозволяє отримати кондитерський виріб підвищеної харчової цінності з лікувально-профілактичними властивостями [284]. Розроблено кисломолочну пасту з композиціями прянощів, що містить кисломолочну основу, молочну сироватку та крупу гречану несмажену зелену як структуроутворювач, що значно підвищує харчову цінність продукту [285].

Із метою підвищення біологічної цінності та засвоюваності крупи піддають замочуванню та ферментації, унаслідок чого вони збагачуються більшою кількістю вітамінів, мінералів і ферментів, руйнуються глютен (частково), фітинова кислота та інші антинутрієнти [286].

Продукти переробки гречки, отримані шляхом її ферментації, легко засвоюються, при цьому виробляється певна кількість активних речовин, які потребують подальших досліджень. Умови проведення ферментації мають знаходитися під суворим контролем, що вимагає високого рівня технічного забезпечення та складного сучасного устаткування. Цей факт значно ускладнює виробництво таких продуктів.

Серед сучасних ферментованих продуктів із гречки можна назвати гречаний оцет, вино з гречки, гречаний йогурт.

Особливо популярним у Китаї є гречаний оцет, що допомагає травленню, покращує метаболізм, знижує рівень цукру і холестерину, підвищує імунітет, має високу антиоксидантну активність. Оцет окиснюється більше шести місяців, тому його смак кисліший за звичайний. Останнім часом якість гречаного оцту покращилася завдяки поєднанню традиційного процесу бродіння і сучасної технології мікробіологічної ферментації [240].

Шляхом традиційного зброджування внаслідок твердої ферментації отримують вино з гречки, яке має приємний солодкий смак і корисні дієтичні властивості [240].

Гречаний йогурт – це напій, збагачений корисними лактобактеріями *Bulgaria Lactobacillus* та *Thermophilus Streptococcus*, що має смак гречки і є дуже корисним для організму людини [240].

Серед нових продуктів із гречки слід відзначити гречані паростки, які останнім часом набули широкого розповсюдження. Дослідження показали, що під час проростання гречки зменшується загальний вміст протеїнів, збільшується кількість амінокислот і флавоноїдів, посилюється дія антиоксидантів. Тому пророщені зерна гречки використовують для виробництва хліба і як солод для виробництва пива. Із паростків гречки можна отримати корисний сік. Висушені паростки використовують як харчову добавку до багатьох страв і напоїв. Розмелені в порошок, вони надають особливого кольору деяким продуктам харчування, зокрема хлібу, тістечкам, морозиву [278]. Гречані харчові волокна застосовуються як добавки в печиво і хліб, що покращує в'язкість тіста і збільшує поживні властивості продуктів [240].

На 12-му міжнародному Симпозіумі дослідників гречки (м. Любляна, Словенія) широко обговорювалися питання виробництва і розробки стратегій щодо продуктів із гречки. Освітнім центром «Піраміда» (м. Марибор,

Словенія) розроблено більше 30 видів продукції з гречки, включаючи пасту, печиво, тістечка, торти, морозиво [287].

Пшоно також використовують для виробництва продуктів спеціального призначення.

Із додаванням пшона виробляють кисломолочний продукт «Коже Тенгри», спосіб виробництва якого включає введення в молоко круп'яної основи з попередньо пророщених, запарених та зварених пшоняної, кукурудзяної та перлової круп, внесення бактеріальної закваски, заквашування і додавання готових м'ясних продуктів. Цей продукт має багато корисних властивостей і дозволяє розширити асортимент продукції спеціального призначення [288].

На основі пшона виготовлено новий екструдований картоплепродукт, до складу якого також входять сухе картопляне пюре, сухе молоко, морквяний порошок. Завдяки поєднанню цих інгредієнтів він має високу харчову цінність і відмінні органолептичні властивості [289]. Розроблено новий продукт на основі пшона – талкан (перемелені в борошно пророслі зерна проса), здатний очищати організм від шлаків, особливо кишечник. Талкан легко засвоюється, швидко насичує організм, при цьому він є некалорійним. Із талкану готують каші, супи, напої [290].

Борошно із пшона використовується в кондитерській галузі. Його додавання під час виробництва пісочних напівфабрикатів сприяє отриманню виробів із розсипчастою структурою [291].

Розроблено фарш рибний із кашею із цілих зерен пшениці, гречки, пшона і рису, оброблених ІЧ-випромінюванням. Унаслідок поєднання спеціальних способів обробки зерен із корисними інгредієнтами отримано продукт підвищеної харчової цінності [292].

Запропоновано новий продукт – крупеник із соєвою клітковиною, що містить мікронізовану крупу (гречку або кукурудзу, овес, пшоно) [293].

Розроблено спосіб отримання напою підвищеної харчової цінності з покращеними органолептичними показниками на основі рослинної сировини,

а саме пшона, помеленого до порошкоподібного стану, причому попередньо насиченого буряковим або морквяним соком, обробленого до готовності водяною парою і висушеного. Цей спосіб забезпечує отримання напою світло-коричневого або світло-фіолетового кольору, збагаченого білками й цукром, який містить каротин, вітамін С, солі Калію, Натрію і Фосфору, характеризується відсутністю гіркуватого присмаку [294].

В Орловському державному технічному університеті розроблено способи отримання кисломолочного продукту та сирної пасти. Виготовлення кисломолочного продукту передбачає використання молочної сировини, в яку перед гомогенізацією вводять рослинну основу з пророщеного насіння сої, гречки або проса [295]. Отримання сирної пасти передбачає введення гомогенізованої пшоняної каші, що дозволяє поліпшити її консистенцію, органолептичні показники і профілактичні властивості, підвищити біологічну цінність і водночас знизити собівартість готового продукту [296].

Ученими цього ж університету запропоновано виготовляти сирний продукт, який містить кисломолочний сир та рослинний екстракт із пророщених зерен гречки або проса. Винахід дозволяє створити продукт із поліпшеними органолептичними показниками, високою біологічною цінністю, дієтичними властивостями та низькою собівартістю [297].

Науковцями О.М. Сафоновою і А.Т. Теймуровою запропоновано спосіб одержання борошняних формових виробів підвищеної харчової цінності. У суху рецептурну суміш входять пшоно, пшениця, рис, квасоля, горох у певних співвідношеннях. Продукти характеризуються збалансованістю амінокислотного складу, поліпшенням значення коефіцієнта утилітарності білка, зниженням крихкості виробів та покращенням їх органолептичних властивостей [298].

Прикладом нового продукту підвищеної харчової цінності є екструзійний картоплепродукт «Повітряна картопля пшоняно-молочно-морквяна», що являє собою сухе картопляне пюре з додаванням пшона, сухого молока, морквяного порошку [299].

Аналіз попиту на зернові продукти спеціального призначення показує,

що споживачі найчастіше купують сухі сніданки, хлібобулочні та кондитерські вироби. Асортимент хлібобулочних виробів, що випускаються в Україні, досить широкий, однак частка виробів дієтичного, лікувально-профілактичного та спеціального призначення для різних груп населення в загальному об'ємі виробництва не перевищує 1–2% [300].

Науковий та практичний досвід свідчить, що з метою формування асортименту виробів, збагачених фізіологічно-функціональними інгредієнтами, доцільно включати до рецептур хліба продукти переробки зернових культур, які є природними біокоректорами з високим вмістом біологічно цінних білків, неперетравлюваних поліцукридів, вітамінів, мінеральних сполук та інших корисних для організму людини речовин [301; 302].

Останнім часом проводиться активна робота з виготовлення хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності з використанням нетрадиційної сировини. Це дає можливість заощадити частину пшеничного борошна, цукру, вершкового масла та інших видів сировини, поліпшити споживні властивості виробів за умови використання борошна з невисокими хлібопекарськими властивостями, а також створити нові вироби спеціального призначення [303].

Перспективним напрямом у виробництві хлібобулочних виробів вважається застосування композитних сумішей різних видів борошна. Як джерело біологічно активних речовин для підвищення харчової цінності хліба використовують висівки, дроблене зерно, ферментовані зернові продукти, солодові екстракти, зародки пшениці, кукурудзи, сої, амаранту, плющене зерно, топінамбур, морські водорості, екстракти лікарських рослин та багато інших видів сировини [304–306].

Одним із видів нетрадиційної сировини для виробництва хліба є продукти переробки гречки та проса – поживні й дієтичні продукти, що повністю відповідають вимогам здорового харчування. Аналіз науково-технічної літератури і патентний пошук свідчать про недостатнє

застосування цих продуктів у хлібопеченні. Зазвичай крупу і борошно з гречки та проса використовують у суміші з іншими видами борошна в різних співвідношеннях і дозуваннях у кількості не більше 5–15% [307; 308].

Гречану крупу в технології хліба застосовують у кількості 5–30% від маси пшеничного борошна [309; 310], а в технології здобних виробів – до 10% [311].

Пшоно доцільно вносити в тісто для хліба в кількості 5–15% від маси борошна [312], а для булочних виробів – до 10%. Для покращення якості такого хліба рекомендовано проводити мікрохвильову обробку пшона в розмеленому вигляді разом із плівками [313].

Товариством «УкрЕко-Хліб» запропоновано спосіб виробництва харчового продукту лікувально-профілактичної дії на основі пророслого зерна гречки, проса та інших злаків. Зернову суміш отримують із щонайменше двох видів пророщених зернових, склад і пропорції яких обирають залежно від того, для лікування/профілактики якого захворювання буде використовуватися продукт [314].

Для одержання хлібобулочних виробів високої якості з гречаного борошна пропонується використовувати гідротермічно оброблене зерно [499], а також опарний спосіб тістопечення із заварюванням і подальшим заквашуванням гречаного борошна [315].

Ученими Луцького національного технічного університету запропоновано технологію хліба пшеничного з додаванням 5–10% відвареного до напівготовності пшона на заміну пшеничного борошна [316].

Науковцями Національного університету харчових технологій була розроблена технологія приготування білково-гречаного хліба з додаванням гречаного борошна. Цей хліб містить удвічі більше білків, ніж традиційні хлібобулочні вироби, характеризується підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин, низьким вмістом вуглеводів, має високі споживні властивості, розвинуту тонкостінну пористість та довго зберігає свіжість [317].

Новий спосіб виробництва хліба за покращеною рецептурою запропонували вчені О.І. Козлов та М.К. Садигова. Внесення суміші пшоняного та гарбузового борошна дає можливість поліпшити органолептичні та фізико-хімічні показники хліба, використовувати його в раціонах харчування дітей шкільного та дошкільного віку [318].

Науковці Алтайського державного технічного університету ім. І.І. Ползунова плідно працюють над розробкою нових видів хліба підвищеної харчової цінності. Так, запропоновано спосіб виробництва хліба із пшеничного борошна з додаванням шліфованого пшона, що дозволяє поліпшити якість і споживні властивості хліба шляхом підвищення його харчової цінності, а також підвищити економічність виробництва [319].

Запропоновано також технологію хліба з додаванням суміші круп – пшона шліфованого, проділу гречаного і крупи рисової, які попередньо заливають окропом та витримують до охолодження. Винахід дозволяє поліпшити якість і споживні властивості хліба, інтенсифікувати процес його виробництва [320]. Цими ж ученими розроблено спосіб виробництва хліба з використанням попередньо відвареного гречаного проділу в кількості 5–10% від загальної маси пшеничного борошна. Це дозволяє знизити трудомісткість виробництва, поліпшити якість і споживні властивості хліба шляхом підвищення його засвоюваності [321].

Науковці Воронежського державного університету інженерних технологій розробили спосіб виробництва хліба на заквасках із борошна пшеничного першого ґатунку з додаванням борошна з цільнозмолотого зерна пшениці (або гречки, пшона, вівса, рису), що дозволяє отримати виріб підвищеної харчової та біологічної цінності [322].

Новий хлібобулочний виріб функціонального призначення із пшеничного борошна з додаванням пшоняного та гарбузового розроблено науковцями Саратовського державного аграрного університету ім. М.І. Вавилова. Винахід дозволяє збільшити вміст клітковини в готовій продукції, поліпшити органолептичні й фізико-хімічні показники хліба,

розширити асортимент хлібобулочних виробів для харчування дітей шкільного та дошкільного віку, збільшити харчову та біологічну цінність виробу [323].

У Пензенській державній технологічній академії розроблено спосіб виробництва хліба пшеничного з додаванням продукту екструзійної обробки гречки, що дозволяє поліпшити якість хліба внаслідок підвищення його біологічної цінності, органолептичних та фізико-хімічних показників, а також знизити витрати на його виробництво [324].

Спосіб виробництва зернового хліба з високим вмістом біологічно активних речовин розроблено П.І. Ісаєвим. Запропоновано використовувати зерно пшениці та/або жита (вівса, ячменю, гречки, проса, кукурудзи), зернову сировину попередньо замочують у талій воді та подрібнюють [325].

Набули поширення способи виготовлення хліба, хлібобулочних і кондитерських виробів з екструдованих зернопродуктів (пшениці, жита, ячменю, гречаної, манної крупи, гороху, рису, сої) [326].

Таким чином, проведений аналітичний огляд наукової літератури засвідчив, що гречана крупа та пшоно широко використовуються в усьому світі в різних галузях харчової промисловості. Проте використання цих круп для створення виробів спеціального призначення досить обмежене, особливо це стосується вітчизняної харчової промисловості. На жаль, в Україні процеси переробки й використання гречки та проса перебувають ще на початковому етапі. Основними продуктами з них є гречана крупа, пшоно та борошно на їх основі. Складніші способи переробки цих круп'яних культур майже не застосовуються. З огляду на це особливе значення надається максимальному використанню ресурсів гречки та проса для отримання низки продуктів здорового харчування.

Висновки за розділом

1. Теоретично обґрунтовано використання фітостеролів як цінних мікронутрієнтів для створення продуктів харчування спеціального

призначення. Доведено, що ці речовини мають антиоксидантну, протизапальну, протиатерогенну, антибактеріальну та протиракову дію. Головна їх цінність полягає в протидії абсорбції харчового холестерину. Розчинені фітостероли і фітостаноли у вільній чи етеризованій формах в оптимальних дозах (0,8–0,1 г еквівалентів на день) і в різних харчових продуктах-носіях є важливими компонентами для підтримки здоров'я серцево-судинної системи.

2. Установлено, що багато відомих світових компаній, таких як Unilever (Нідерланди – Великобританія), Raisio Plc (Фінляндія), Cargill Inc (США), Cognis (Німеччина), DRT (Франція), Lipofoods (Іспанія), Enzymotech Ltd (Ізраїль), активно використовують фітостероли як функціональні мікронутрієнти під час виробництва харчових продуктів спеціального призначення. Але створення продукції з холестеринознижувальними властивостями шляхом збагачення продуктів-носіїв вільними фітостеролами та фітостанолами – дорогий та працемісткий процес. Інший спосіб отримання продуктів із холестеринознижувальними властивостями – пошук та використання рослинної сировини, багатої на рослинні стероли.

3. Аналіз літературних джерел дозволив установити, що в рослинній сировині містяться також інші речовини, які мають холестеринознижувальні властивості, а саме γ -оризанол, фітостерилферулати та ферулова кислота. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу приводить до утворення фітостерилферулатів і фітостеролів, що збільшує біологічну активність продукції. Найчастіше для проведення ферментативного гідролізу γ -оризанолу використовують ферментні препарати карбоксилетергідролази та ксиланази. Для підвищення активності цього процесу важливим є підбір ферментного препарату та параметрів його проведення.

4. На основі аналізу вітчизняної та зарубіжної наукової літератури встановлено, що ядра бобів арахісу мають багатий хімічний склад і високий вміст біологічно активних речовин, особливо фітостеролів. Проте вони можуть накопичувати антипоживні й токсичні речовини. Розкрито проблеми

обмеженості асортименту продуктів харчування спеціального призначення на основі арахісу, практичної відсутності інформації про хімічний склад, біологічну цінність і безпечність сортів арахісу, найбільш продуктивних і придатних до вирощування в Україні. Показано відсутність цілеспрямованих досліджень із визначення напрямів раціонального використання арахісу в різних технологіях, залежно від сортових особливостей і хімічного складу.

5. Установлено, що крупи з гречки та проса мають багатий хімічний склад, характеризуються цінними функціональними властивостями, є лідерами серед інших видів круп за вмістом білка, жиру, фітостеролів та інших біологічно активних речовин. Визначено відсутність інформації про хімічний склад, біологічну цінність та безпечність місцевих сортів гречки та проса. Розкрито проблеми обмеженості асортименту спеціальної продукції з використанням продукції переробки гречки і проса. Усе це дозволило обґрунтувати перспективність і актуальність комплексних досліджень споживної цінності круп із гречки та проса місцевих селекційних сортів та продуктів їх використання.

РОЗДІЛ 2.

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація проведення досліджень

Теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалися протягом 2011–2021 років у Харківському державному університеті харчування та торгівлі на базі лабораторій кафедр товарознавства та експертизи товарів; технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів; у лабораторії медико-біологічних проблем технології харчових продуктів, у ДУ «Харківський обласний лабораторний центр Держсанепідслужби України», у лабораторіях Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України (м. Харків), Інституту тваринництва УААН України (м. Харків), кафедри технології жирів і продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», ДП «Полтавський регіональний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації», ДНУ «НТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків), на базі віварію Навчально-наукового інституту прикладної фармації Національного фармацевтичного університету.

Сорти гречки та проса для отримання круп відбиралися безпосередньо з полів Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (м. Харків) урожаїв 2012–2020 років, арахіс – із полів Інституту олійних культур УААН (м. Запоріжжя) урожаїв 2011–2019 років. Дослідні зразки пшоняної і гречаної крупи та гречаного борошна, використані в роботі, були виготовлені в лабораторіях Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва.

Промислову апробацію розроблених харчових продуктів та випуск дослідних партій продукції було реалізовано у виробничих умовах ТОВ «Торговельний дім «СВАТ» (Харківська обл.), ТОВ «Агробізнес» (Херсонська обл.), ТОВ «Торговельний дім «ДІНАС» (м. Харків) та ТОВ «Ізюмський

хлібокомбінат «Кулиничі» (м. Ізюм, Харківська обл.), ПП «Агрофірма «ГАВАН» (Херсонська обл.).

Із метою забезпечення визначеної спрямованості й послідовності проведення теоретичних і експериментальних досліджень був розроблений загальний поступальний план, що включав теоретичне обґрунтування, експериментальні дослідження і практичне впровадження (рис. 2.1).

2.2. Характеристика предметів дослідження

Предметами дослідження в ході експериментальних робіт були модельні системи для проведення ферментативного гідролізу γ -оризанолу, визначення ферментативної активності відібраних ферментних препаратів, відпрацювання раціональних параметрів реакції ферментативного гідролізу γ -оризанолу. Для створення цих систем обрано: γ -оризанол (Henry Lamote GmbH, м. Бремен), ферментний препарат – сирець-порошок бичачої підшлункової залози (Sigma, Taufrivchen), препарати ліпази – ліпаза В *Candida antarctica*, ліпаза А *Candida antarctica*, ліпаза С. *rugosa* тип VII (Sigma – Aldrich, Taufrivchen), препарат ксилонази – Pentopan BG500 (Novozymes, Badsvaerd, Данія), таурохолат натрію (Sigma, Taufrivchen), фосфат натрію хлористий натрій, п-кумаринові кислоти, етилферулат, п-нітрофенілпальмітат, п-нітрофенол. Приготування розчину для гідролізу γ -оризанолу ферментними препаратами й використовувані при цьому прилади, допоміжні засоби і матеріали наведено в додатку А.

Предметами експериментальних досліджень також були крупи з гречки шести сортів (Дощик, Українка, Ярославна, Космея, Дюймовочка, Квітник) та проса п'яти сортів (Слобожанське, Вітрило, Королівське, Костянтинівське, Козацьке). Усі дослідні сорти зернових культур належать до колекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (додаток Б).

Крім того, предметами досліджень були 19 сортів арахісу колекції Інституту олійних культур УААН (м. Запоріжжя) (додаток Б): Краснодарець 13, Краснодарець 14, Краснодарський 14, Краснодарський 15, AR 1, AR 2, AR 3, AR 4, AR 5, AR 6, ВНДІОК 14, ВНДІОК 15, Рожевий великий, Біло-рожевий 1,

Блідо-рожевий 2, Блідо-рожевий 3, Темно-червоний, Малиновий, Клинський. Зразки вирощено на Півдні України, у степовій посушливій зоні, на нейтральних ґрунтах. На етапі вирощування всі культури знаходилися в однакових кліматичних і агротехнічних умовах.

Предметами досліджень також були нові продукти на основі арахісу (арахіс смажений зі смако-ароматичними добавками, арахісові пасти та олії арахісові купажовані) та їх аналоги (арахіс смажений солоний ТМ «Козацька розвага», арахісова паста «Класична» ТМ «Good energy» та олія арахісова ТМ «Golden Kings»), нові продукти на основі гречки та проса (гречана крупа, пшоно, нові види хліба – «Гречана сила» та «Пшоняний») та їх аналоги.

Для виробництва нових продуктів на основі арахісу використовували таку сировину й матеріали: часник сушений, куркуму мелену, сіль кухонну кам'яну, паприку мелену, червоний перець мелений, порошок васабі (ТМ «OTTOGI»), орегано, цукор білий, молоко знежирене сухе, какао-порошок, олію лляну, олію арахісову нерафіновану, олійні екстракти ТОВ «Фітохімфарм»: часнику, плодів шипшини, листя чорної смородини, листя шавлії.

Для виробництва нових продуктів на основі гречки та проса використовували таку сировину й матеріали: борошно пшеничне 1-го ґатунку; борошно житнє хлібопекарське обдирне; сіль кухонну кам'яну; воду питну; сухі закваски O-tentic Durum, Sapore Rigoletto (фірма «Puratos», Бельгія); ферментний препарат Пентопан BG500 (фірма «Novozymes», Данія); крупу та борошно з гречки і проса дослідних сортів.

2.3. Методи дослідження

У дисертаційній роботі були використані такі стандартні та спеціальні методи дослідження: фізичні, хімічні, біохімічні, фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні, соціологічні, експертні, математичне моделювання з використанням сучасних комп'ютерних програм (Microsoft Word, Microsoft Excel та Mathcad).

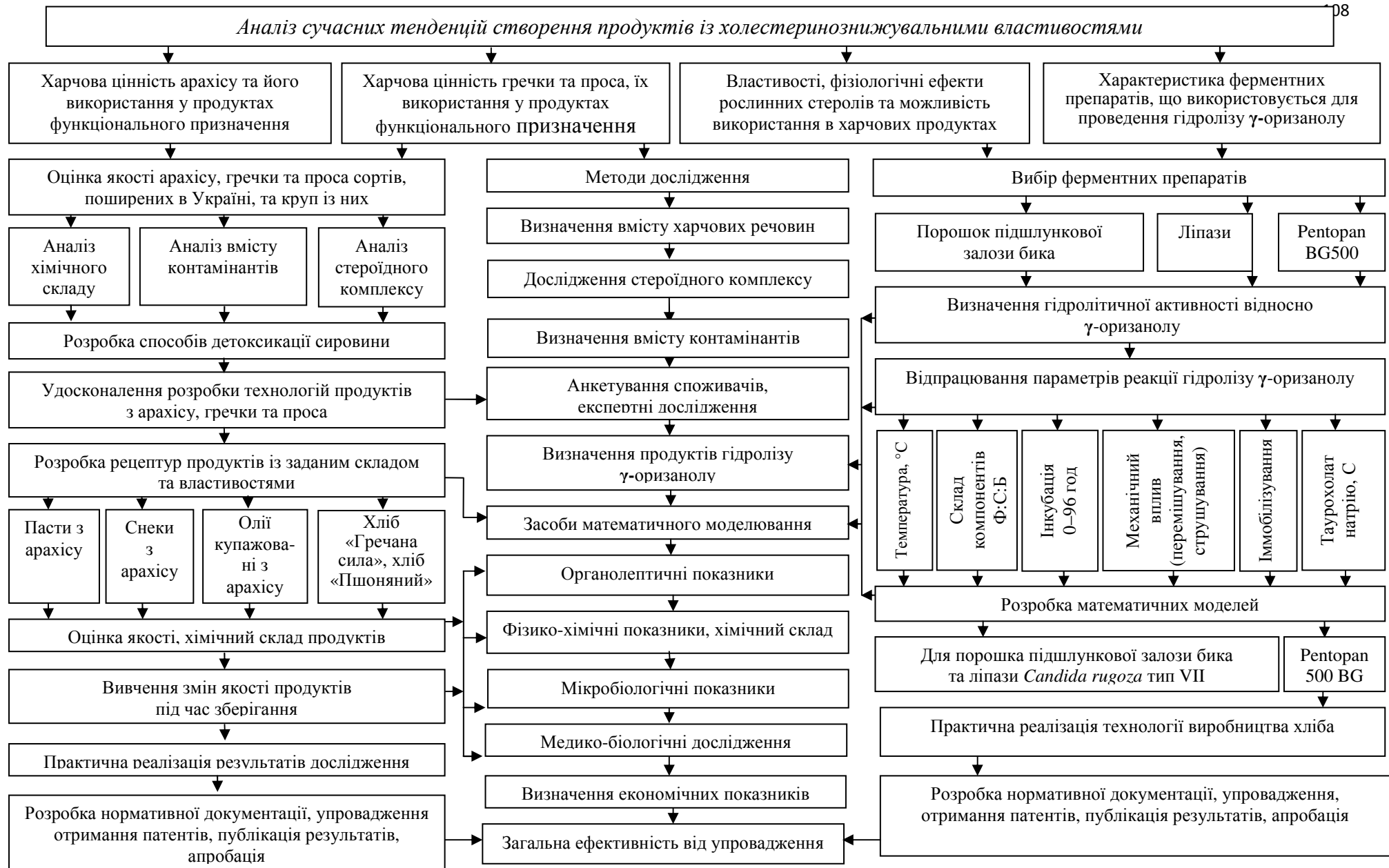


Рис. 2.1. Програма проведення дослідження

2.3.1. Стандартні та спеціальні методи дослідження. Стандартні методи дослідження наведено в табл. 2.1, спеціальні – описано детальніше й подано нижче.

Таблиця 2.1

Методи, використані під час дослідження

Показник	Методи дослідження	Літературне джерело
1	2	3
<i>Органолептичні методи аналізу</i>		
Відбір проб, органолептичні показники	Органолептичні методи визначення	[327–339]
<i>Методи дослідження загального хімічного складу та фізико-хімічних показників</i>		
Масова частка вологи, %	Висушування до постійної маси	[340–342]
Масова частка білка, %	Метод К'ельдаля	[343]
Масова частка жиру, %	Екстракційно-ваговий метод Сокслета	[344; 345]
Масова частка цукрів, %	Фериціанідний мікрометод	[346]
Вміст пектинових речовин, %	Ваговий кальцієво-пектатний метод	[347]
Масова частка крохмалю, %	Поляриметричний метод	[347]
Масова частка клітковини, %	Метод проміжного фільтрування	[348]
Масова частка золи, %	Метод озолення	[349]
Масова частка органічних кислот, %	Метод титрування	[350]
Амінокислотний склад білка, г/100 г	Метод іонообмінної колонкової хроматографії	[351]
Жирнокислотний склад жиру, г/100 г	Метод газової хроматографії	[352]
Вміст фітостеролів, мг/100 г	Метод газової хроматографії	[353]
Вітамін Е, мг/100 г	Фотометричний метод	[354]
Вітаміни В ₁ і В ₂ , мг/100 г	Флюориметричний метод	[354]
Вітамін РР, мг/100 г	Колориметричний метод	[354]
β-каротин, мг/100 г	Спектрофотометричний метод	[354]
Вітамін С	Йодофенольний метод	[355]
Калій, Натрій, мг/100 г	Метод полум'яної фотометрії	[356; 357]
Кальцій, мг/100 г	Титриметричний метод	[358]
Фосфор, мг/100 г	Спектрофотометричний метод	[359]
Магній, Ферум, Манган, мг/100 г	Атомно-абсорбційний метод	[360–362]
Кислотне число жиру, мг КОН/г	Титриметричний метод	[363]
Перекисне число жиру, 1/2О ммоль/кг	Титриметричний метод	[364; 365]
Перетравність білка	Фотоколориметричний метод	[366]
Масова частка вологи звареної крупи, %	Висушування до постійної маси	[342]
Коефіцієнт розварюваності крупи	Метод вимірювання об'єму каші та крупи	[367]
Фізико-хімічні показники хліба	Вологість – метод висушування. Кислотність – арбітражний метод. Пористість – за допомогою приладу Журавльова	[368]

Продовження табл. 2.1

1	2	3
Вихід хліба, %	Розрахунковий метод	[369]
Енергетична цінність хліба, ккал	Розрахунковий метод	[369]
Водоутримувальна здатність борошна, %	Ваговий метод	[370]
Крихкість хліба, %	Ваговий метод	[370]
Водопоглинальна здатність м'якушки хліба, %	Ваговий метод	[370]
Визначення кольорових характеристик	Метод МКО (СІЕ) і спектрофотометричний метод	[371]
<i>Методи дослідження токсичних речовин</i>		
Мінералізація проб	Метод озолення та кислотна екстракція	[372]
Свинець, Кадмій, Мідь, Цинк, Залізо, мг/кг	Атомно-абсорбційний метод	[373]
Питома активність ¹³⁷ Cs та ⁹⁰ Sr, Бк/кг	Із використанням гамма-спектрометра (СЕГ-002 «АКП-П» №3268) та бета-спектрометра (СЕБ-01-150 №17603)	[374]
Афлатоксин В ₁	Метод тонкошарової хроматографії на пластинках Silufol	[375]
Нітрати, мг/кг	Потенціометричний метод із використанням іонселективного нітратного електрода	[376]
Щавлева кислота, мг/кг	Титриметричний метод	[354]
<i>Мікробіологічні методи дослідження</i>		
Відбір і підготовка проб для мікробіологічного аналізу	Мікробіологічні методи	[377]
МАФAM КУО/г		[378]
БКГП в 1 г		[379]
Кількість дріжджів і плісені, КУО/см ³		[380]
Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i>		[381]

Визначення активності ферментних препаратів методом капілярної газової хроматографії з використанням етилферуляту [54]

У ході експерименту 50 мкл 4,9 мМ розчину етилферуляту суспендували в 450 мкл ферментного буфера рН 6,0 у флаконі на 1,5 мл і гомогенізували протягом 10 хв в ультразвуковій бані. Для отримання двофазної системи до гомогенізованого розчину додавали 200 мкл n-гексану. Потім додавали по 5 мг ферментного препарату в кожному випадку. Партії інкубували на водяній бані протягом 15 хв, постійно струшуючи (200 об/хв), при 45°C, партії з ліпазою VII *C. rugosa* при 37°C. Інкубацію припиняли, поміщаючи партії в

силіконову баню при 100°C на 5 хв. Потім додавали 50 мкл розчину внутрішнього стандарту (2) і гомогенізували протягом 10 хв в ультразвуковій бані. Партії екстрагували тричі по 400 мкл МТБЕ щоразу. Екстракт МТБЕ сушили над Na₂SO₄ (безводним), потім продували азотом. Залишок силілували, потім аналізували за допомогою капілярної газової хроматографії. Крім того, були приготовлені партії без додавання ферментів, щоб перевірити стабільність відповідного субстрату проти неферментативного гідролізу.

*Фотометричне визначення активності ферментних препаратів із використанням *n*-нітрофенілпальмітату [54]*

Фотометричне визначення активності ліпази проводили на фотометрі UVICON 420. Для цього 100 мкл 10 мМ розчину *n*-нітрофенілпальмітату переносили у флакон на 1,5 мл. Після видалення розчинника азотом додавали 900 мкл 100 мМ буфера фосфату натрію-NaCl рН 7,0 і 5 мг ферменту. Потім партії інкубували на водяній бані протягом 2 год, постійно струшуючи (200 об/хв), при 45°C (Pentopan BG500, ліпаза *C. antarctica* типу А і типу В) або 37°C (ліпаза *C. rugosa*). Після цього партії фільтрували крізь мембрану. Потім 600 мкл відфільтрованого розчину розбавляли 1900 мкл води Millipore кімнатної температури при 400 нм порівняно з контрольним значенням. Холосте значення визначали шляхом приготування партії без додавання ферменту.

Для кількісної оцінки виходу *p*-нітрофенілпальмітату фотометр калібрували за допомогою *n*-нітрофенолу. Для цього були приготовані партії з 50,0 мкл, 10,0 мкл, 1,0 мкл або 0,1 мкл калібрувального розчину *n*-нітрофенолу замість розчину *p*-нітрофенілпальмітату, оброблені й виміряні, але без додавання ферментів й інкубації. Концентрації калібрувальних розчинів були обрані таким чином, щоб кількість доданого *n*-нітрофенолу відповідала конверсії *n*-нітрофенілпальмітату 50,0%, 10,0%, 1,0% і 0,1% відповідно. Конверсію гідролізу *n*-нітрофенолу пальмітату після

ферментативної реакції визначали з використанням калібрувальної кривої (абсорбція як функція концентрації *p*-нітрофенолу).

Проведення гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика
[54]

Спочатку 300 мкл 100 мМ буфера фосфату натрію-NaCl pH 7,0 і 500 мкл 12 мМ або 48 мМ розчину таурохолату натрію переносили в пробірку на 1,5 мл. Потім додавали 50 мкл 16,1 мМ розчину γ -оризанолу, суміш гомогенізували протягом 10 хв в ультразвуковій бані. Після цього додавали 5 мг порошку бичачої підшлункової залози і 200 мкл ферментного буфера pH 6,0 й інкубували протягом 12 год або 24 год при 37°C на водяній бані, постійно струшуючи (200 об/хв) або перемішуючи. Інкубацію суміші завершували в тепловій силіконовій бані при 100°C протягом 5 хв. Після охолодження до кімнатної температури додавали 50 мкл розчину внутрішнього стандарту (1) і перемішували протягом 10 хв в ультразвуковій бані. Партію екстрагували тричі по 400 мкл МТБЕ щоразу. Розчинник об'єднаних екстрактів МТБЕ видаляли в атмосфері азоту, залишок силілували. Силіловані зразки аналізували з використанням ГХ/ПД. Стійкість γ -оризанолу до неферментативного гідролізу перевіряли з використанням контрольного значення без додавання ферменту.

Проведення гідролізу γ -оризанолу ліпазами і Pentopan BG500

По 50 мкл розчину γ -оризанолу суспендували в 450 мкл ферментного буфера (pH 6). Партії гомогенізували протягом 10 хв в ультразвуковій бані. Потім додавали 5 мг або 100 мг ферментного препарату й інкубували на водяній бані протягом 24 год, постійно струшуючи (400 об/хв), при 45°C або 37°C (ліпаза *C. rugosa*). Інкубацію партії завершували в силіконовій бані при 100°C протягом 5 хв. Після охолодження до кімнатної температури додавали 50 мкл розчину внутрішнього стандарту (1) і перемішували протягом 10 хв в ультразвуковій бані. Партію екстрагували тричі по 400 мкл МТБЕ щоразу.

Розчинник об'єднаних екстрактів МТВЕ видаляли в атмосфері азоту, залишок силілували. Силіловані зразки аналізували з використанням ГХ/ПД. Подальші партії гідролізу інкубували в таких реакційних середовищах:

1) 200 мкл ферментного буфера рН 6 + 250 мкл 48 мМ розчину таурохолату натрію;

2) двофазна система: 200 мкл ферментного буфера рН 6 + 250 мкл 48 мМ розчину таурохолату натрію + 200 мкл *n*-гексану.

Стабільність γ -оризанолу до неферментативного гідролізу перевіряли за допомогою холостого значення.

Імобілізація порошком підшлункової залози бика

- Адсорбція. На основі методу Patel та ін. (1991): 50 мг порошку підшлункової залози бика розчиняли в 1 мл дистильованої води і центрифугували при 4°C. 500 мкл супернатанту додавали до 20 мг макропористого поліпропіленового порошку Accurel MP1000, який попередньо тричі промивали 500 мкл метанолу і сушили на роторному випарнику (Т = 40°C, р = 300 мбар). Потім суміш струшували за кімнатної температури протягом 24 год при 200 об/хв. Після цього порошок промивали 1 мл бідистильованої води і сушили на роторному випарнику (Т = 40°C, р = 300 мбар, t = 36 год).

Отриманий ферментний препарат тестували на активність за гідролізом стерилферуляту в тестових партіях з γ -оризанолом.

- Адсорбція і зшивання (з глутаровим альдегідом). Імобілізація проводилася методом Osborne та ін. (2006): 500 мкл 5 мМ буфера фосфату натрію-NaCl (рН 7,0) додавали до 50 мг порошку підшлункової залози великої рогатої худоби. Після стадії центрифугування 400 мкл розчину ферменту і 400 мкл бідистильованої води струшували з 100 мг попередньо обробленого макропористого поліпропіленового порошку Accurel MP1000 протягом 4 год при 3°C при 300 об/хв. Потім воду випарювали (Т = 7°C, р = 10 мбар, t = 1,3 год). Після додавання 1,5 мл ацетону суміш струшували

(300 об/хв) протягом 1 год. Потім додавали 5 мкл глутарового альдегіду і струшували (30 об / хв) за кімнатної температури протягом 21 год. Розчинник випарювали на роторному випарнику ($T = 30^{\circ}\text{C}$, $p = 300$ мбар, $t = 1,3$ год).

Отриманий ферментний препарат тестували на активність за гідролізом стерилферулату в тестових партіях з γ -оризанолом.

Переетерифікація

Спочатку 50 мкл 16,1 мМ розчину γ -оризанолу поміщали в пробірку на 1,5 мл і розчиняли в 250 мкл МТВЕ і 500 мкл 5,4 М розчину метилат натрію. Розчин нагрівали до кипіння в закритій посудині на FID газового хроматографа, потім залишали в темряві на 30 хв. Після цього розчин знову нагрівали до кипіння і після охолодження переносили в пробірку на 10 мл. Потім додавали 50 мкл відповідного розчину внутрішнього стандарту (2). Після додавання 1 мл дихлорметану і 4 мл 0,7 М соляної кислоти розчин енергійно струшували. Фазу дихлорметану переносили в пробірку на 1,5 мл піпеткою Пастера і сушили, використовуючи Na_2SO_4 (безводний). Осушену дихлорметанову фазу продували азотом, залишок силілували й аналізували методом капілярної газової хроматографії.

Силілування

Дослідний зразок змішували з 10 мкл піридину, 50 мкл BSTFA + 1% TMCS в атмосфері аргону. Потім зразок нагрівали до 80°C протягом 20 хв у силіконовій бані. Після охолодження силілованого зразка його розбавляли 90 мкл гексану й аналізували методом капілярної газової хроматографії. Силіловані зразки зберігали при $5...8^{\circ}\text{C}$ в холодильнику.

Визначення продуктів ферментативного гідролізу γ -оризанолу

Ферментативне гідролізне перетворення γ -оризанолу визначали методом капілярної газової хроматографії на GC 8000 і на HRGC 3000, були оснащених інжектором на колонці й полум'яно-іонізаційним детектором (FID). Детальний опис умов хроматографування наведено в додатку В.

Конверсія гідролізу розраховувалася за наступним рівнянням:

$$\text{Конверсія гідролізу (\%)} = \frac{A_{\text{стерол (e)}} \times A_{IS(U)}}{A_{\text{стерол (U)}} \times A_{IS(e)}} \times 100 \quad (2.1)$$

де А стерол (e): площа піка стеролу після ферментативного гідролізу;

А IS (e): Площа піка внутрішнього стандарту після ферментативного гідролізу;

А стерол (U): площа піка стеролу після хімічної переетерифікації;

А IS (U): Площа піка внутрішнього стандарту після хімічної переетерифікації.

Ідентифікація продуктів гідролізу за допомогою мас-спектроскопії [54].

Мас-спектрометричні дослідження проводили на Trace GC ultra з мас-спектрометром Trace DSQ від Thermo Finnigan, м. Остін, Техас. Програмне забезпечення Xcalibur 1.4 SR1 (Thermo Finnigan, м. Остін, Техас) використовували для аналізу ГХ-МС. Детальний опис умов мас-спектроскопіювання наведено в додатку В.

Визначення біологічної цінності білка [382]

Скор засвоюваних незамінних амінокислот визначали шляхом порівняння кількості кожної незамінної амінокислоти у випробуваному білку з кількістю цієї самої амінокислоти в гіпотетичному білку за амінокислотною шкалою ФАО/ВООЗ. Обчислення амінокислотного скору (АКС) кожної незамінної амінокислоти проведено за формулою:

$$C_j = \frac{AK_i}{AK_i^{etal}} \times 100, \quad (2.2)$$

де C_j – амінокислотний скор i -ї незамінної амінокислоти білка, %;

AK_i – вміст незамінної амінокислоти білка арахісу, г/100 г білка;

AK_i^{etal} – вміст незамінної амінокислоти в еталонному білку, г/100 г.

Лімітуючою біологічну цінність вважається амінокислота, скор якої має найменше значення. Коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору (КРАС) показує середню величину надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот порівняно з найменшим рівнем скору будь-якої незамінної амінокислоти. КРАС обчислюється за формулою:

$$KPAС = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta PAC}{n}, \quad (2.3)$$

де ΔPAC – розбіжність амінокислотного скору амінокислоти, що обчислюється за формулою:

$$\Delta PAC = C_i - C_{min}, \quad (2.4)$$

де C_i – надлишок скору i -ї незамінної амінокислоти, %;

C_{min} – мінімальний із скорів незамінної амінокислоти дослідного білка відносно еталона,

%; n – кількість незамінних амінокислот.

Величина біологічної цінності визначається за формулою:

$$BC = 100 - KPAС. \quad (2.5)$$

Визначення відповідності сировини критеріям радіаційної безпеки
[383]

Для визначення відповідності сировини критеріям радіаційної безпеки використовується показник відповідності, значення якого розраховується за результатами вимірювання питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr за формулою:

$$B = \frac{A_{Cs}}{DP_{Cs}} + \frac{A_{Sr}}{DP_{Sr}}, \quad (2.6)$$

де B – показник відповідності, відн. од.;

A_{Cs}, A_{Sr} – результати вимірювання питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr в дослідних зразках сировини, Бк/кг;

DP_{Cs}, DP_{Sr} – нормативи вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в сировині, Бк/кг.

Значення абсолютної похибки визначення показника ΔB розраховується за формулою:

$$\Delta B = k_p \sqrt{(\Delta A_{Cs} / DP_{Cs})^2 + \Delta A_{Sr} / DP_{Sr})^2}, \quad (2.7)$$

де ΔB – абсолютна похибка визначення показника відповідності, відн. од.;

k_p – коефіцієнт, що залежить від прийнятої надійної ймовірності та закону розподілу випадкових величин A_{Cs} , A_{Sr} (для надійної ймовірності 0,95 та невідомого закону розподілу $k_p = 1,1$);

ΔA_{Cs} , A_{Sr} – абсолютні похибки вимірювання питомих активностей ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Оцінювання сировини щодо її придатності до використання за призначенням проводиться шляхом перевірки виконання такої умови:

$$B + 0,6\Delta B \leq 1,0, \quad (2.8)$$

де 0,6 – коефіцієнт, розрахований для достовірності контролю, що характеризується надійною ймовірністю 0,95.

Сировина вважається придатною до використання за призначенням, якщо критерій оцінки не перевищує 1,0.

Визначення вмісту флавоноїдів [384]

Вміст флавоноїдів визначали за допомогою хімічних методів аналізу, які включають приготування спиртової витяжки, додавання реактивів для отримання барвних сполук, вимірювання оптичної густини розчинів та визначення вмісту флавоноїдів за калібрувальним графіком.

Визначення масової частки флавонолів базується на їх здатності утворювати з хлористим алюмінієм комплекси жовтого кольору та вимірюванні оптичної густини забарвленого розчину. Після вимірювання густини за калібрувальним графіком (додаток Г) знаходять вміст флавонолів у перерахунку на кверцетин. Метод визначення масової частки катехинів базується на їх здатності утворювати зі свіжоприготованим ванільним реактивом сполуки, забарвлені в червоний колір, та зміні оптичної густини.

Кількість катехінів знаходять за калібрувальним графіком, побудованим за комплексом катехінів (додаток Г).

Кількість флавонолів і катехінів розраховують за формулою:

$$X = \frac{C \times 50 \times 100}{A \times 3}, \quad (2.9)$$

де X – масова частка флавонолів (катехінів) у 100 г продукту, 10^{-3} г;

C – кількість флавонолів (катехінів), знайдена за калібрувальним графіком;

A – наважка, г; 50 – об'єм витяжки, см^3 ;

100 – перерахунок на 100 г продукту.

Лейкоантоціаніди (проантоціаніди), як і катехіни, є безбарвними сполуками. Лейкоантоціаніди в разі нагрівання з кислотами перетворюються на антоціаніди і набувають червоного забарвлення (ціанідин). Саме на цих здатностях заснований метод визначення вмісту лейкоціанідів із подальшим вимірюванням оптичної густини дослідних зразків.

Визначення антиоксидантної активності [385]

Для дослідження антиоксидантної активності харчових продуктів та рослинної сировини використовують різні методи: метод визначення сумарної кількості антиоксидантних речовин, що містяться в дослідних зразках; метод якісного і кількісного визначення окремих речовин найчастіше хроматографічним розділенням екстрактів; метод визначення сумарної антиоксидантної активності дослідних сумішей.

Найчастіше замість окремих сполук або сумарної кількості антиоксидантних речовин визначають інтегральну (загальну) антиоксидантну активність (ІАА). Цей показник також має назву «сумарна антиоксидантна ємність» (Total Antioxidant Capacity – ТАС) і визначається електрохімічними, оптичними або кінетичними методами через модельні реакції за участю окиснювачів або речовин, що генерують радикали.

Для розрахунку ІАА гречаної крупи та пшона було використано метод, який базується на спектрофотометричному визначенні вмісту феро-іона, який утворюється внаслідок відновлення Fe^{3+} до Fe^{2+} (метод FRAP – Ferric Reducing / Antioxidant Power). При цьому розчин змінює свій колір від жовтого до червоного [386; 387].

Спектрофотометричні дослідження проводили на спектрофотометрії СФ-2000 в спектральному діапазоні 400–800нм (спектральна щілина 0,002мм) в 1 см кварцових кюветах. Проміжки часу фіксували за показаннями цифрового секундоміра.

Окисно-відновний потенціал цієї реакції $E = 1,10$ В, що дозволяє визначати широкий спектр сполук-антиоксидантів. Комплекс фероїну дуже стійкий і утворюється в широкому інтервалі рН (від 2 до 9), а також має великий коефіцієнт молярного світлопоглинання ($\epsilon = 11100$), що створює умови для високочутливого та селективного визначення.

Окисно-відновна здатність обраної індикаторної системи і чутливість визначення залежать від кількості й співвідношення Fe (III) і 1,10 фенантроліну, які доцільно вводити в реакцію разом у вигляді комплексного реагенту. Екстракти готували із зразків крупи гречаної та пшона з використанням 96% етанолу. Для дослідження обрано гречану крупу із сорту Дощик та пшоно із сорту Вітрило. Отриманий екстракт фільтрували в мірну колбу місткістю 25 мл, доводили до мітки 96% етанолом і проводили спектрофотометричні вимірювання.

За характером смуги поглинання фероїну та вихідних сполук визначається оптимальна довжина хвилі, на якій проводять подальші дослідження. Величина зміни світлопоглинання (dA) характеризує світлопоглинання утвореного фероїну, розраховується як різниця між поточним показником світлопоглинання розчину (A) та вихідними значеннями світлопоглинання реагенту ($A_{\text{реагенту}}$) й екстракту ($A_{\text{екстракту}}$):

$$dA = A - A_{\text{реагенту}} - A_{\text{екстракту}} \quad (2.10)$$

Для вибору стандарту сполуки-антиоксиданту проводять спектрофотометричні дослідження на модельних розчинах речовин, які, як відомо, мають антиоксидантну активність і містяться в рослинній сировині (кверцетин, аскорбінова кислота та флавіон). Для визначення антиоксидантної активності харчових продуктів будуються градувальні графіки залежності світлопоглинання від концентрації модельних сполук.

Інтегральну антиоксидантну активність (ІАА) дослідних зразків розраховували за формулою:

$$IAA = 1000 \cdot \frac{c_{AK} \left(\frac{g}{L} \right) \cdot V_{екстракту} (л)}{m_{крупы} \cdot \Gamma}, \text{ мг/г}, \quad (2.11)$$

де c_{AK} – знайдена за градувальним графіком еквівалентна концентрація аскорбінової кислоти, г/л;

$V_{екстракту}$ – об'єм екстракту, л;

$m_{крупы}$ – маса наважки зразка крупи, г.

На практиці ІАА визначають у перерахунку на стандарт, тобто вказують масу або число молів, які в зазначених умовах видають такий самий аналітичний сигнал, що і 1 г досліджуваного об'єкта.

Метод FRAP дозволяє визначати споживну цінність різних продуктів переробки рослинної сировини та інших джерел надходження антиоксидантів у організм людини, оскільки інтегральний показник, що розраховується, є прямо пропорційним ΣC_{AO} .

Визначення антиоксидантних властивостей арахісу та продуктів із нього

Антиоксидантні властивості було вивчено методом визначення періоду індукції на кривій окиснення зразка. Методика полягає у визначенні залежності кількості поглиненого кисню від часу в процесі ініційованого окиснювання зразка за підвищеної температури [385]. Окиснення проводили на манометричній установці за температури 75°C; перед додаванням до реактора зразок розчиняли у ксилолі у співвідношенні 1,4:1,0. У ролі

ініціатора використовували азоізобутиронітрил (АІБН), який забезпечує постійну швидкість ініціювання.

$$[InH] = \frac{1 \cdot [AIBH] \cdot (1 - e^{-K_i \tau})}{f} = 0,48 \cdot [AIBH] \cdot (1 - 0,99999^\tau), \quad (2.12)$$

де $[AIBH]$ – початкова концентрація ініціатора, моль/дм³;

K_i – константа швидкості розпаду ініціатора, що становить $6 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$;

$1/f = 0,48$ – (1 – вихід радикалів під час розпаду однієї молекули ініціатора);

f – коефіцієнт інгібування, який дорівнює числу ланцюгів, що обриваються однією молекулою антиоксиданту;

τ – експериментально визначений період індукції, с.

Під час розрахунку концентрації антиоксидантів у формулу (2.12) підставлено використану в експерименті й розраховану молярну концентрацію ініціатора ($[AIBH] = 3,28 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$) та експериментально визначений період індукції.

Повторюваність усіх дослідів була триразова. Результати досліджень обробляли методами математичної статистики й кореляційного аналізу на ПК за допомогою програм Microsoft Word, Microsoft Excel та Mathcad.

2.3.2. Метод кластерного аналізу. Для розподілу сортів арахісу за напрямками використання застосовували метод кластерного аналізу [388]. Загальний алгоритм розподілу дослідних сортів арахісу на функціонально подібні групи, які передбачаються для подальшого використання шляхом технологічної переробки, може бути представлений таким чином. Створюється й вводиться в ПК інформація про «ідеальні показники» груп, на які треба поділити загальний масив даних. Потрібна кількість груп визначається шляхом попереднього аналізу. Також вводяться дані про

реальні показники сортів, отримані під час дослідження, які передбачається поділити на групи з метою подальшого дослідження.

Для кожного «ідеального» представника групи також визначено допустиме максимальне значення відхилення $\rho_{i,\max}$ від «ідеального» значення:

$$\rho_{i,\max} = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{a_j - \Delta_j}{a_j} \right)^2}, \quad (2.13)$$

де $\Delta_j = 0,5\Delta_{j,\max}$, $\Delta_{j,\max}$ – максимальна межа відхилення j -го «ідеального» показника, що аналізується.

Таким чином, якщо виконується умова $\rho_i \leq \rho_{i,\max}$, то i -й представник може бути включений у цю групу для подальших досліджень.

Аналізуючи вираз (2.13), бачило, що допустиме значення ρ_i знаходиться в межах $0 \leq \rho_{i,\max}$. Таким чином, чим менше значення ρ_i , тим ближче об'єкт дослідження наближається до сукупності показників, які вважаються «ідеальними».

Аналіз об'єктів дослідження за наведеною формулою 2.13 виконується програмою Mathcad із використанням відповідних програм [389; 390].

2.3.3. Методи математичного моделювання рецептур нових продуктів.

Моделювання рецептури арахісових паст

Розробку рецептур нових паст на основі арахісу здійснювали за допомогою методу математичного моделювання за критерієм мінімізації енергетичної цінності, підбираючи сировинні компоненти із заданими обмеженнями величини функції та регульованих показників [391; 392].

Цільова функція в такому випадку обмежена енергетичною цінністю продукту, що проектується:

$$F = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n = \min, \quad (2.14)$$

де $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – калорійність відповідного компонента композиції, ккал;

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ – відносний вміст сировинних компонентів у композиції, % мас.

Обмеження на регульовані показники в композиції, що проектується, визначено за формулою:

$$K_1 X_1 + K_2 X_2 + K_3 X_3 + \dots + K_n X_n = Y_n, \quad (2.15)$$

де $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ – середня величина відносного вмісту регульованого показника в конкретному сировинному компоненті;

Y_n – величина регульованих показників у продукті.

Розв'язання цих систем рівнянь здійснюється з використанням пакетів програм з оптимізації рецептур харчових продуктів, що дозволяють у результаті їх математичної обробки визначити відносний вміст сировинних компонентів та величину енергетичної цінності модельованих композицій.

На першому етапі проектування необхідно було дібрати композицію інгредієнтів для одержання арахісових паст із органолептичними показниками, близькими до еталонних (додаток Д, табл.Д1).

Значення X_{imin} та X_{imax} обумовлювались органолептичними показниками якості (додаток Д, табл.Д2).

Після встановлення обмежень за органолептичними показниками здійснювали проектування рецептурного складу паст шляхом науково обґрунтованого складання композицій з урахуванням основних вимог теорії збалансованого харчування.

Сировинні компоненти підбирали із заданими обмеженнями величини функції та регульованих показників для забезпечення потреби організму у вищевказаних речовинах у кількості 30% від добової норми споживання, що наведена в додатку Д, табл. Д3.

Ураховували також умови невід'ємності всіх змінних:

$$X_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.16)$$

та умову

$$\sum_{i=1}^n X_i = g, \quad (2.17)$$

де g – задана кількість суміші.

Моделювання рецептури олії арахісової купажованої

Розв'язання задачі з оптимізації жирнокислотного складу олій здійснювали за допомогою математичних розрахунків [393]. В основу розрахунку збалансованого купажу олій покладено вимоги дієтологів жирнокислотного складу олій, який наведено в табл. 2.2, та співвідношення МНЖК:ПНЖК як 1:1, а ω -3: ω -6 як 1:5 (для лікувально-профілактичного призначення). Максимально допустима концентрація лляної олії в сумішах, яка не знижує їх якості, становить не більше 17,1% [394].

Таблиця 2.2

Жирнокислотний склад олій, %

Жирна кислота		Олія	
		арахісова	лляна
НЖК	міристинова	0,4	0
	пальмітинова	4,6	6
	стеаринова	2,4	4
	лауринова	0,2	0
	бегенова	0	0,3
	арахінова	0	0,5
	Усього	7,6	10,8
МНЖК	олеїнова	50	20
	ерукова	0	0,3
	пальмітолеїнова	0,2	0
	Усього	50,2	20,3
ПНЖК	лінолева	41	14
	ліноленова	0,1	54
	Усього	41,1	68

Розрахунок купажу олій проводили шляхом розв'язання системи рівнянь із двома змінними:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{K_a^2 x + K_n^2 y}{K_a^3 x_a + K_n^3 y_n} = k \\ \frac{Mx + My}{Px + Py} = z \\ x + y = 1 \\ 0 < x < 1 \\ 0 < y < 0,171, \end{array} \right. \quad (2.18)$$

де x та y – масова частка арахісової та лляної олії відповідно;

$K_a^2, K_l^2 (K_a^3, K_l^3)$ – масова частка жирних кислот родини ω -6 (ω -3);

k – коефіцієнт співвідношення вмісту жирних кислот родини ω -6 (ω -3) у суміші олій (приймається від 3 до 10 і залежить від вимог дієтологів);

M, P – масова частка мононенасичених і поліненасичених жирних кислот відповідно;

z – коефіцієнт співвідношення вмісту мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Моделювання рецептурного складу нових видів хліба

Загальне вирішення цієї проблеми складається з трьох етапів. На першому етапі шляхом проведення цілеспрямованих експериментів знаходять об'єктивні залежності між компонентами рецептури готового продукту і тими значеннями, що являють собою показники якості. Визначення цих залежностей дає можливість отримати математичну модель процесу. На другому етапі досліджень, використовуючи методи оптимізації, на основі здобутої математичної моделі знаходять значення рецептури, що забезпечує максимальне значення обраного показника якості готового виробу (Додаток Д, табл. Д4). На останньому етапі остаточно перевіряють знайдені параметри розробленої рецептури на відповідність установленим показникам якості й у разі необхідності проводять корегування.

Для побудови математичної моделі за критерій оптимізації взято показник питомого об'єму готових виробів (Y , см³/г). Саме цей показник найкраще характеризує якість кожного зразка хліба. Математичну модель побудовано для визначення питомого об'єму хліба з гречаним борошном (Y_1) та хліба із пшоном (Y_2). Після ретельного аналізу компонентів, що входять до рецептури продукту, та технологічних параметрів, що впливають на якість хліба, було обрано вхідні змінні: x_1 – дозування ферментного препарату Пентопан ВГ500 (кг), x_2 – вологість тіста (%).

Для опису залежностей між вихідними змінними і вхідним параметром використано квадратичну модель вигляду:

$$Y_i(x_1, x_2) = a_{1,i} + a_{2,i}x_1 + a_{3,i}x_2 + a_{4,i}x_1^2 + a_{5,i}x_2^2 + a_{6,i}x_1x_2. \quad (2.19)$$

де $a_{1,i} \dots a_{6,i}$ – коефіцієнти математичної моделі, причому $i = 1 \dots 2$ та означає відношення до різних видів готового продукту;

Y_i – показник якості готової продукції.

Використання цієї моделі дає можливість знайти найкращі сполучення показників рецептури відносно показника якості.

Згідно із загальною теорією проведення експериментальних досліджень для визначення коефіцієнтів моделі шляхом проведення повного факторного експерименту необхідно побудувати таблицю, яка складається з дев'яти дослідів. У таблиці відтворюються всі можливі сполучення між вхідними змінними, також можуть додаватися й інші точки, які викликають певний науковий інтерес. Такий план експерименту (табл. 2.3) має назву D-оптимального [390].

Таблиця 2.3

Таблиця плану експерименту

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X ₁	-1	-1	1	1	0	0	-1	1	0
X ₂	-1	+1	-1	1	-1	+1	0	0	0

Як вхідні змінні в табл. 2.3 використано кодовані значення, які розраховуються за формулою:

$$Xi = \frac{x_i - \frac{x_{imax} + x_{imin}}{2}}{\frac{x_{imax} - x_{imin}}{2}}, \quad (2.20)$$

де $i = 1$ – означає кількість ферментного препарату;

$i = 2$ – вологість тіста.

За допомогою перетворення моделі (2.19) діапазон вхідних змінних дорівнює $(-1 \dots 1)$ і дає можливість швидко попередньо оцінити коефіцієнти математичної моделі.

Після побудови таблиці експерименту на її основі створюється матриця експерименту F , яка враховує обраний вид математичної моделі. У кожній точці експерименту проводилося не менше двох вимірювань із метою зменшення впливу похибок вимірювання, для подальшого обчислення коефіцієнтів моделі брали середнє значення проведених вимірювань.

Коефіцієнти моделі визначали за формулою:

$$a = (F^T F)^{-1} F^T Y, \quad (2.21)$$

де Y – матриця даних експерименту.

Для обчислення коефіцієнтів моделі використано пакет Mathcad. Перевірка математичної моделі на адекватність була проведена стандартними методами також із використанням пакета Mathcad [390].

2.3.4. Моделювання оптимальних режимів проведення гідролізу γ -оризанолу ферментними препаратами [390]. На першому етапі математичного моделювання гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика ставилося завдання пошуку оптимального співвідношення компонентів фермент–субстрат–буфер. Відповідні дані наведено в табл. 2.4.

Унаслідок регресійного аналізу цих даних запропоновано таку математичну модель:

$$y_1 = 27,7 \times x_1 - 4,59 \times x_2 + 8,32 \times x_3 + 0,122 \times x_2^2 - 0,592 \times x_3^2, \quad (2.22)$$

де y_1 – вихід кампестерилферуляту, %;

$$y_2 = 26,3 \times x_1 - 3,86 \times x_2 + 5,57 \times x_3 + 0,095 \times x_2^2 - 0,337 \times x_3^2, \quad (2.23)$$

де y_2 – вихід ситостерилферуляту, %;

x_1 – масова частка ферменту;

x_2 – масова частка субстрату;

x_3 – масова частка буфера.

Таблиця 2.4

Конверсія гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика залежно від варіацій співвідношення компонентів при $t = 37^{\circ}\text{C}$

№ п/п	Співвідношення компонентів			Вихід продуктів гідролізу, %	
	Фермент	Субстрат	Буфер	Кампестерил- ферулят	Ситостерилферулят
1	1	1	1	$36,6 \pm 0,4$	$31,6 \pm 0,9$
2	1	1	5	$50,3 \pm 0,5$	$41,2 \pm 0,8$
3	1	1	10	$41,3 \pm 1,2$	$41,5 \pm 0,4$
4	1	5	1	$11,3 \pm 0,1$	$11,1 \pm 0,5$
5	1	5	5	$38,4 \pm 0,5$	$31,8 \pm 0,5$
6	1	5	10	$32,2 \pm 4,8$	$31,9 \pm 4,6$
7	1	10	1	$0,30 \pm 0,04$	$2,1 \pm 0,03$
8	1	10	5	$16,7 \pm 0,3$	$14,4 \pm 0,2$
9	1	10	10	$23,5 \pm 0,6$	$21,8 \pm 0,5$

Відносна похибка апроксимації експериментальних даних за рівнянням (2.22) – 18%, рівнянням (2.23) – 11% у межах варіювання компонентів згідно з таблицею (2.4). На підставі цих математичних моделей проведено пошук оптимального співвідношення компонентів, які забезпечують максимум виходу продуктів гідролізу – кампестерилферуляту та ситостерилферуляту. Розв’язання оптимізаційної задачі проводилось у середовищі пакета Mathcad-15 за стандартною процедурою нелінійної оптимізації. Оптимальні співвідношення компонентів фермент–субстрат–буфер за максимальним виходом продуктів гідролізу за рівняннями (2.22) та (2.23) становили: 1:5:5.

Наступним етапом моделювання було визначення оптимальних режимів гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика, а саме вплив механічної дії, періоду інкубації, та концентрації таурхолату натрію. Наступна серія експериментів проводилася за оптимального співвідношення

компонентів фермент–субстрат–буфер як 1:5:5. Відповідні дані наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Конверсія гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика залежно від варіацій деяких чинників процесу при $t = 37^\circ\text{C}$ та співвідношенні компонентів фермент–субстрат–буфер як 1:5:5

№ з/п	Механічний вплив		Період інкубації, $\tau \times 60^{-2}$ (с)	Концентрація таурхолату натрію, мМ	Вихід продуктів гідролізу, %	
	Струшування*	Перемішування*			Кампестерил-ферулят	Ситостерил-ферулят
1	0	0	6	12	34,5	30,5
2	0	0	6	48	40,7	32,1
3	1	0	6	0	29,1	23,3
4	0	1	6	0	52,8	52,6
5	0	0	6	0	25,1	29,0
6	0	0	12	0	45,0	51,0
7	0	0	18	0	51,1	54,5
8	0	0	24	0	52,0	52,8

*Цифра 1 означає наявність механічного впливу, цифра 0 означає відсутність механічного впливу.

Унаслідок регресійного аналізу даних таблиці 2.5 запропоновано таку математичну модель:

$$y_1 = 22,4 - 1,76 \times x_1 + 21,9 \times x_2 + 1,40 \times x_3 + 0,211 \times x_4, \quad (2.24)$$

де y_1 – вихід кампестерилферуляту, %;

$$y_2 = 25,9 - 10,8 \times x_1 + 18,5 \times x_2 + 1,36 \times x_3 - 0,056 \times x_4, \quad (2.25)$$

де y_2 – вихід ситостерилферуляту, %;

x_1 – наявність струшування (1 або 0);

x_2 – наявність перемішування (1 або 0);

x_3 – період інкубації, $\times 60^{-2}$ (с);

x_4 – концентрація таурхолату натрію, мМ.

Відносна похибка апроксимації експериментальних даних за рівнянням (2.24) – 7%, рівнянням (2.25) – 8% у межах варіювання значущих чинників

згідно з таблицею 2.5. На підставі цих математичних моделей був проведений пошук оптимального співвідношення компонентів, які забезпечують максимум виходу продуктів гідролізу – кампестерилферуляту та ситостерилферуляту. Розв'язання оптимізаційної задачі проводилось у середовищі пакета Mathcad-15 за стандартною процедурою нелінійної оптимізації. Знайдені оптимальні режими гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози за максимальним виходом продуктів гідролізу кампестерилферуляту та ситостерилферуляту такі: наявність механічного впливу струшування = 1, перемішування = 1, період інкубації $\tau = 48 \times 60^2$ с, концентрація таурхолату натрію = 24 мМ.

Наступний етап моделювання присвячено процесу гідролізу γ -оризанолу ферментним препаратом Pentoran BG500. У табл. 2.6 наведено відповідні експериментальні дані. Співвідношення компонентів фермент-субстрат-буфер у цих експериментах було сталим; досліджувався вплив механічної дії, тривалості періоду інкубації та концентрації таурхолату натрію.

Таблиця 2.6

Конверсія гідролізу γ -оризанолу ферментним препаратом Pentoran BG500 залежно від варіацій деяких чинників процесу при $t = 45^\circ\text{C}$

№ з/п	Співвідношення компонентів			Механічний вплив		Період інкубації, $\tau \times 60^{-2}$, с	Концентрація таурхолату натрію, мМ	Вихід продуктів гідролізу, %	
	Фермент	Субстрат	Буфер	Струшування*	Перемішування*			Кампестерил-ферулят	Ситостерил-ферулят
1	20	1	1	0	0	12	0	8	27
2	20	1	1	0	0	12	0	4	22
3	20	1	1	0	0	24	0	5	29,5
4	20	1	1	0	0	36	0	6	21,3
5	20	1	1	0	0	24	48	28,44	44,43
6	20	1	1	0	1	24	48	18,35	35,81
7	20	1	1	1	0	24	48	28,45	44,51

*Цифра 1 означає наявність механічного впливу, цифра 0 означає відсутність механічного впливу.

Унаслідок регресійного аналізу даних табл. 2.6 знайдено таку математичну модель:

$$y_1 = 3,0 + 0,01 \times x_1 - 10,1 \times x_2 + 0,083 \times x_3 + 0,488 \times x_4, \quad (2.26)$$

де y_1 – вихід кампестерилферуляту, %;

$$y_2 = 24,9 + 0,08 \times x_1 - 8,62 \times x_2 - 0,029 \times x_3 + 0,42 \times x_4, \quad (2.27)$$

де y_2 – вихід ситостерилферуляту, %;

x_1 – наявність струшування (1 або 0);

x_2 – наявність перемішування (1 або 0);

x_3 – період інкубації, $\times 60^{-2}$, с;

x_4 – концентрація таурхолату натрію, мМ.

Відносна похибка апроксимації експериментальних даних за рівнянням (2.26) – 7%, рівнянням (2.27) – 8% у межах варіювання значущих чинників згідно з таблицею (2.6). На підставі цих математичних моделей проведено пошук оптимального співвідношення компонентів, які забезпечують максимум виходу продуктів гідролізу – кампестерилферуляту та ситостерилферуляту. Розв’язання оптимізаційної задачі проводилось у середовищі пакета Mathcad-15 за стандартною процедурою нелінійної оптимізації. Знайдені оптимальні режими гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози за максимальним виходом продуктів гідролізу – кампестерилферуляту та ситостерилферуляту такі: наявність механічного впливу струшування = 1, перемішування = 1, період інкубації $\tau = 48 \times 60^2$ с, концентрація таурхолату натрію = 24 мМ.

2.3.5. Медико-біологічні дослідження. Дослідження проведене на 42 сирійських золотавих хом’ячках-самцях (*Mesocricetus auratus*) віком 3 місяці масою 150–170 г, яких утримували в стандартних для даного виду тварин умовах (температура 18...25°C, відносна вологість повітря (55±10)%, 12:12 годинний цикл день-ніч, із вільним доступом до води та їжі) на базі віварію Навчально-наукового інституту прикладної фармації Національного

фармацевтичного університету. Дослідження проведене відповідно до Директиви Європейського Парламенту та Ради ЄС 2010/63/ЄС від 22 вересня 2010 р. «Про захист тварин, що використовуються в наукових цілях» (Протокол Комісії з біоетики №6 від 08.06.2021 р.) [395].

Після періоду адаптації стандартний раціон тварин заміщався на гіперкалорійну дієту. Відповідно до мети експерименту тварин було рандомізовано на 6 експериментальних груп (по 7 тварин у кожній):

- Негативний контроль (тварини, що знаходилися на стандартному збалансованому раціоні).
- Позитивний контроль (тварини, що знаходилися на модельному гіперкалорійному раціоні).
- Дослідна група №1 (тварини, що знаходилися на гіперкалорійному раціоні на основі молочної арахісової пасти).
- Дослідна група №2 (тварини, що знаходилися на гіперкалорійному раціоні на основі снекових продуктів з арахісу).
- Дослідна група №3 (тварини, що знаходилися на гіперкалорійному раціоні на основі гречаного хліба та арахісової олії).
- Дослідна група №4 (тварини, що знаходилися на гіперкалорійному раціоні на основі пшоняного хліба й арахісової олії).

Для оцінки розпаду вуглеводів та ліпідів раціон тварин заміщався на гіперкалорійні дієти впродовж шести тижнів. Стандартна дієта передбачала додавання в корм продуктів із високим вмістом жирів та харчової фруктози (490 ккал/100 г, 37% – жири, 29% – фруктоза) [396]. Дієти на основі дослідних продуктів харчування були ізокалорійними з варійованим вмістом жирів та вуглеводів. Раціон тварин інтактного контролю залишався незмінним (320 ккал/100 г, 12% – жири, ТУ.У15.7-2123600159-001, 2007).

Упродовж дослідження реєстрували масу тіла тварин у динаміці, з тижневими контрольними точками, за допомогою лабораторних ваг WLC 0/6/C/1. Перед зважуванням защічні мішки тварин обережно звільняли від залишків їжі.

Через 24 год після останньої доби дослідження тварин позбавляли вільного доступу до їжі на 12 год, після чого проводили евтаназію гуманним методом в CO₂-камері. Цільну кров забирали шприцом із нижньої порожнистої вени. Сироватку крові відділяли шляхом центрифугування при 1500 g впродовж 10 хв на рефрижераторній центрифугі Eppendorf 5702R (Eppendorf, Німеччина). Усі отримані зразки сироватки зберігалися при – 20°C.

Тварин препарували для хірургічного вилучення ретроперитонеальної й мезентеральної вісцеральної жирової тканини, масові коефіцієнти (МК) ретроперитонеальної та мезентеральної жирової тканини обчислювали окремо в перерахуванні на 100 г маси тіла тварини [397].

Вміст глюкози, триацилгліцеридів (ТГ), загального холестеролу (ХС), загальних ліпідів (ЗЛ) у сироватці крові хом'яків визначали колориметрично ферментними методами за допомогою відповідних стандартних наборів реактивів «Глюкоза-Ф» НР009.05, «Триацилгліцероли Ф» НР022.02, «Холестерол Ф» НР026.02, «Загальні ліпіди» НР011.01 (ТОВ НВП «Філісіт-Діагностика», Україна) на напівавтоматичному біохімічному аналізаторі MapLab Plus (BSI, Італія) [398]. Фракції холестеролу ліпопротеїнів низької (ЛПНЩ-ХС) та ліпопротеїнів високої щільності (ЛПВЩ-ХС) спочатку виділяли, а потім визначали за допомогою стандартних наборів реактивів «Cholesterol LDL precipitating reagent. Polyvinylsulphate/Polyethyleneglycol», «Cholesterol HDL precipitating reagent. Phosphotungstate/Mg+2» та «Cholesterol. Cholesteroloxidase/peroxidase» (BioSystems S.A., Іспанія).

Отримані результати обробляли методами математичної статистики. Результати виражали у вигляді середнього арифметичного значення (М) та стандартної помилки середнього (SEM). Для порівняння вибірок використовували параметричні апіорні (однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA) й апостеріорні (HSD-тест Тьюкі) методи аналізу. Вірогідність відмінностей визначали за рівнем значущості $P \leq 0,05$. Статистичну обробку

проведено з використанням базового пакета програм MS Excel 2007 та IBM SPSS Statistics 22 [399].

Висновки за розділом

1. Розроблено програму проведення дослідження, яка включає теоретичний аналіз наукових проблем дисертації, експериментальні дослідження й апробацію результатів досліджень.

2. Визначено об'єкти дослідження: модельні системи для проведення ферментативного гідролізу γ -оризанолу, визначення ферментативної активності відібраних ферментних препаратів, відпрацювання раціональних параметрів реакції ферментативного гідролізу γ -оризанолу; арахіс 19 сортів колекції Інституту олійних культур УААН України (подано характеристику їх сортових ознак), нові продукти на основі арахісу (арахіс смажений зі смакоароматичними добавками, арахісові пасти та олії арахісові купажовані) та їх аналоги; гречка 6 сортів, просо 5 сортів колекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, крупи з них, нові види хліба («Гречана сила» та «Пшоняний») та їх аналоги.

3. Обрано стандартні та спеціальні методи дослідження, а також методи математичного моделювання з використанням сучасних комп'ютерних програм.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГІДРОЛІЗУ γ -ОРИЗАНОЛУ3.1. Аналіз продуктів гідролізу γ -оризанолу

Для визначення продуктів гідролізу відповідного стерилферуляту як індикатор було обрано утворення стеролу, який швидко і легко виявити за допомогою капілярної газової хроматографії.

Передумовою для визначення конверсії гідролізу є знання конвертованої кількості використаних компонентів. Відповідну кількість стеролу при 100% гідролізі визначали шляхом хімічної переестерифікації метилатом натрію (рис. 3.1).

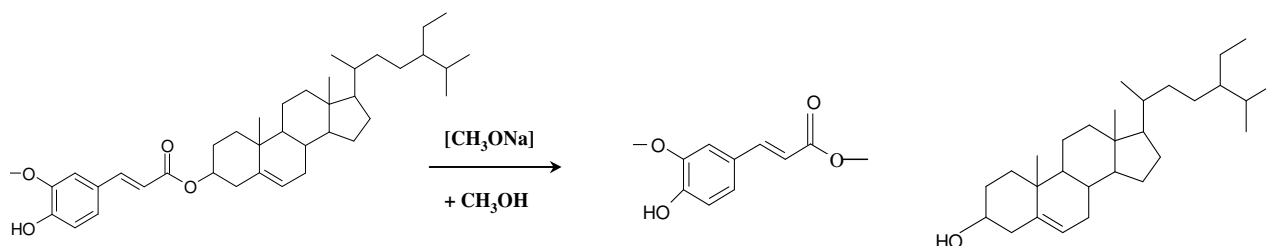


Рис. 3.1. Переестерифікація β -ситостерилферуляту

Як внутрішній стандарт використовували 5α -холестан- 3β -ол. Партії гідролізу екстрагували МТВЕ, після силілування екстракт досліджували на похідні ТМС стеринів за допомогою газової хроматографії з полум'яно-іонізаційним детектором.

Вивільнені стерини спочатку аналізували на термостабільній, відносно неполярній нерухомій фазі (DB-5ht). Міллером уже використовувалася 5% дифенілдиметилполісилоксанова фаза (DB-5) для кількісного визначення вільних стеринів під час гідролізу γ -оризанолу *in vitro* [60]. У разі використання таурохолату натрію на хроматограмах з'явився невідомий пік,

коелююваний із ТМС-ситостерином. Ці піки були розділені на стаціонарній трифторо-пропілметилполісилоксановій фазі із середньою полярністю (Rtx-200MS).

На рис. 3.2 показано капілярний газохроматографічний поділ стеринів, отриманих після переестерифікації γ -оризанолу на відносно неполярній (DB-5ht) і середньополярній стаціонарній фазі (Rtx-200MS).

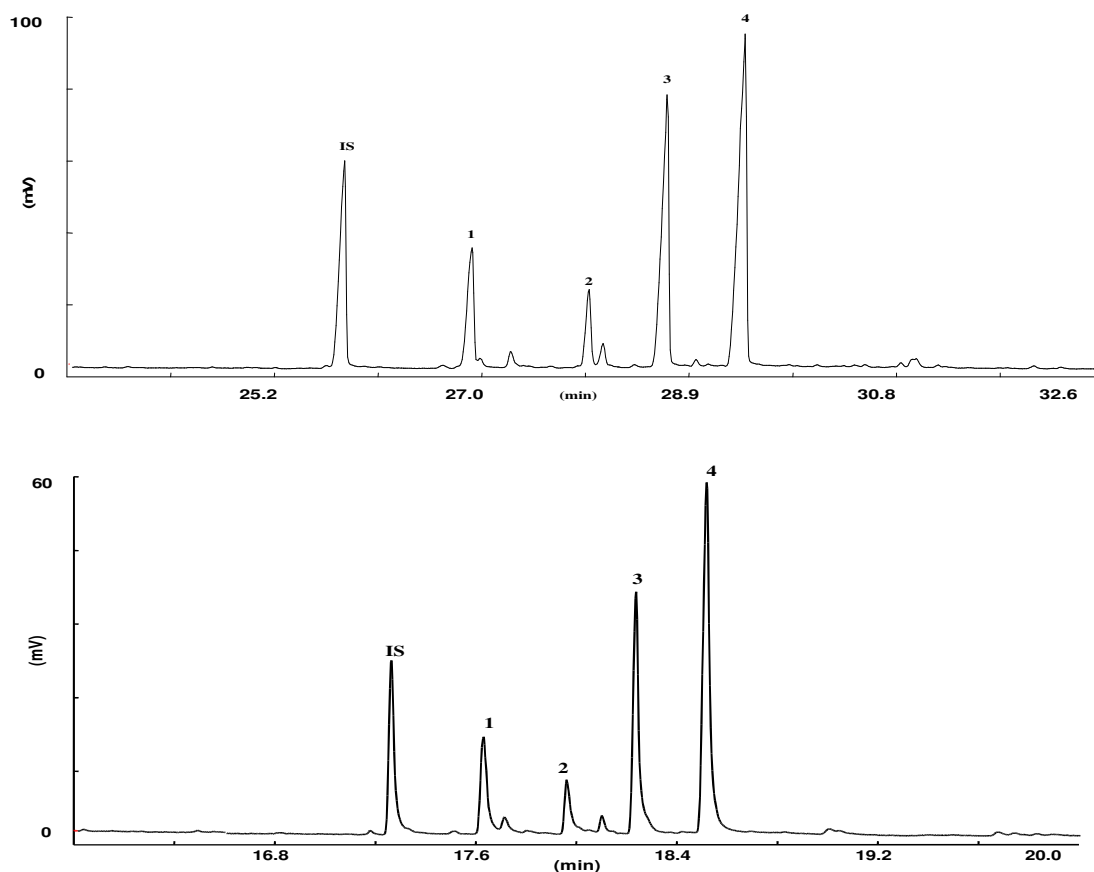


Рис. 3.2. Капілярний газохроматографічний поділ триметилсилільних похідних стеролу (похідних ТМС) після переестерифікації γ -оризанолу на нерухомих фазах DB-5ht (a) і Rtx-200MS (b): внутрішній стандарт (IS); кампестерин (1); β -ситостерин (2); циклоартенілферулят (3); 24-метиленциклоартанілферулят (4)

Елюювання силілованих стеринів із Rtx-200MS відбулося набагато раніше, та порядок елюювання був однаковим на обох колонках. Стериновий склад використовуваного γ -оризанолу наведено в табл. 3.1 [400].

Таблиця 3.1

Склад γ -оризанолу, використовуваного для гідролізу [54]

Компоненти γ -оризанолу	Mol, %	Маса, %
Кампестерилферулят	14,7 \pm 0,10	14,0 \pm 0,12
β -ситостерилферулят	7,5 \pm 0,12	7,3 \pm 0,12
Циклоартенілферулят	33,9 \pm 0,35	33,9 \pm 0,32
24-Метиленциклоартанілферулят	44,8 \pm 0,46	33,9 \pm 0,32

3.2. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика

3.2.1. Визначення гідролітичної активності порошку підшлункової залози бика. Гідроліз γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика вже описаний Miller, Majauskaite, Gerspach [54; 400]. Щоб перевірити гідролітичну активність узятих для дослідження препаратів і порівняти її з відомими даними, були проведені випробування гідролізу на основі методу, описаного Gerspach [400].

Гідролітичну активність препарату порошку підшлункової залози бика перевіряли шляхом інкубації партій гідролізу з 5 мг вихідного препарату ферменту протягом 24 год при 37°C зі струшуванням у буферному розчині, з додаванням 12 мМ розчину таурохолату натрію. Досягнуті конверсії гідролізу показано в табл. 3.2.

Аналіз даних таблиці 3.2 показує, що не вдалося виявити продуктів гідролізу основних компонентів γ -оризанолу: циклоартенілферуляту і 24-метиленциклоартанілферуляту. Це узгоджується з результатами Gerspach [400] і Miller [54], які також змогли продемонструвати тільки гідроліз 4-десметилстерилферулятів. Структурні формули 4,4-диметилстеринів циклоартенолу і 24-метиленциклоартанолу відрізняються від 4-десметилстеринів тим, що мають циклопропанове кільце на кільці В, а також двома метильними групами на С4 основного ланцюга стеролу.

Таблиця 3.2

Результати гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика

Компоненти γ -оризанолу	Стерол ¹ [нмол/мг]	Маса, %
Кампестерилферулят	12,7 ± 0,0	34,4 ± 0,4
β -ситостерилферулят	6,0 ± 0,0	30,9 ± 0,8
Циклоартенілферулят	н. з. ²	н. з.
24-Метиленциклоартанілферулят	н. з.	н. з.
Загальний вихід		7 ± 0,6

¹ нмол Стерол – мг порошка підшлункової залози бика.

² н. о. – не знайдено.

Очевидно, що принаймні одна з цих структурних особливостей запобігає гідролізу складних ефірів ферулової кислоти і 4,4-диметилстеринів холестеролестеразою.

Досягнуті ступені гідролізу нижче порівняно з результатами, викладеними в дослідженнях Gerspach і Miller. Це може бути пов'язано з втратою активності ферменту під час зберігання.

Конверсії гідролізу за участю порошку підшлункової залози і чистих холестеролестераз можна було порівняти з результатами, отриманими Miller [54]. Через 24 год в середньому 63% кампестерилферуляту і 67% β -ситостерилферуляту були перетворені холестеролестеразою великої рогатої худоби, а порошком підшлункової залози – 68% і 70% відповідно.

Різні перетворення кампестерилферуляту і β -ситостерилферуляту можна пояснити кількістю подвійних зв'язків у кільці й довжиною бічних ланцюгів стеринів [400].

У контексті цієї роботи умови реакції гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика мають бути змінені, а метод має бути поліпшений, щоб оптимізувати гідролітичний процес γ -оризанолу і збільшити конверсію гідролізу.

У подальших наших дослідженнях зроблено спробу збільшити конверсію гідролізу шляхом зміни параметрів проведення процесу, перш за все температури інкубації.

3.2.2. Вплив температури на гідроліз γ -оризанолу. Відповідно до закону Вант-Гоффа, швидкість хімічних реакцій збільшується з підвищенням температури. Це також відноситься до реакції, що каталізується ферментами. Активність ферментів збільшується в 2–4 рази з підвищенням температури на кожні 10°C . Однак у разі підвищення температури вище критичної позначки стає помітним протилежний ефект у вигляді інактивації ферментів. Таким чином, температурний оптимум щодо активності ферменту є результатом накладення двох протилежних ефектів – активації й інактивації. У разі перевищення оптимальної температури відбувається денатурація білка. Температурна чутливість ферментів обумовлена відносно слабкими силами (іонні зв'язки, водневі зв'язки й гідрофобні взаємодії) для зсідання білка. Унаслідок теплового руху запускаються незворотні ковалентні модифікації білка (наприклад, дисульфідні групи). Це може привести до утворення сильно розупорядкованої конформації й агрегатних утворень [401].

Мажаускайте і Gerspach провели експерименти з гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози свиней і великої рогатої худоби за температури 37°C [54; 400].

Для визначення оптимальної температури проведено експерименти з гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика за температур 37°C ; 45°C ; 50°C ; 55°C . За температури вище 45°C фермент інактивується, а температура 37°C є оптимальною для порошку підшлункової залози.

Відомо, що термостабільність ферментів невелика за низьких температур. Втрата активності ферментів відбувається також під час зберігання або заморожування / відтавання. Під час заморожування утворюються кристали, що спричиняють денатурацію білків («холодна денатурація») [402]. Дегідратація пошкоджує гідрофобні зв'язки і сольватовані групи, що призводить до утворення агрегатів і неактивних мономерів як кінцевих продуктів [401].

Повільне заморожування спричиняє утворення великих кристалів, які можуть пошкодити білок або викликати конформаційні зміни. Але тільки деякі ферменти необоротно пошкоджуються під час заморожування [403].

Відповідність із теорією показують певні експериментальні дані (рис. 3.3).

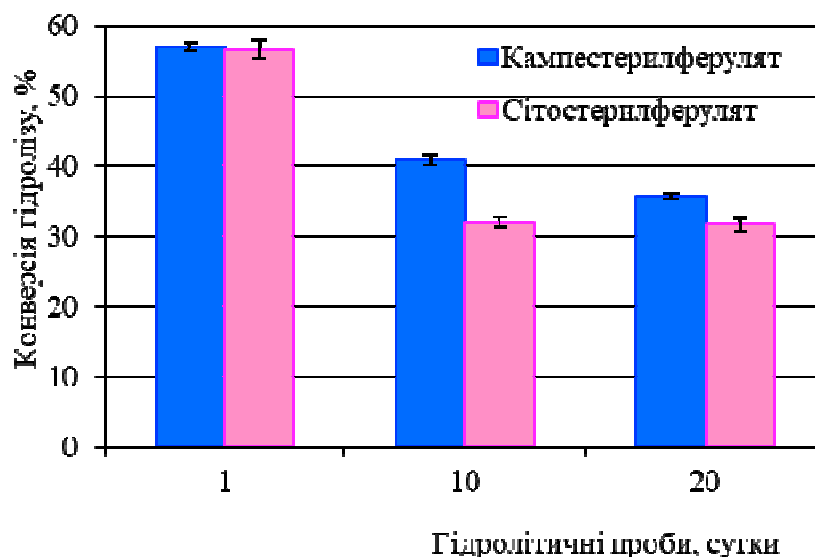


Рис. 3.3. Вплив повторюваних процесів заморожування/відтавання на гідролітичну активність порошку підшлункової залози під час ферментативного перетворення γ -оризанолу

Згідно з даними експерименту спостерігається явне зниження активності ферменту. Імовірно, білок був пошкоджений утвореними під час повторюваного процесу заморожування/відтавання кристалами. Зниження активності порошку підшлункової залози під час зберігання призводить до зменшення утворення продуктів гідролізу γ -оризанолу. Припустимо, що це пов'язано зі структурним різноманіттям стерилферулятів. Відомо, що ефіри холестерину з коротким ланцюгом перетворюються швидше, ніж ефіри з довшим [61].

Конверсія гідролізу ситостерилферуляту залишається меншою, ніж кампестерилферуляту. Це можна пояснити довжиною бічних ланцюгів.

Під час роботи з ферментами неминучі процеси заморожування/відтавання. Щоб запобігти втраті активності ферменту,

можна спробувати мінімізувати процеси відтавання/заморожування. Для цього доцільно порціонувати ферментні препарати, або використовувати крижану баню для зважування, або використовувати стабілізуючі поліспирти (наприклад, гліцерин).

Порошок підшлункової залози слід зберігати за температури нижче 0°C.

3.2.3. Гідролітична активність порошку підшлункової залози в присутності таурохолату натрію. Багато авторів описують вплив жовчної кислоти або таурохолату натрію, який містить жовчні кислоти, на гідролітичну активність холестеролестерази підшлункової залози й ліпази [61]. Відомо, що зі збільшенням концентрації таурохолату до 10 мМ активність ліпази збільшується, а активність естерази зменшується. Присутність 10 мМ таурохолату натрію в буфері також може значно збільшити гідроліз холестеразиди підшлункової залози. Механізм посилення ферментативної активності ліпази підшлункової залози за допомогою жовчної кислоти і таурохолату відбувається за рахунок зміни конформації активного центру ферменту [61]. Таким чином, доведено, що холестеролестераза підшлункової залози залежить від кофактора, тобто її активність може бути збільшена за рахунок більш високої концентрації кофактора.

На підставі викладеного можна припустити, що гідролітична активність препарату порошку підшлункової залози в присутності таурохолату натрію також буде більша.

На рис. 3.4 подано дані про вплив концентрації таурохолату натрію в буфері на гідролітичне перетворення γ -оризанолу з використанням порошку підшлункової залози бика. Оскільки в результаті реакції були перетворені тільки дезметилстерилферуляти, кампестерилферулят і ситостерилферулят, перетворення 4,4-диметилстерилферулятів не показані на наступних рисунках.

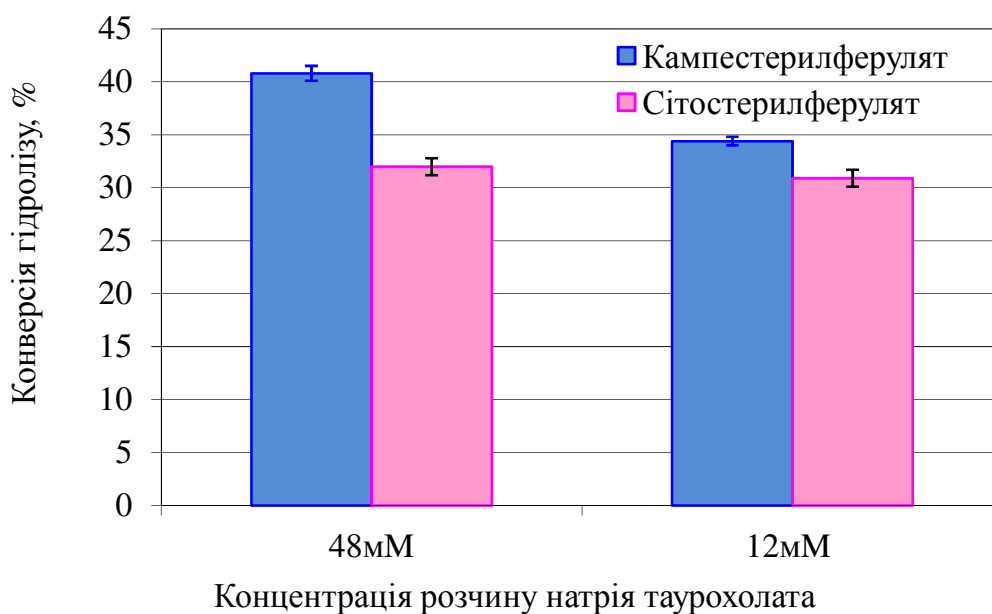


Рис. 3.4. Ферментативне перетворення γ -орізанола залежно від концентрації розчину таурохолату натрію (12 мМ або 48 мМ)

Збільшення концентрації розчину таурохолату натрію від 12 мМ до 48 мМ призводило до збільшення швидкості гідролізу. Конверсія кампестерилферуляту може бути збільшена приблизно на 7%, ситостерилферуляту – до 11%.

Отримання емульсії особливо важливе для гідролізу водонерозчинних субстратів гідролазами [403]. Гідрофобний субстрат в емульгованій або мицелярній формі краще контактує з активним центром ферменту, таким чином, перетворення субстрату може бути збільшене. Гідроліз гідрофобних субстратів у емульгованій формі *in vivo* є процесом перетравлення ліпідів ліпазою (рис. 3.5).

Механічне диспергування спричиняє проникнення тонкої емульсії з діаметром крапель близько 0,5 мкм у дванадцятипалу кишку, де вона змішується з рідинами підшлункової залози, жовчних шляхів і тонкого кишечника. Жовчні кислоти знаходяться у дванадцятипалій кишці у вигляді солей Na^+ в концентрації 7–20 мМ. Солі жовчних кислот утворюють комплекс із коліпази й іонів Ca_2^+ , який зв'язується з краплями емульсії й дозволяє ліпазі або холестеролестеразі атакувати субстрат. У процесі

утворюються продукти гідролізу, зокрема жирні кислоти і 2-моноацилгліцериди або жирні кислоти.

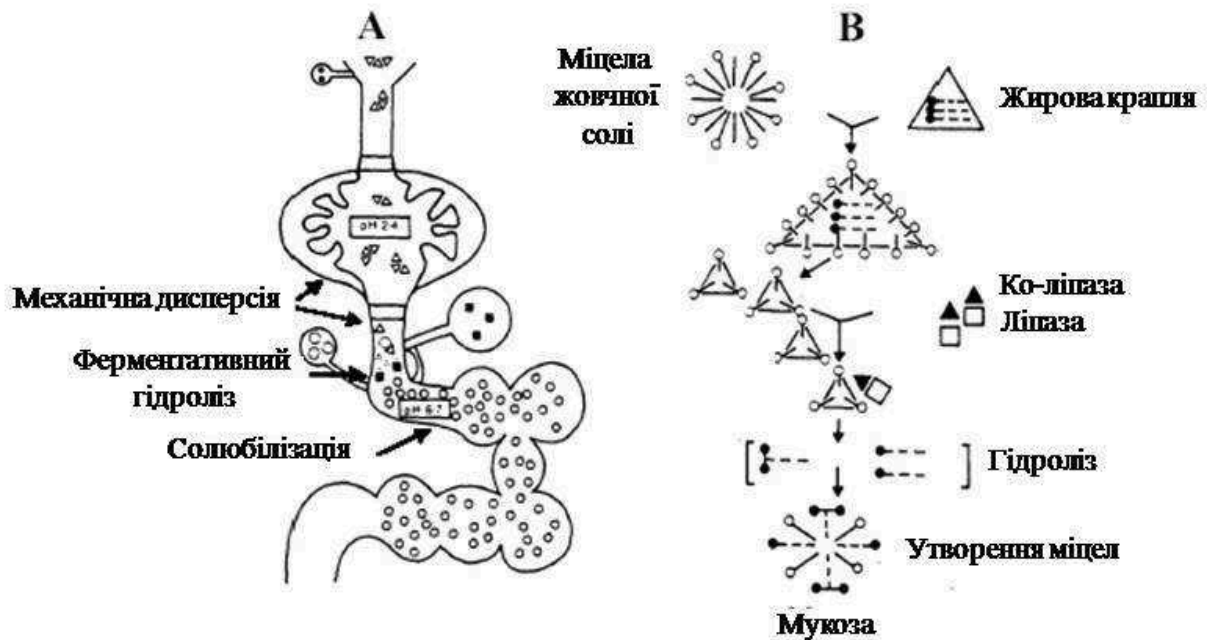


Рис. 3.5. Травні процеси в шлунково-кишковому тракті: диспергування, гідроліз і солубілізація харчових жирів

Chen і Wang описали активацію холестеролестерази бика за допомогою утворення фермент-таурохолатного комплексу [66]. Холестеролестераза великої рогатої худоби є апоферментом, який, крім активного центра, має два сайти зв'язування для солей жовчних кислот, які служать кофакторами. Одна пляма знаходиться поруч із активним центром, який закривається петлею-шпилькою. Під час зв'язування таурохолату запускаються конформаційні зміни, і петля стабілізується у відкритій формі. Це відкриває доступ від підкладки до активного центра.

Другий сайт зв'язування таурохолату знаходиться далеко за активним центром. Біологічна функція цієї точки досі незрозуміла. Імовірно, зв'язування таурохолату із цими сайтами також допомагає у зміні конформації.

Якщо таурохолат натрію відсутній у буфері, молекули води зв'язуються із сайтами зв'язування кофакторів. Фермент проявляє меншу активність.

На рис. 3.6 показано утворений комплекс холестеролестерази бика з таурохолатом натрію. Молекула таурохолату показана жовтим кольором, відповідна оболонка заповнена. Димеризовані залишки рожеві. Пурпуровим кольором позначено заряджені й полярні залишки, білим – гідрофобні залишки. Нуклеофільна частина активного центра Ser194 розташована в гідрофобній області. НВ – сайт зв'язування гепарину.

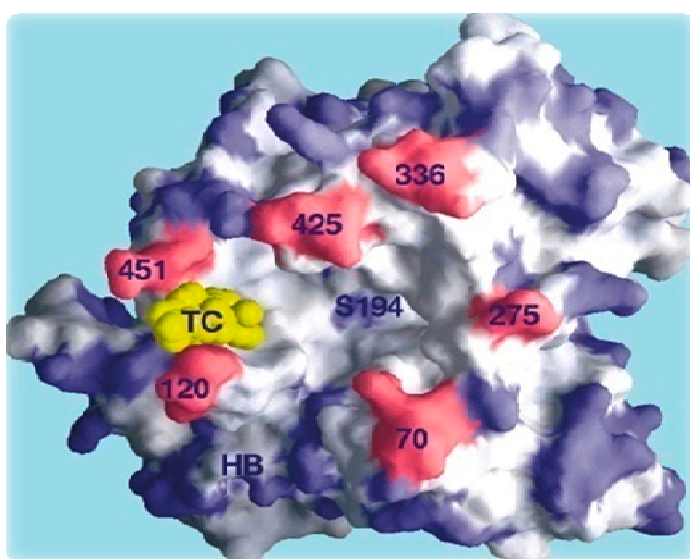


Рис. 3.6. Молекулярна поверхня комплексу холестеролестерази бика з таурохолатом натрію

На підставі експериментальних даних рекомендовано використовувати 48 мМ розчин таурохолату натрію в подальших експериментах для збільшення швидкості гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика.

3.2.4. Визначення оптимального співвідношення фермент / субстрат / буфер для проведення раціонального ферментативного гідролізу γ -оризанолу. Для оптимальної активності ферменту важливо розробити середовище реакції. Концентрація компонентів середовища варіюється. Щоб

створити оптимальне середовище для ферменту, важливо переконатися, що компоненти містяться в концентрації, яка ні занадто низька, ні занадто висока. Для вибору буфера важливо встановити значення рН. Воно впливає на стан заряду або дисоціації всієї білкової молекули, включаючи активний центр. Субстрат має знаходитися в розчині в насиченому стані, але не перевищувати певної межі, щоб уникнути пригнічення ферменту. Концентрація коферменту також має бути достатньою для активації ферменту [403].

Буфер впливає на розчинність і ступінь дисоціації ферменту. Ферменти розчинні у воді. Ступінь гідратації порошку підшлункової залози бика становить 20 г гидратної води / г білка. Розчинність ферменту також залежить від значення рН і наявних солей. Більш високі концентрації солей у буфері знижують розчинність білка [65]. Склад буфера використовували аналогічний із дослідженнями Gerspach як оптимальне середовище для порошку підшлункової залози бика та з оптимальним рН 7,0–7,5 [61].

Молекула природного білка стабілізується неполярними гідрофобними взаємодіями, водневими зв'язками, електростатичними силами, вандерваальсовими взаємодіями. У результаті гідратації вода витісняється зсередини білкової молекули. Вандерваальсові взаємодії послаблюються молекулами води, і водночас молекули білка і води, зливаються одна з одною відбуваються конформаційні зміни білка до тих пір, поки не буде досягнута рівновага (рис. 3.7).

Відмінності в тривимірній структурі білка, що спричинені умовами навколишнього середовища, важливі для спостереження його активності. Тому необхідно знайти відповідну кількість розчину для ферменту.

Miller гідролізував γ -оризанол порошком підшлункової залози великої рогатої худоби і свиней у 100 мМ натрійфосфатному буфері, рН 7,0, із 3М хлоридом натрію [54].

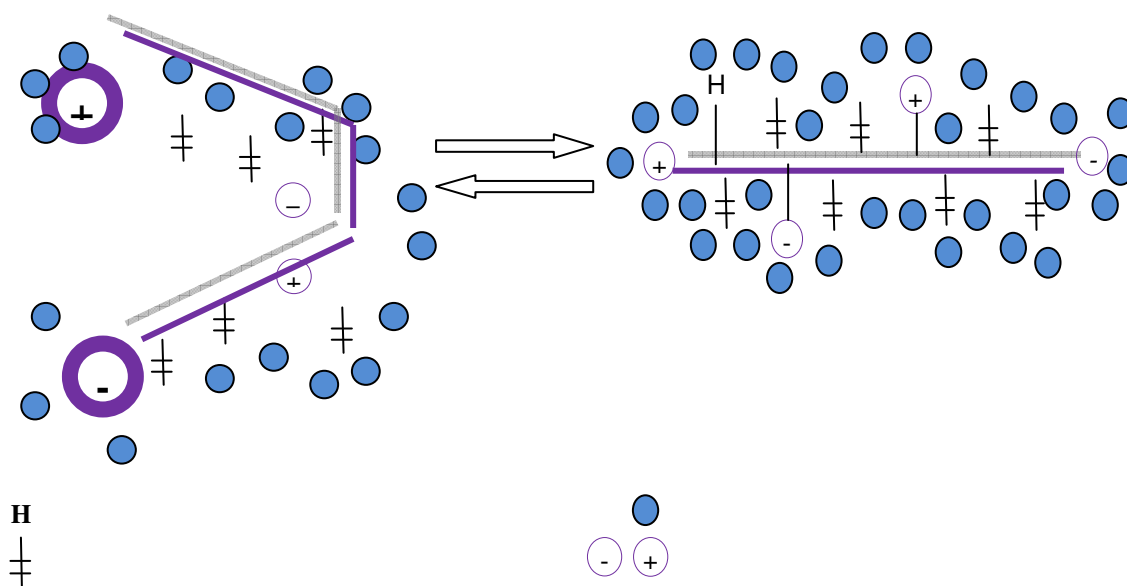


Рис. 3.7. Схематичне зображення згорнутої молекули нативного білка в рівновазі з її розгорнутою денатурованою формою

Досліджено, якою мірою співвідношення ферменту (Ф), субстрату (С) і буфера (Б) впливає на конверсію гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика. Кількість ферменту підтримували постійною, а кількість субстрату і буфера варіювали. Партії інкубували зі струшуванням при 37°C протягом 24 год.

Для стандартного дослід (дослід 1) використовували таку кількість компонентів: 5 мг порошку підшлункової залози, 50 мкл 16,1 мМ розчину γ -оризанолу і 1 мл буфера, що складається з 300 мкл 100 мМ фосфату натрію- NaCl , 500 мкл 48 мМ розчину таурохолату натрію і 200 мкл ферментного буфера рН 6,0. Цю систему позначено таким чином: Ф:С:Б = 1:1:1.

У наступних дослідів співвідношення субстрату і буфера збільшували в 5 і 10 разів відносно кількості ферменту. Результати гідролітичних конверсій показано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Конверсії гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика
залежно від кількості ферменту, субстрату і буфера

Дослід №	Співвідношення компонентів			Кампестерилферулят, %	Ситостерилферулят, %
	Фермент	Субстрат	Буфер		
1	1	1	1	35,6±0,4	31,6±0,9
2	1	1	5	50,3±0,5	41,2±0,8
3	1	1	10	41,3±1,2	41,5±0,4
4	1	5	1	11,3±0,1	11,1±0,5
5	1	5	5	38,4±0,5	31,8±0,5
6	1	5	10	32,2±4,8	31,9±4,6
7	1	10	1	0,3±0,004	2,1±0,03
8	1	10	5	16,7±0,3	14,4±0,2
9	1	10	10	23,5±0,6	21,8±0,5

Конверсії гідролізу кампестерилферуляту і ситостерилферуляту показані у вигляді діаграм на рис. 3.8. і 3.9.

Вплив буфера можна спостерігати в досліді, де кількість буфера збільшували від 1 до 10 разів за постійної концентрації субстрату і ферменту.

Порівняно з дослідом №1 у досліді №2 швидкості гідролізу кампестерилферуляту збільшуються приблизно на 41%, а ситостерилферуляту приблизно на 30%. Зі збільшенням буфера в 10 разів (дослід №3) конверсія гідролізу зменшується порівняно з дослідом №2, але все одно вище, ніж у досліді №1.

Зниження активності в досліді №3 можна пояснити конформаційними змінами ферменту, викликаними повною розчинністю ферменту в буфері або низькою концентрацією субстрату зі збільшенням вмісту буфера для цієї кількості ферменту.

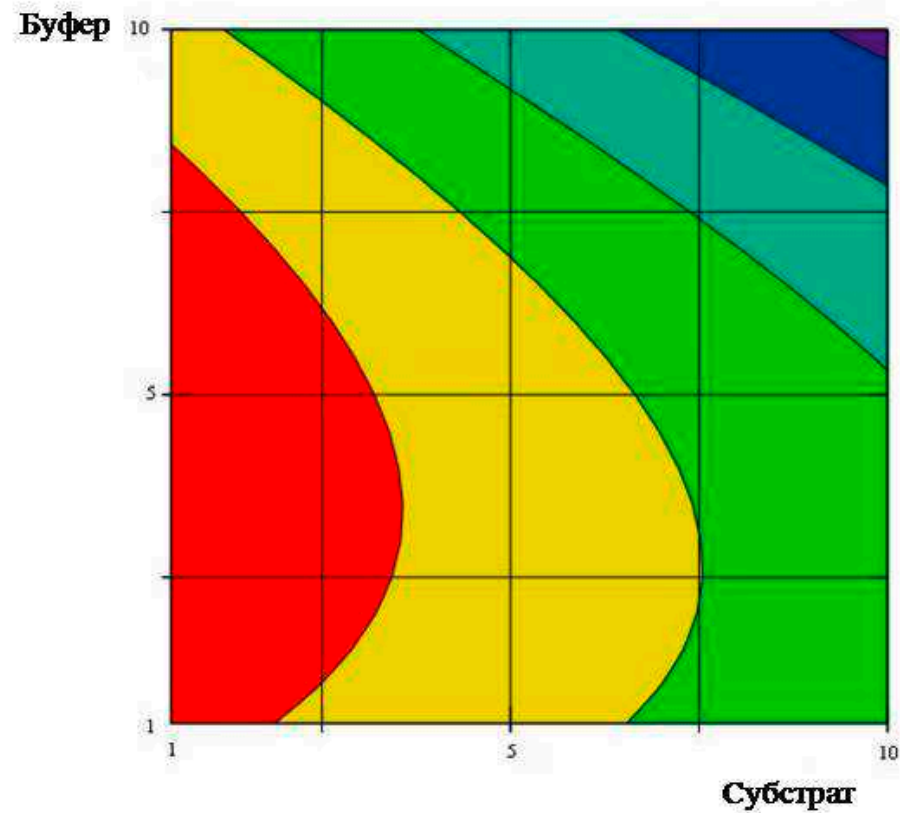
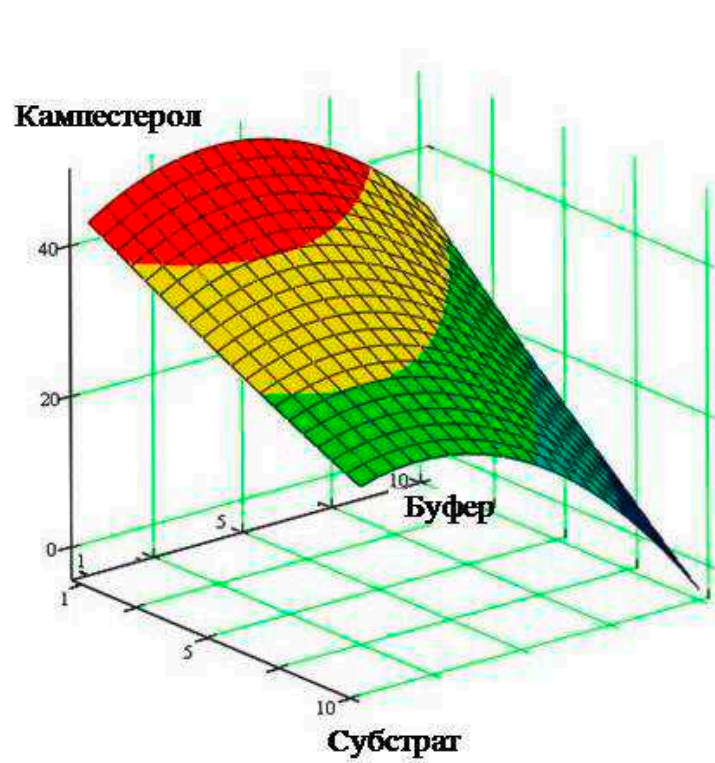


Рис. 3.8. Гідролітичне перетворення кампестерилферуляту порошком підшлункової залози бика залежно від концентрації субстрату:буфера

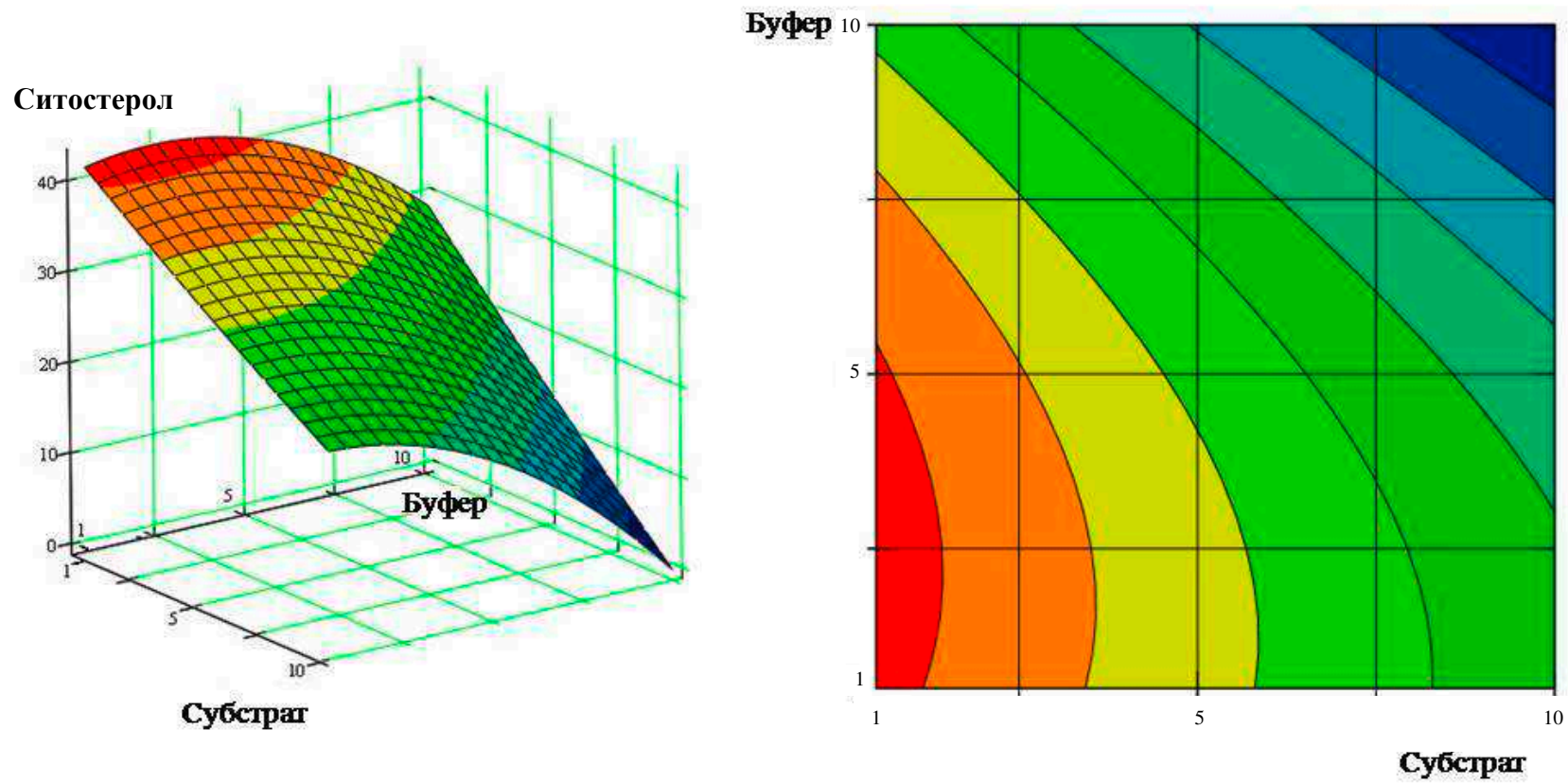


Рис. 3.9. Гідролітичне перетворення ситостерилферуляту порошком підшлункової залози бика залежно від концентрації субстрату:буфера

У дослідях із п'ятикратною кількістю субстрату (№4, №5, №6) найвища конверсія гідролізу була досягнута з п'ятикратною кількістю буфера (38,4% для кампестерилферуляту і 31,8% для ситостерилферуляту). Але це було значно нижче, ніж у досліді №2 (50,3% і 41,2% відповідно). Таке зменшення виходу продуктів гідролізу можна пояснити обмеженням субстрату зі збільшенням вмісту буфера.

У разі дослідів із десятикратною кількістю субстрату конверсія гідролізу зростала зі збільшенням вмісту буфера. Однак вихід продукту становив максимум 23,5% для кампестерилферуляту і 21,8% для ситостерилферуляту (дослід №9), що значно нижче в порівнянні з дослідями з меншою часткою субстрату. Причиною цього, з одного боку, може бути пригнічення субстрату, з іншого – можливо, кількість ферменту недостатня для цієї кількості субстрату. Отже, можна припустити, що максимальна конверсія гідролізу в цих умовах ще не досягнута. Досліди з більшою часткою субстрату, можливо, доведеться інкубувати протягом тривалішого періоду часу.

Крім того, очевидно, що кількість буфера впливає на конверсію гідролізу: чим більша частка буфера, тим вище швидкість гідролізу. Система Ф:С:Б 1:1:5 (дослід №2) була охарактеризована як оптимальна. Конверсія під час гідролізу кампестерилферуляту становить до $(50,3 \pm 0,5)\%$, ситостерилферуляту до $(41,2 \pm 0,8)\%$.

Щоб перевірити вплив субстрату і вибрати оптимальну концентрацію, концентрацію субстрату збільшували від 1 до 10 разів за однакової кількості буфера і концентрації ферменту в системі.

За результатами дослідів (досліди №1, №4, №7) встановлено, що при п'ятикратній концентрації субстрату (дослід №4) конверсія нижче, ніж у досліді №1. Конверсія кампестерилферуляту знижується на 68%, а ситостерилферуляту на 62%. Якщо концентрацію субстрату збільшити до 10 разів, то конверсія кампестерилферуляту становить 99%, а ситостерилферуляту на 92% менше. Денатурація ферментів може відбуватися

через більш високі концентрації органічного розчинника – ацетону, який, можливо, залишився у препараті після виробництва [404]. Концентрація розчинника (ацетону) в досліді №1 становить 5%; у досліді №4 – 25%; у досліді №7 – 50%. Органічні розчинники знижують діелектричну проникність води, що запобігає розчинності білка й утворенню водневих зв'язків між водою і білком [403]. Це призводить до зниження активності ферменту.

За результатами дослідів №2, №5, №8 удалося виявити оптимальне співвідношення компонентів фермент:субстрат:буфер за умови найвищої конверсії гідролізу. У результаті збільшення концентрації субстрату зниження конверсії гідролізу спостерігається не так різко, як у системі Ф:С:Б – 1:1–10:1.

Якщо кількість субстрату збільшується до 5 разів (дослід №5), конверсія кампестерилферуляту знижується приблизно на 24%, ситостерилферуляту на 20% порівняно з дослідом №2. Зі збільшенням вмісту субстрату до 10 разів (дослід №8) конверсія гідролізу кампестерилферуляту знижується до 67%, а ситостерилферуляту до 65%.

Така сама тенденція існує і в системі Ф:С:Б 1:1–10:10 (досліди №3, №6, №9). Зі збільшенням концентрації субстрату конверсія гідролізу зменшується менше, ніж в інших системах, що пояснюється збільшенням кількості буфера в системі. Інгібування субстрату було відвернено, і концентрація ацетону в розчині була нижчою. Під час експерименту №9 конверсія кампестерилферулятів знижується на 43%, а ситостерилферулятів на 47,5%.

Таким чином, чим більша концентрація субстрату, тим менше вихід продукту. За підвищеної концентрації субстрату відбувається інгібування ферменту. У результаті зменшується вихід продукту. Ацетон, який, можливо, залишився у препараті після виробництва, також може знижувати активність ферменту. Цього можна уникнути, збільшивши кількість буфера. За результатами дослідження оптимальне співвідношення 1:1:5, але ж

співвідношення 1:5:5 більш економічне, хоча конверсія кампестерилферуляту становить лише $(38,4 \pm 0,5)\%$, а ситостерилферуляту до $(31,8 \pm 0,5)\%$.

Важливо визначити оптимальну кількість ферменту для певної концентрації субстрату, щоб провести найбільш раціональну і дешеву ферментативну реакцію. У дослідях №1, №5, №9 за однакової концентрації субстрату в буфері вихід продукту різний. Конверсія в досліді №9 нижче, ніж у дослідях №1 і №5. Конверсія кампестерилферуляту становить всього $(23,5 \pm 0,6)\%$, а ситостерилферуляту – $(21,8 \pm 0,5)\%$, у досліді №1 ця конверсія становить для кампестерилферуляту $(35,6 \pm 0,4)\%$ і ситостерилферуляту $(31,6 \pm 0,9)\%$. Імовірно, кількості ферменту недостатньо для досягнення такої самої конверсії за відведений час реакції. Система Ф:С:Б 1:5:5 була обрана як оптимальне співвідношення. Для встановлення статистично адекватної моделі оптимального співвідношення компонентів системи Ф:С:Б був проведений регресивний аналіз отриманих даних у наведених вище експериментах. На підставі проведеного регресійного аналізу було визначено вигляд математичних моделей:

$$y_1 = 27,7 \times x_1 - 4,59 \times x_2 + 8,32 \times x_3 + 0,122 \times x_2^2 - 0,592 \times x_3^2,$$

$$y_2 = 26,3 \times x_1 - 3,86 \times x_2 + 5,57 \times x_3 + 0,095 \times x_2^2 - 0,337 \times x_3^2.$$

3.2.5. Механічний вплив на конверсію гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика. Відомо, що добре перемішування реакційного середовища в біореакторах створює кращий контакт між субстратом і ферментом, як наслідок, конверсія гідролізу може бути збільшена. І навпаки, механічні сили можуть змінити структуру молекули ферменту так, що фермент буде інактивований [401].

Для гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика *Mažauskaite* і *Gerspach* інкубували партії за умов струшування [54; 400].

Щоб вибрати оптимальні умови інкубації, експерименти з гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика були проведені в мікромасштабі і в п'ятикратно збільшеному масштабі за умови

перемішування. Під час перемішування стає можливим краще масоперенесення субстрату до каталітичного центра ферменту, і конверсія субстрату значно збільшується (рис. 3.10). Особливо це помітно в дослідях у макромасштабі. Конверсія кампестерилферуляту в мікромасштабі збільшується приблизно на 20%, ситостерилферуляту приблизно на 30%. Зі збільшенням масштабу конверсія кампестерилферуляту збільшується приблизно на 45%, ситостерилферуляту приблизно на 55%.

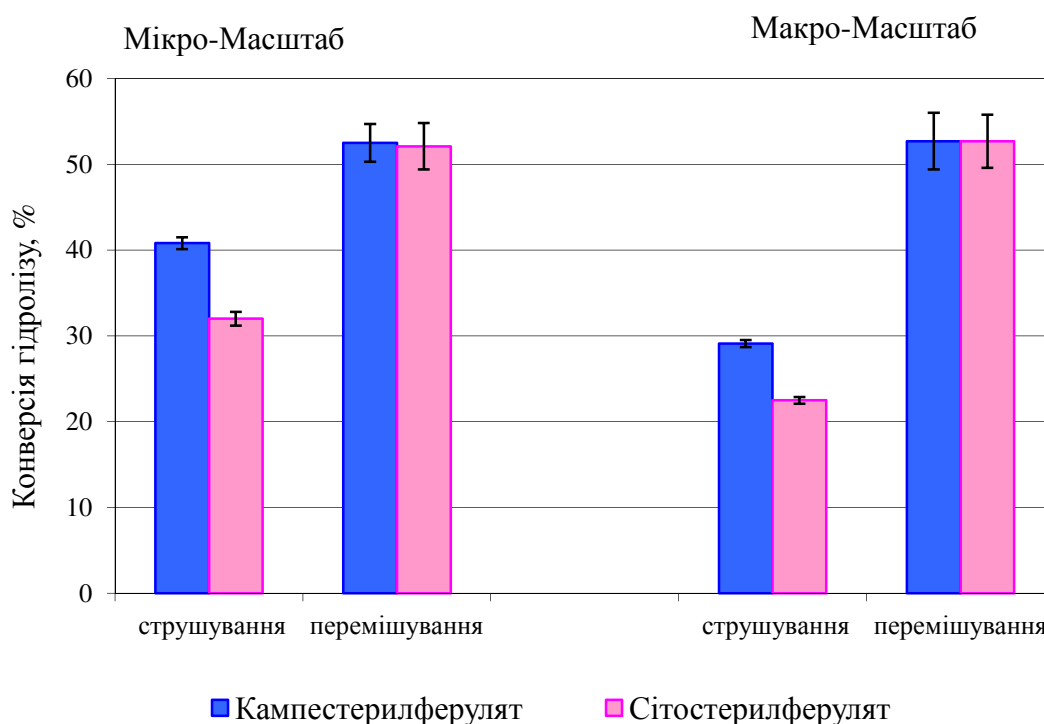


Рис. 3.10. Механічний вплив на ферментативне перетворення γ -оризанолу порошком підшлункової залози в мікромасштабі й збільшеному масштабі

У мікромасштабі й у збільшеному масштабі конверсія кампестерилферуляту і ситостерилферуляту однакова, але в разі струшування перетворюється більше кампестерилферуляту.

Втрата активності, яка спостерігалася під час зберігання ферментних препаратів, може бути компенсована перемішуванням. Таким чином, шляхом перемішування реакційного середовища для ферментативного перетворення

речовин обмеження масоперенусення було відвернено, перетворення γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика в мікромасштабі й у збільшеному масштабі може бути збільшено. Установлені параметри реакції гідролізу γ -оризанолу можуть бути застосовані й для збільшених масштабів гідролітичних партій.

3.2.6. Визначення періоду інкубації для оптимального і повного гідролізу γ -оризанолу. Ферментативна кінетика досліджує тривалість реакції, що каталізується ферментами. У ході реакції концентрації реагуючих речовин безперервно змінюються, швидкість реакції також не є постійною. Зміна концентрації одного з реагентів, зокрема продукту, протягом певного періоду або перебіг реакції в часі представляються кривою перетворення часу [403].

Значення ферментно-кінетичної константи визначаються за кривою залежності часу, що дозволяє описувати ферментативно-каталізуючу реакцію відповідно до основних математичних моделей, які можуть бути сформульовані. Швидкість і порядок реакції можна визначити. Порядок реакції вказує на механізм реакції і показує, як швидкість реакції змінюється залежно від концентрації реагенту. У разі реакції нульового порядку швидкість постійна і не залежить від концентрації реагенту. Одна й та сама кількість речовини перетворюється за будь-який настільки ж великий проміжок часу. У реакції першого порядку швидкість зменшується зі збільшенням часу (зменшенням концентрації реагенту) [403].

Крива перетворення γ -оризанолу в часі була використана для визначення динаміки ферментативної реакції з порошком підшлункової залози бика. Для цього перетворення γ -оризанолу вимірювали після гідролізу в постійних умовах ($\text{pH} = 7$; $T = 37^\circ\text{C}$, із перемішуванням) із порошком підшлункової залози бика після 12 год і 24 год інкубації. Криві перетворення γ -оризанолу в часі (рис. 3.11) були отримані для партій у мікромасштабі (1:1:1), у збільшеному масштабі (5:5:5) – у п'ять разів більше ферменту, субстрату, буфера і система 1:5:5.

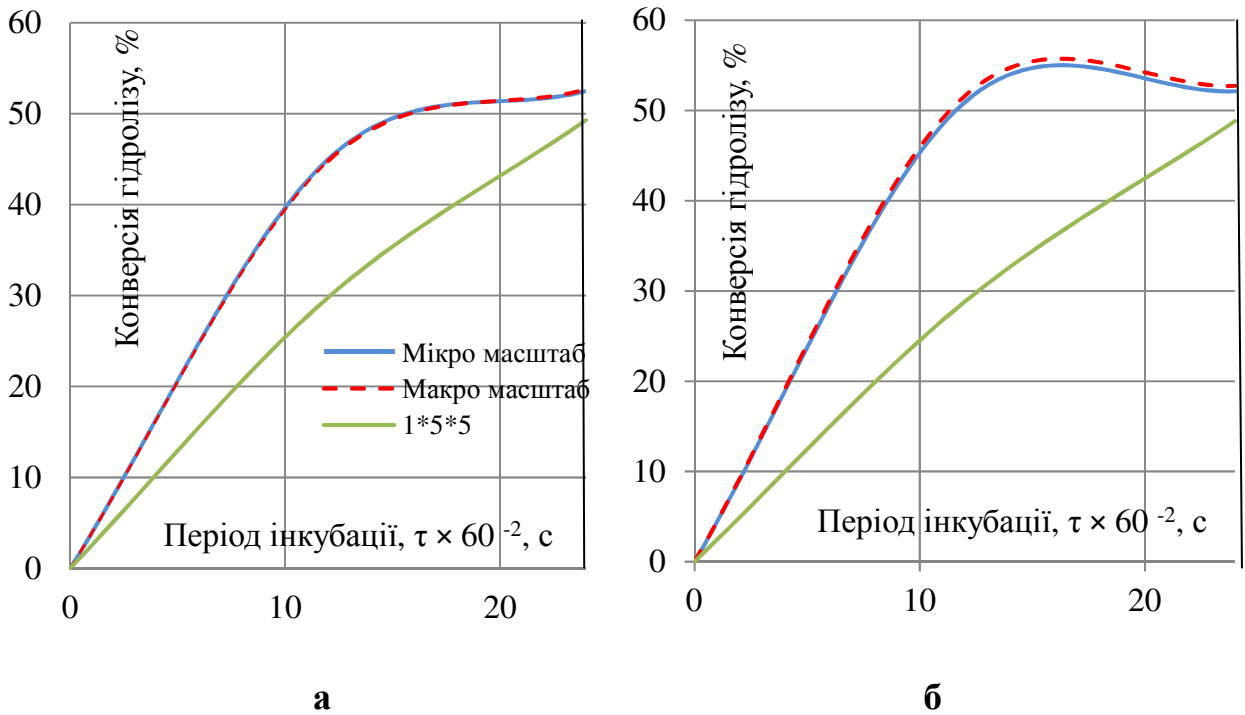


Рис. 3.11. Криві перетворення γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика в часі [кампестерилферулят (а) і ситостерилферулят (б)] за умов перемішування, з різними розмірами партій

Вихід продукту швидко збільшується в мікроскопічному масштабі протягом 12 год. Після 12-годинного інкубаційного періоду конверсія гідролізу збільшується повільніше.

Вигляд кривих перетворення в часі для мікромасштабу ідентичний перебігу реакції в збільшеному масштабі. Це означає, що вибрані параметри реакції для мікромасштабу також підходять для макромасштабу.

З отриманих кривих видно, що час інкубації 24 год є оптимальним для гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика в системі Ф:С:Б 1:1:1. Для системи 1:5:5 реакція ще не завершена за 24 год. Підвищена кількість субстрату призводить до зниження активності ферменту й уповільнює швидкість реакції. Можливо, щоб збільшити вихід продукту в цій системі, партії необхідно інкубувати протягом тривалішого часу.

Криві перетворення в часі для β -ситостерилферуляту і кампестерилферуляту, показані на рис. 3.11, ілюструють типовий перебіг реакції першого порядку.

Фактично, гідроліз складних ефірів можна розглядати як реакцію першого порядку, оскільки концентрація реагентної води у водяному розчині майже не змінюється.

Для встановлення статистично адекватної моделі впливу різних факторів на вихід продуктів гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика був проведений регресійний аналіз отриманих даних у наведених вище експериментах. На підставі проведеного регресійного аналізу було визначено вигляд математичних моделей, які описують залежність виходу продуктів гідролізу від наявності механічного впливу, періоду інкубації, концентрації таурохолату натрія. математичні моделі мають вигляд:

$$y_1 = 22,4 - 1,76 \times x_1 + 21,9 \times x_2 + 1,40 \times x_3 + 0,211 \times x_4$$

$$y_2 = 25,9 - 10,8 \times x_1 + 18,5 \times x_2 + 1,36 \times x_3 - 0,056 \times x_4.$$

3.3. Вивчення іммобілізації порошку підшлункової залози бика

Методи іммобілізації важливі для технічного використання ферментів. При цьому досягається краща стабільність ферменту, стають можливими поділ і повторне використання. Різні методи дозволяють іммобілізувати фермент на носії.

Адсорбційне зв'язування ферментів із нерозчинними у воді речовинами-носіями є найпростішим і давно відомим методом. Багато авторів успішно використовували цей метод. Із широкого спектра адсорбентів найбільш часто використовуються синтетичні макропористі полімери. Ці полімери добре підходять для іммобілізації, оскільки вони відповідають багатьом фізичним вимогам і дуже дешеві.

Gitlesen та ін. іммобілізували 12 різних ліпазних препаратів на поліпропіленовому порошку Accurel EP-100 (220 мг білка на 1 г носія).

Питома активність ліпаз до і після адсорбції не змінилася, знизилася тільки у двох препаратів. Ліпази *Rhizopus oryzae* і *Rhizopus delemar* були іммобілізовані на Accurel MP1000 [405].

Грунтуючись на експериментальних результатах багатьох авторів, ми вибрали макропористий порошок Accurel MP1000 для іммобілізації порошку підшлункової залози бика. Було висловлено припущення, що порошок підшлункової залози бика також є гідрофобним ферментом і може ефективно адсорбуватися на гідрофобному порошок поліпропілену Accurel. Згідно з Chen Accurel MP1000 має такі фізичні характеристики: щільність 0,9 г/мл, розмір часток <1000 мкм, порожній обсяг 75%, розмір пор 0,05–0,50 мкм, площа внутрішньої поверхні 51 м²/г [66]. Іммобілізація порошку підшлункової залози бика була заснована на методі Пателля та ін. [406].

Активність іммобілізованого ферменту перевіряли під час гідролізу γ -оризанолу. Для цього партії інкубували з 5 мг та 20 мг іммобілізованого порошку підшлункової залози бика за температури 37°C зі струшуванням протягом 24 год. Гідролізні перетворення кампестерилферуляту і ситостерилферуляту з порошком підшлункової залози бика вибирали як контроль для визначення активності іммобілізованого ферменту. Хроматограми (рис. 3.12) показують, що іммобілізований порошок підшлункової залози бика не проявляє активності в гідролізі γ -оризанолу.

Відсутність гідролізного перетворення пов'язана з втратою активності ферментом або адсорбцією ферменту на носії. Щоб іммобілізувати фермент, адсорбція має бути повною й успішною. Адсорбція може бути порушена тільки носієм або ферментом. Адсорбція на гідрофобному носії відбувається за рахунок гідрофобних і неелектростатичних взаємодій між ферментом і функціональними групами на носії. Ці зв'язки є слабкими, мабуть, міцного зв'язування ферменту з носієм не відбулося.

Можливо, що носій містить речовини, які перешкоджають зв'язуванню білка, що також може впливати на взаємодії. Тому важлива повна і правильна попередня обробка носія (промивання деіоногенною водою або метанолом).

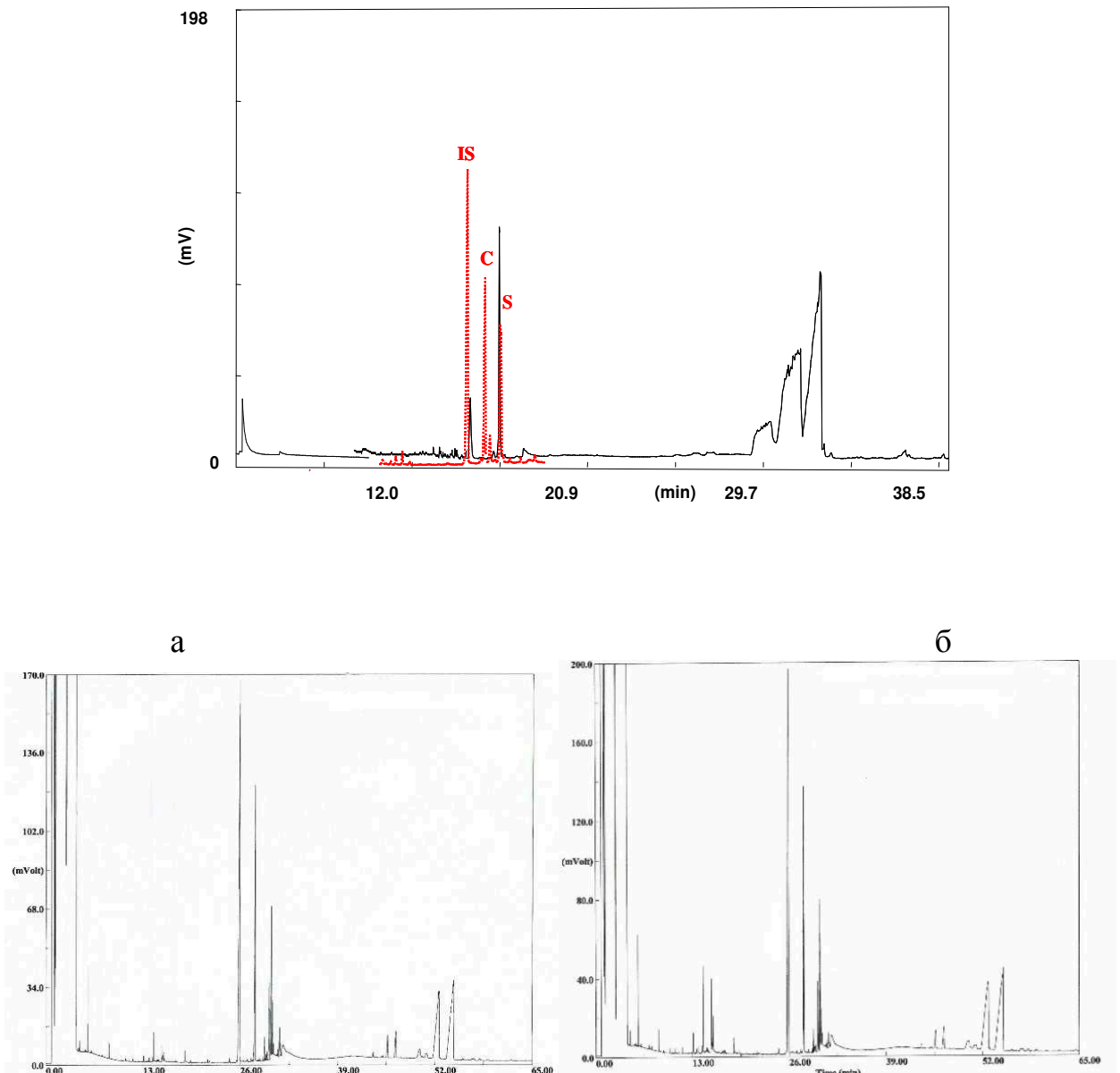


Рис. 3.12. Газові хроматограми триметилсилілпохідних стеролу (похідних ТМС) після ферментативного перетворення γ -оризанолу з нативним (зазначено червоним) та іммобілізованим засобом адсорбції ферментним препаратом:

а – гідролітичне перетворення γ -оризанолу 5 мг іммобілізованого порошку підшлункової залози бика;

б – гідролітичне перетворення γ -оризанолу 20 мг іммобілізованого порошку підшлункової залози бика

Структура носія впливає на прикріплення ферменту до нього. Адсорбція може відбуватися тільки на поверхні, на це впливають пористість і розмір пор. Кількість точок прикріплення до поверхні носія може бути недостатньою для ферменту. Молекули ферменту мають бути менше пор носія, щоб забезпечити адсорбцію з макропористим носієм.

У результаті іммобілізації активність ферменту може змінитися від незначного зниження до повної втрати. Тут важливі стеричність (наприклад, зміна конформації) або дифузний ефект (масоперенесення).

Низька концентрація білка спричиняє зміну конформації й погане покриття поверхні носія. Це також може призвести до втрати активності. Білок, який міститься в більшій концентрації, забезпечує компактне покриття поверхні носія й іммобілізований у своїй нативній формі [407; 408]. Білок локалізується в порах носія. У результаті це може обмежити масоперенесення від субстрату до ферменту. Пояснення полягає в тому, що молекули субстрату знаходяться в емульгованій з водою формі, більшість із них набагато більші, ніж пори носія [408]. Неадекватний контакт субстрату з активним центром ферменту також може призвести до зниження активності.

З експериментальних даних видно, що адсорбція не привела до жодної іммобілізації порошку підшлункової залози бика. Були також зроблені спроби іммобілізації комбінованим методом, а саме адсорбції та зшивання.

Комбінований метод є простим методом, який включає гідрофобні взаємодії й ковалентне зв'язування ферменту з носієм. Фермент адсорбується на носії, адсорбовані молекули ферменту також «зшиваються» біфункціональним реагентом (глутаровим альдегідом). Переваги цього методу полягають у тому, що молекули ферменту зв'язуються більш послідовно, ніж у разі просто адсорбційного зв'язування, дифузійні перешкоди для доступу до субстрату тут навряд чи виникнуть. Недоліком є те, що тільки відносно невелика кількість ферменту, а отже, невелика активність, пов'язується з носієм, глутаральдегід може викликати сильні конформаційні зміни в білку, а отже, втрату активності [409].

Bagi та ін. іммобілізували ліпазу підшлункової залози свиней на різних носіях (целітполіакриламід та ін.) за допомогою адсорбції та зшивання. Іммобілізація ліпази підшлункової залози свиней (0,5 г білка на 1 г носія) на поліакриламіді здійснюється зшиванням із глутаральдегідом. Активність ферменту знизилася на 15% у разі додавання 20 мМ глутаральдегіду [410].

Vafiadi та ін. також описали вплив глутаральдегіду на активність ферменту в разі зшивання комерційних ферментів із ферулоїлестеразною активністю. Підвищена концентрація глутаральдегіду призводить до зниження активності ферменту [411].

Іммобілізація ліпаз *C. rugosa*, *C. antarctica* (типів А і В) на носіях MANAE агарози шляхом перехресного зв'язування з глутаровим альдегідом у Fernandez-Lorente та ін. була успішною. Активність ферменту знизилася на 40%. Стабілізуючий реагент Triton-X рекомендовано для мінімізації втрати активності [412].

Метод Osborne та ін. був прийнятий для іммобілізації порошку підшлункової залози свиней. Іммобілізували холестеролестеразу (0,5 г білка на 1 г носія) на Acurel PP у збільшеному масштабі за допомогою комбінованого методу. Після іммобілізації активність ферменту не змінилася [413].

На основі методу Осборна були проведені такі етапи іммобілізації порошку підшлункової залози свиней (рис. 3.13). Для іммобілізації замість чистої холестеролестерази використовували дешевший порошок підшлункової залози свиней, активність додатково перевіряли в експериментах з гідролізу γ -оризанолу.

Щоб перевірити активність іммобілізованого ферменту, партії інкубували протягом 24 год з 15 мг іммобілізованого порошку підшлункової залози свиней за температури 37°C із перемішуванням. Гідроліз проводили в системі Ф:С:Б 1:5:5.

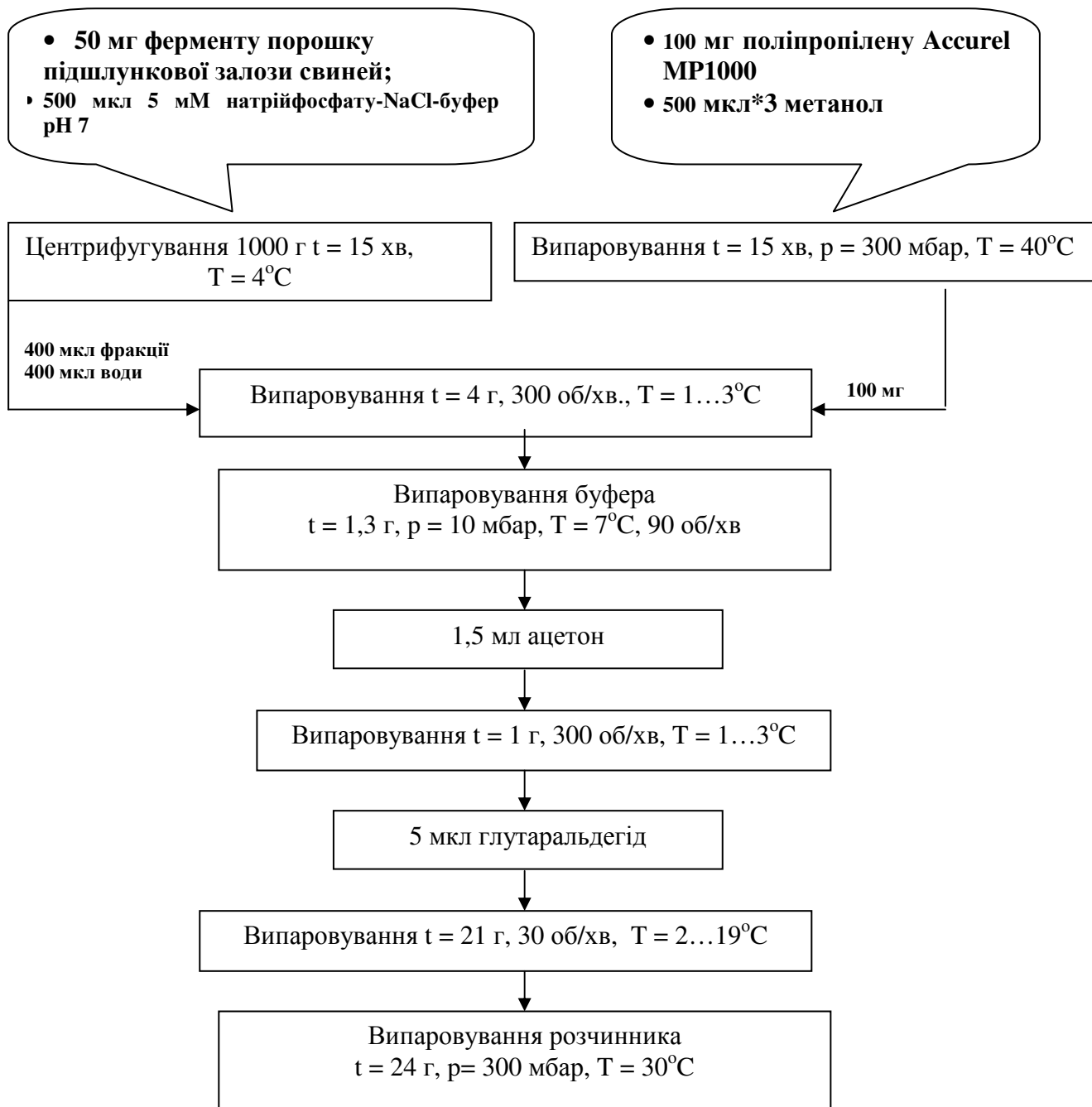


Рис. 3.13. Схематичне зображення іммобілізації порошку підшлункової залози свиней на макропористому носії Accurel MP1000 комбінованим способом

Порошок підшлункової залози свиней схожий на порошок підшлункової залози бика. Єдина відмінність між цими препаратами – швидкість гідролізу кампестерилферуляту і ситостерилферуляту. Згідно з Gerspach менші виходи кампестерилферуляту і ситостерилферуляту були досягнуті з порошком підшлункової залози свиней, ніж із порошком

підшлункової залози бика. Тип використовуваного ферменту не мав значення для розробки методу іммобілізації.

Гідролізне перетворення кампестерилферуляту і ситостерилферуляту з використанням 5 г ферментного препарату порошку підшлункової залози свиней порівнювали з 20 г іммобілізованого порошку підшлункової залози свиней. На хроматограмах (рис. 3.14) видно, що іммобілізований фермент не проявляє активності в гідролізі γ -оризанолу.

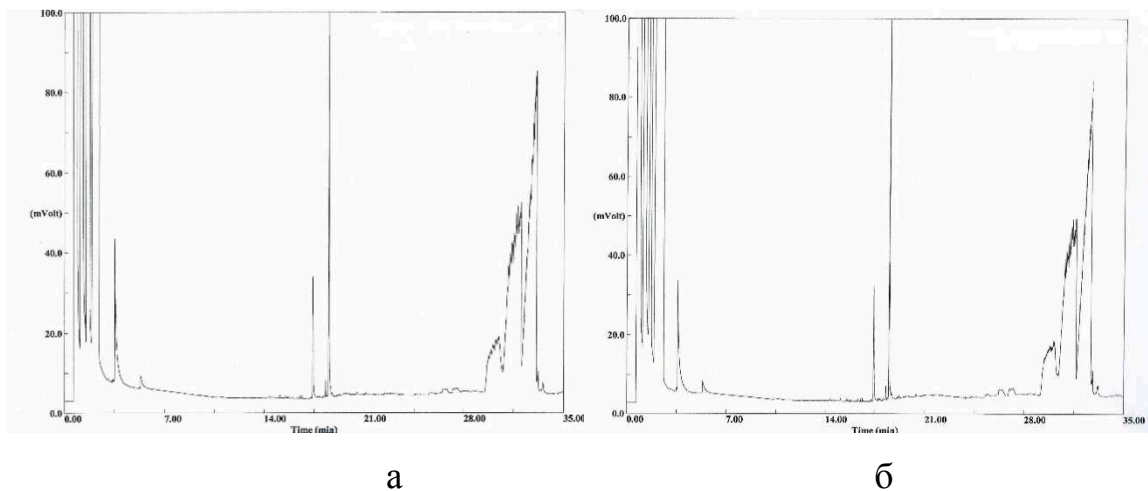


Рис. 3.14. Газові хроматограми триметилсилілпохідних стеролу (похідних ТМС) після ферментативного перетворення γ -оризанолу іммобілізованим комбінованим методом ферментним препаратом:

а – 5 мг іммобілізованого порошку підшлункової залози свиней;

б – 20 мг іммобілізованого порошку підшлункової залози свиней

На втрату активності іммобілізованим ферментом може впливати біфункціональний реагент (глутаровий альдегід). Ковалентні зв'язки, які утворюються під час зшивання, водночас можуть викликати серйозні зміни в конформації ферменту та призводити до втрати активності [410].

3.4. Використання інших препаратів для гідролізу γ -оризанолу

До завдань наступного етапу дослідження входила необхідність перевірки ферментативної активності до ефірів ферулової кислоти препаратів ліпази і ксилонази в обраних рівнях випробувань. Субстрат має бути здатен перетворюватися дослідними ферментами. Крім того, реалізація має бути легко виявленою.

У різних дослідженнях *in vitro* для ферментативного розщеплення γ -оризанолу використовували ферменти ссавців. Moreau та ін. гідролізували γ -оризанол за допомогою холестеролестерази бика до 55% і не досягли гідролізу панкреатином. Nyström та ін. гідролізували γ -оризанол яловичою стерилестеразою і стерилестеразою свіней тільки на 10% [53]. Miller та ін. намагалися використовувати для розщеплення γ -оризанолу ферменти з ширшим спектром: холестеролестерази, ліпази різного походження, сирі ферментні препарати. Найвищий ступінь гідролізу (до 70%) досягнуто з препаратом сирого ферменту або порошком підшлункової залози бика, а з ліпазами конверсія γ -оризанолу не досягнута [54]. Із біотехнологічної точки зору важливо провести скринінг ферментних препаратів різного походження (грибкового, рослинного або ссавців), який був би можливий як альтернатива для ферментативного розщеплення γ -оризанолу.

Відомо, що естерази й ліпази можна використовувати для ферментативної етерифікації фенольних кислот як альтернативу хімічного синтезу. Антиоксиданти фенольного походження, такі як аліфатичні спирти, моносахариди, алкілглікозиди гідроксикоричних кислот із різними ліпазами і ферулоїлестеразами, можуть розщеплюватися і синтезуватися [414; 415]. Vafiadi та ін. використовували бактеріальну ферулоїлестеразу для етерифікації фенольної кислоти з цукром [415]. Nyström установив, що ферментативний гідроліз пшеничних і рисових висівків, клітин тютюну ксиланазою може збільшити загальний вміст стеролів за рахунок розриву ефірних зв'язків [53].

Пентопан BG500 був використаний для виробництва ваніліну з пшеничних висівок шляхом ферментативного перетворення похідних ферулової кислоти [87]. На підставі структурної подібності стерилферулятов γ -оризанолу з похідними аліфатичних спиртів гідроксикоричних кислот можливий його гідроліз ферулоїлестеразами або ліпазами грибного походження. Для гідролізу γ -оризанолу було обрано такі ферментні препарати: комерційний препарат Pentopan BG500 (ксиланаза), ліпази *Candida antarctica* типів A і B та *Candida rugosa* типу VII.

3.4.1. Визначення гідролітичної активності ліпази та ферулоїлестерази у ферментних препаратах ліпази і ксилонази. Для подальшого використання обраних ферментних препаратів у гідролітичних партіях γ -оризанолу необхідно було виявити та підтвердити їх здатність гідролізувати наданий субстрат. Саме тому необхідними стали виявлення ліпазної та ферулоїлестеразної активності обраних препаратів і вибір оптимальних умов реакції.

Питома гідролітична активність – це кількість субстрату, перетвореного за одиницю часу, і кількість ферменту за певних умов (оптимальна початкова концентрація субстрату, оптимальні рН і температура, активатори).

Комерційні препарати, виготовлені з *H. insolens* (Pentopan BG500), які мають активність ферулоїлестерази, можуть каталізувати реакції переетерифікації вторинних спиртів, хоча субстрат для ферулоїлестерази неспецифічний. Показано, що ферулоїлестераза не має значної ліпазної активності, а ліпаза не має ферулоїлестеразної активності [603]. Багатьма вченими доведено, що р-нітрофенілові ефіри можуть перетворюватися як ліпазами, так і естеразами [84; 417]. Ghatora використовував р-нітрофеніловий ефір для визначення активності естерази [418]. Конверсію визначали за допомогою газової капілярної хроматографії й фотометрії.

Дотримуючись методу Мажанскайте [54], р-нітрофеніловий ефір гідролізували комерційним препаратом Pentopan 500BG та ліпазою *C. antarctica* типів А і В, протягом 2 год зі струшуванням, при 45°C. Суміші з ліпазою *C. rugosa* типу VII інкубували при 37°C протягом 2 год зі струшуванням. Після інкубації концентрацію р-нітрофенолу визначали фотометричним методом. Калібрувальну криву побудовано на основі визначеної абсорбції калібрувальних розчинів із певною концентрацією р-нітрофенолу (рис. 3.15). Концентрація р-нітрофенолу після ферментативного гідролізу може бути розрахована або графічно визначена шляхом інтерполяції за допомогою калібрувальної кривої за значенням абсорбції приготованого зразка.

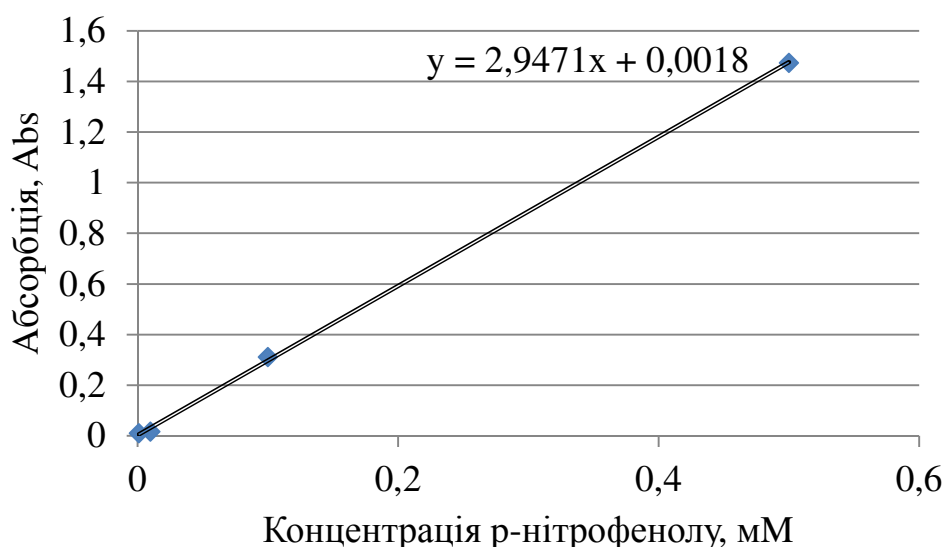


Рис. 3.15. Калібрувальна лінія для фотометричного кількісного визначення р-нітрофенолу

Каталітичну (U) і питому каталітичну (U/г) активність розраховували з гідролізного перетворення р-нітрофенілпальмітату (%). Результати подано в табл. 3.4. За одну одиницю ферментативної активності брали 1 нмоль р-нітрофенілпальмітату, який перетворюється за хвилину за обраних умов.

Таблиця 3.4

Визначення активності ліпази, ферментного препарату Pentopan BG500, іммобілізованої ліпази *C. antarctica* типу В, ліпази *C. antarctica* типу А, ліпази *C. rugosa* до р-нітрофенілпальмітату

Ферментний препарат	мкмоль/хв	U/г	Вихід продуктів гідролізу р-нітрофенолу, %
Ліпаза <i>C. rugosa</i>	3,4±0,0	0,68±0,0	40,9±4,7
Іммобілізована ліпаза <i>C. antarctica</i> типу В	0,8±0,0	0,15±0,0	9,0±0,4
Pentopan BG500	0,4±0,0	0,07±0,0	4,5±0,3
Ліпаза <i>C. antarctica</i> типу А	0,1±0,0	0,02±0,0	0,9±0,4

За отриманими даними встановлено, що ліпаза *C. rugosa* показала найвищу ліпазну активність відносно р-нітрофенілпальмітату. Іммобілізована ліпаза *C. antarctica* типу В і комерційний препарат Pentopan BG500 в цих умовах мають меншу ліпазну активність. Для препарату Pentopan BG500 (ксиланаза) р-нітрофенілпальмітат як субстрат неспецифічний, але фермент проявляє ліпазну активність. Це відноситься до каталітичної послідовності ферменту, яка подібна до ліпази й естерази ферулової кислоти (ФАЕ) [416]. Ліпазна активність відносно р-нітрофенілпальмітату ферментного препарату ліпази *C. antarctica* типу А дуже низька. У зв'язку з тим, що препарат ліпаза *C. antarctica* типу А є термофільним, імовірно, слід змінити умови інкубації.

У зазначених умовах усі ферменти виявляли гідролітичну активність відносно р-нітрофенілпальмітату як позитивного контролю. Максимальну ліпазну активність (3,4±0,0) нмоль/хв показує ліпаза *C. rugosa*. Це свідчить про можливий гідроліз γ -оризанолу в зазначених умовах.

Естераза ферулової кислоти належить до підкласу естераз карбонових кислот (ЕС.3.1.1.1). Ці ферменти гідролізують складнофірні зв'язки між гідроксикоричними кислотами і цукром у стінках рослинних клітин [418–420], а також можуть бути використані для синтезу і переетерифікації

похідних ферулової кислоти [63; 64]. Відомо, що ФАЕ може гідролізувати різні синтетичні складні ефіри метилгідрокоричної кислоти. Оптимальну активність ФАЕ має при значенні рН 4–8 і температурі 30...65°C [414].

Для визначення її активності використовували етилферулят [87; 411; 421]. Активність по гідролізу етилферуляту перевіряли в таких середовищах: ферментний буфер рН 6; двофазна система, що складається з ферментного буфера рН 6 і гексану.

Гідролізний розчин аналізували за допомогою капілярної газової хроматографії. Для виявлення гідролізу також можна простежити зменшення вмісту етилферуляту й утворення ферулової кислоти. Після обробки хроматограми обчислювали конверсію гідролізу. На підставі цього визначали каталітичну (U) і питому каталітичну (U/г) активність. Одна одиниця ферментативної активності відповідає конверсії 1 мкмоль етилферуляту на хвилину за вибраних умов.

У табл. 3.5 наведено ферулоїлестеразну активність дослідних ферментів. Із цього видно, що найвищу активність ферулоїлестерази проявляє препарат Pentopan BG500. Але у двофазній системі його активність у шість разів менша. Імобілізована ліпаза *C. antarctica* типу В має дуже низьку активність відносно етилферуляту ($0,01 \pm 0,0$). Ліпаза *C. antarctica* типу А, ліпаза *C. rugosa* типу VII не виявляють ферулоїлестеразної активності відносно етилферуляту в умовах реакції. Вважається, що для всіх використаних ферментів активність у двофазній системі значно знижується.

У ферментному буфері Pentopan BG500 показав найвищу активність естерази ферулової кислоти. Ліпази *C. antarctica* типу А і *C. rugosa* не виявляли активності ФАЕ в цих умовах реакції. Однак іммобілізована ліпаза *C. antarctica* типу В показала активність ФАЕ. Активність ферулоїлестерази у препаратах ліпази була виявлена вперше. Іммобілізована ліпаза *C. antarctica* типу В використовувалася для синтезу ефірів ферулової кислоти і довголанцюгових спиртів.

Таблиця 3.5

Визначення активності естерази ферулової кислоти у препаратах Pentopan BG500, іммобілізованої ліпази *C. antarctica* типу В, ліпази *C. antarctica* типу А, ліпази *C. rugosa* з етилферулятом

Ферментний препарат	U (МКМОЛЬ/ХВ)	U/Г	Вихід продуктів гідролізу етилферуляту (%)
Pentopan BG500	0,08±0,0	15,5±0,1	38,2±0,6
Іммобілізована ліпаза <i>C. antarctica</i> типу В	0,02±0,0	3,2±0,1	7,9±0,2
Ліпаза <i>C. antarctica</i> типу А	н. з.	н. з.	н. з.
Ліпаза <i>C. rugosa</i> типу VII	0,6×10 ⁻³ ±0,0	0,1±0,0	0,09±0,0
двофазна система			
Pentopan BG500	0,01±0,0	2,6±0,1	6,3±0,2
Іммобілізована ліпаза <i>C. antarctica</i> типу В	0,01±0,0	1,6±0,1	3,8±0,3
Ліпаза <i>C. antarctica</i> типу А	0,5×10 ⁻³ ±0,0	0,1±0,0	0,02±0,01
Ліпаза <i>C. rugosa</i> типу VII	0,4×10 ⁻³ ±0,0	0,1±0,0	0,002±0,02

Примітка. Н. з. – не знайдено.

Активність ФАЕ препарату ксиланази Pentopan BG500 вже була описана. Вивільнення ферулової кислоти із пшеничних висівок було використано Hatzakis [87] для визначення активності Pentopan BG500. Gioia [86] показав високу ФАЕ-активність цього препарату із субстратами метилферуляту.

У двофазній системі активність ФАЕ значно нижче, ніж в однофазній. Це в шість разів менше для Pentopan BG500 і у два рази менше для ліпази *C. antarctica* типу В. Нерівномірне зниження активності, ймовірно, пов'язане з різним розподілом ферменту і субстрату у двофазній системі.

Таким чином, показано, що умови реакції можуть сильно впливати на активність ферментів. Імовірно, активність ліпаз може бути збільшена, якщо

субстрат перебуватиме в емульгованому стані, щоб забезпечити кращий контакт з активним центром ферменту [65].

Для ліпази *C. antarctica* типу А не вдалося досягти температурного оптимуму гідролітичної активності. Також необхідно враховувати субстратну специфічність. Для ліпаз може виявитися, що етилферулят не може бути прийнятий як субстрат. Оскільки активність ліпази може бути виявлена за допомогою р-нітрофенілпальмітату, були зроблені подальші спроби гідролізу γ -оризанолу за допомогою препаратів ліпази в цих умовах. Також передбачено гідроліз γ -оризанолу препаратом Pentoran BG500 у визначених умовах.

3.4.2. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу ліпазами. Ліпази можна використовувати для більш широкого спектра гідролітичних і синтетичних реакцій, таких як гідроліз ліпідів, ацидоліз (заміна етерифікованих жирних кислот вільними жирними кислотами), переетерифікація (обмін жирними кислотами між тригліцеридами) і синтез складних ефірів. Існують два типи ліпази *Candida antarctica*: А і В.

Ліпаза *Candida antarctica* використовувалася в різних дослідженнях *in vitro* для синтезу ферулятів, похідних жирних кислот. Ліпаза *C. antarctica* типу В часто використовується для синтезу гліколіпідів. Chao та ін. синтезували ефір жирної кислоти і фруктози під час ліпазного каталізу. Імобілізована ліпаза *Candida antarctica* типу В була використана для метанолізу трицинолеїну в органічних розчинниках, а також для отримання олеїлолеату (рідкого ефіру воску). У роботі Borch та ін. повідомлялося, що тільки ліпаза *C. antarctica* типу А може бути використана для етерифікації стеринів карбоною кислотою [408].

У контексті цієї роботи викликає інтерес гідролітична активність γ -оризанолу ліпази *Candida antarctica* типів А і В.

Для вибору потрібної кількості ферменту, середовища й умов інкубації для гідролізу γ -оризанолу параметри реакції варіювали. Партії інкубували

протягом 24 год за температури 45°C на бані-шейкері або із перемішуванням у таких середовищах:

– зі струшуванням: ферментний буфер рН 6,0 із 5 мг ферменту; двофазна система з 5 мг ферменту, що складається з ферментного буфера з рН 6,0 і гексану;

– зі перемішуванням: ферментний буфер рН 6,0, таурохолат натрію зі 100 мг ферменту, інкубація при перемішуванні; двофазна система зі 100 мг ферменту, що складається з ферментного буфера рН 6,0, таурохолату натрію і гексану.

Надалі, після ферментативного гідролізу, приготовані силіловані розчини досліджували за допомогою газової хроматографії. Піки порівнювали з еталонними хроматограмами, отриманими після хімічної переетерифікації

γ-оризанолу. Для кількісної оцінки хроматограм площі піків були інтегровані й розраховані. Розрахункові конверсії гідролізу показано в табл. 3.6.

Під час ферментативного гідролізу γ-оризанол за допомогою ліпази *C. antarctica* типу А не виявлено продуктів гідролізу. Оскільки в контролі з р-нітрофенілпальмітатом конверсія також не була досягнута, можна припустити, що ферментний препарат неактивний у цих умовах. Але не можна повністю виключити гідролітичну активність ліпази *C. antarctica* типу А до γ-оризанолу, для цього необхідно провести дослідження з іншими режимами інкубації.

Гідролітичне перетворення γ-оризанолу ліпазою *C. antarctica* типу В було дуже низьким. Проте крім десметилстерилферулятів також були перетворені диметилстерилферуляти.

Конверсія не може бути значно збільшена під час перемішування, додавання таурохолату натрію і підвищеної кількості ферменту. Гідроліз у двофазній системі призводить до того самого перетворення γ-оризанолу, що і в буферній системі.

Таблиця 3.6

Скринінг препаратів ліпази *Candida antarctica* типів А і В на вивільнення стеринів під час гідролізу γ -оризанолу

Ферментні препарати Середовище	Конверсія гідролізу, %							
	Ліпаза <i>C. antarctica</i> типу В, іммобілізована на акриловій смолі				Ліпаза <i>C. antarctica</i> типу А			
Час інкубації	КФ	СФ	ЦАФ	МЦА	КФ	СФ	ЦАФ	МЦА
Однофазна система. Буфер рН 6,0 (фермент 5 мг)	0,22±0,001	0,24±0,004	0,13±0,01	0,15±0,002	н. з	н. з	н. з	н. з
Двофазна система (фермент 5 мг)	0,03±0,1	0,24±0,5	0,04±0,01	0,04±0,02	н. з	н. з	н. з	н. з
Однофазна система. Буфер рН 6,0 + таурохолат, із перемішуванням (фермент 100 мг)	0,66±0,46	5,92±8,3	0,15±0,13	0,24±0,16	н. з	н. з	н. з	н. з
Двофазна система. Буфер рН 6,0 + таурохолат, із перемішуванням (фермент 100 мг)	0,6±0,01	1,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,001	н. з	н. з	н. з	н. з

Примітка. КФ – кампестерилферулят; СФ – ситостерилферулят; ЦАФ – циклоартенілферулят; МЦА – 24-метиленциклоартаніл; н.в. – не знайдено

Перетворення γ -оризанолу ліпазою *C. antarctica* типу В перевіряли в часовому розрізі. Партії інкубували з 5 мг і 100 мг протягом 15 хв, 24 год і 96 год на бані-шейкері при 45°C. Тривалий час інкубації не може збільшити вихід. Час інкубації не впливає на активність гідролізу γ -оризанолу.

На підставі експериментальних даних можна зробити висновок, що ліпаза *C. antarctica* не може бути використана для гідролізу γ -оризанолу в обраних умовах реакції. Її гідролітична активність до γ -оризанолу занадто низька.

Ліпаза *Candida rugosa* типу VII була використана в харчовій технології для переетерифікації в маслі какао, кокосовому маслі. Weber та ін. повідомили, що ліпаза *Candida rugosa* може синтезувати ефіри станіл-,

стерил- і стерин- жирних кислот [75]. Ven Alі та ін. визначили, що ліпаза *C. rugosa* має високу активність у гідролізі холестерилолеатів і оливкової олії [74]. Про гідроліз ефіру ферулової кислоти ліпазою *Candida rugosa* типу VII ще не повідомлялося.

Гідролітичну активність ліпази *Candida rugosa* до γ -оризанолу перевіряли в різних умовах інкубації. Партії інкубували протягом 24 год при 37°C, в одному разі, із 5 мг ферментного препарату зі струшуванням, в іншому разі, зі 100 мг ферментного препарату і 48 мМ таурохолату натрію з перемішуванням. Конверсії гідролізу показано в табл. 3.7.

Під час гідролізу γ -оризанолу ліпазою *Candida rugosa* типу VII стерини звільнялися як із десметилстерилферулятів, так і з 4,4-диметилстерилферулятів. Конверсія гідролізу десметилстерилферулятів була більшою, ніж 4,4-диметилстерилферулятів.

У дослідних партіях із 5 мг ферментного препарату без додавання таурохолату натрію конверсія гідролізу була дуже низькою. Досліди з 100 мг ферментного препарату і додаванням таурохолату натрію привели до підвищення гідролітичної конверсії.

Таблиця 3.7

Конверсія гідролізу ефірів ферулової кислоти під час перетворення γ -оризанолу ліпазою *Candida rugosa* типу VII

Компоненти γ -оризанолу, %	5 мг ферменту без таурохолату натрію ¹		100 мг ферменту з таурохолатом натрію ²	
	1 фаза	2 фаза	1 фаза	2 фаза
Кампестерилферулят	0,19±0,01	0,34±0,01	12,39±0,02	11,07±1,20
Ситостерилферулят	0,65±0,01	0,35±0,05	13,53±0,20	11,15±3,39
Циклоартенілферулят	0,08±0,01	0,03±0,06	0,39±0,06	0,15±0,15
24-Метиленциклоартаніл- ферулят	0,05±0,00	0,02±0,06	0,56±0,04	0,17±0,05
Загальний вихід	0,1±0,00	0,1±0,05	3,1±0,08	2,5±1,12

¹ Інкубація при струшуванні.

² Інкубація при перемішуванні.

Дезметилстерилферуляти були перетворені на 12,4–13,5%, а 4,4-диметилстерилферуляти тільки на 0,4–0,6%. Це відповідає загальному гідролітичному перетворенню γ -оризанолу 3,1%.

Значне збільшення гідролітичної конверсії γ -оризанолу в партіях зі 100 мг ферментного препарату пов'язане, серед іншого, зі збільшеною кількістю ферменту. Додавання таурохолату натрію в буфер може емульгувати стерилферуляти. Міцелярна форма може забезпечити ефект активації поверхні й ліпази, а отже, кращий доступ субстрату до активного центра. Однак активність ліпази *Candida rugosa* може змінюватися залежно від концентрації таурохолату [416]. Це пояснюється ефектом активації поверхні за рахунок утворення міцел і емульсій [401]. Однак механізм активації відрізняється через структурні відмінності між порошком підшлункової залози бика і ліпазою *C. rugosa*. У разі використання ліпази *C. rugosa* таурохолат натрію не виконує функції кофактора. Rogel та ін. повідомили про зміну активності ліпази *C. rugosa* в разі додавання різних концентрацій натрію в буфер. За умови додавання 0,3 мМ і 0,9 мМ таурохолату у фосфатному буфері (рН 7) з оливковою олією як субстратом збільшується активність ліпази *C. rugosa*. Активність знижується при вмісті в розчині 0,6 мМ таурохолату натрію. Ці явища не отримали пояснення. Мінливість також може впливати на розчинники в субстраті [84]. Це ще раз підтверджує, що підбір складної системи для ферментативної реакції важливий. Salis та ін. повідомили про вплив електроліту в буфері на ферментативну активність ліпази *C. rugosa* і її розчинність у буфері [422]. Розчинність ферменту у фосфатному буфері, який містить 1 М Na_2SO_4 , зрушує значення рН від 7,00 до 6,62. Це відбувається завдяки вмісту аніонів SO_4^{2-} , що викликає активацію ферменту. Розчинність ферменту в буфері Tris \times HCl, який містить 1М Na_2SO_4 , зрушує значення рН від 7,00 до 7,38, що створює погані умови для ферменту. Hofmeister та ін. повідомили, що тільки аніони з нижчою полярністю (наприклад, SO_4^{2-}) можуть активувати фермент. Нейтральні аніони (Cl^-) мають менший активаційний ефект. При цьому

надзвичайно поляризовані аніони (SCN^-) призводять до інактивації ферменту [403]. Імовірно, коли в буфер додають таурохолат натрію, значення рН розчину також змінюється. Активність ферменту можна таким чином збільшити.

Очевидно, що одного тільки енергійного струшування партій недостатньо для забезпечення достатнього обміну речовинами між міцелами, утвореними з таурохолатом натрію, або між міцелами і рідиною, що їх оточує. Перемішування може поліпшити це. Ферментативна реакція зі 100 мг ліпази *C. rugosa* каталізується більш ефективно, ніж із 5 мг.

Конверсія гідролізу γ -оризанолу не може бути збільшена у двофазних системах у цих умовах; вона нижче, ніж в однофазній системі.

Для гідролізу γ -оризанолу ліпазою *C. rugosa* рекомендовані такі параметри реакції: буфер, що складається з ферментного буфера рН 6 і 48 мМ таурохолату натрію, розчиненого в 100 мМ буфері фосфату натрію- NaCl , 100 мг ферменту і 50 мкл γ -оризанолу. Умови інкубації: 37°C, 24 год, із перемішуванням.

Ліпаза *C. rugosa* краще підходить для гідролізу γ -оризанолу, ніж *C. antarctica*. Різниця між активністю двох ліпаз обумовлена структурою ферменту. Сайти зв'язування різних ліпаз можна охарактеризувати з точки зору їх кишень зв'язування, які зв'язують певні речовини субстрату. Сайти зв'язування пов'язують ОН-функціональну область субстратів і можуть бути виявлені в заглибленні уздовж поверхні ліпази [418] (ліпаза *C. antarctica* типу В) або в тунелі (ліпаза *C. rugosa*), яке йде досить глибоко всередину ліпази [423]. Ліпаза *C. antarctica* типу В має відносно вузький і плоский сайт зв'язування. Великі й глибокі кишені ліпаз дозволяють зв'язувати субстрат за декількома атомами вуглецю, проте як для менших кишень це неможливо. Порошок підшлункової залози великої рогатої худоби показав значно більший високий відсоток конверсії гідролізу γ -оризанолу, ніж ліпаза *C. rugosa*. Хоча ліпазою *C. rugosa* можна гідролізувати не тільки десметилстерилферуляти, але й диметилферуляти.

3.4.3. Ферментативний гідроліз γ -оризанолу комерційним препаратом Pentoran BG500. Комерційний препарат ксиланази Pentoran BG500, як уже згадувалося вище, використовується для етерифікації похідних гідроксикоричних кислот довголанцюгових спиртів, моносахаридів і алкілглікозидів [84; 87; 424]. Про гідроліз стерилферулятів препаратами ксиланази (Pentoran BG500), ще не повідомлялося.

На підставі літературних даних і даних, отриманих нами експериментально, був доведений гідроліз ефірних зв'язків ефірів ферулової кислоти і стеролів за допомогою препарату Pentoran BG500 у відповідних умовах.

Для перевірки гідролітичної активності Pentoran 500BG до γ -оризанолу був проведений тест із 5 мг і 100 мг ферменту. Гідролітичне перетворення γ -оризанолу досягалося за таких умов: 50 мкл 16,1 мМ γ -оризанолу як субстрат розчиняли в 400 мкл ферментного буфера (рН 6) і додавали відповідну кількість ферменту. Партії інкубували протягом 15 хв за температури 45°C на бані-шейкері (для струшування). Потім додавали 50 мкл внутрішнього стандарту (1), стерини екстрагували МТВЕ і залишок розчину силілували. Утворення стеринів як індикатора гідролізу γ -оризанолу аналізували за допомогою газової хроматографії (ГХ). Для газохроматографічного поділу вільних стеринів використовували неполярну і термостабільну нерухому фазу (Rtx-200MS). Отримані піки інтегрували і порівнювали з еталонною хроматограмою. Отримані після хімічного перетворення γ -оризанолу продукти гідролізу визначали за площами піків.

Для перевірки стабільності γ -оризанолу використовували партії без додавання ферменту (контрольні значення), інкубували, екстрагували, силілували й аналізували за допомогою газової хроматографії в тих самих умовах. Для визначення точного перетворення γ -оризанолу під час розрахунку конверсії гідролізу від площі піків, отриманих за результатом гідролізу віднімали площі піків, отриманих у результаті інкубації партій без додавання ферменту.

У результаті ферментативного гідролізу γ -оризанолу препаратом Pentoran BG500 утворюються вільні стерини й ферулова кислота. Конверсії гідролізу наведено на рис. 3.16.

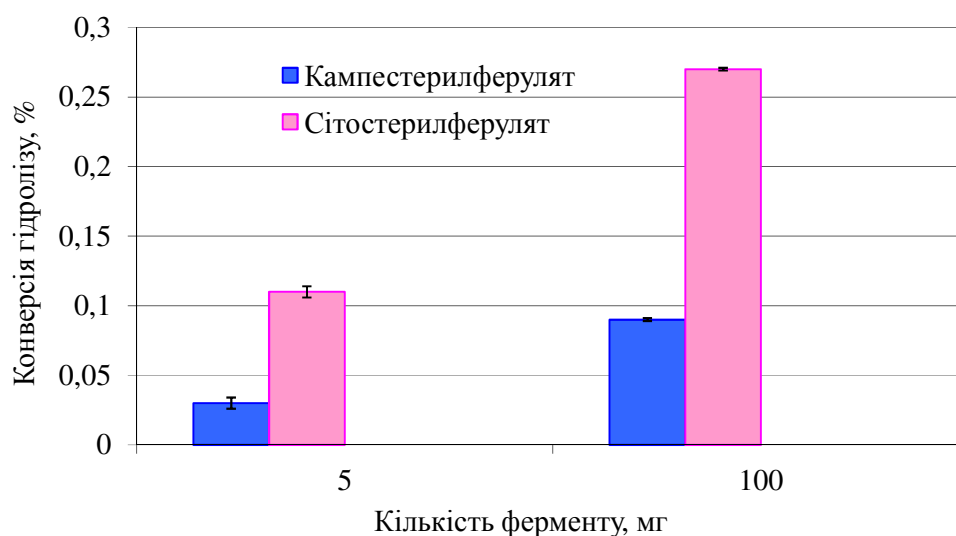


Рис. 3.16. Ступінь гідролізу γ -оризанолу препаратом Pentoran BG500 залежно від кількості ферменту

Після 15 хв інкубації спостерігався гідроліз дезметилстерилферулятів. Ситостерилферуляту було гідролізовано більше, ніж кампестерилферуляту. За цих умов реакції продукти гідролізу 4,4-диметилферулятів: циклоартанілферуляту і 24-метиленциклоартанілферуляту – не були визначені.

Зч збільшенням кількості ферменту вихід продуктів гідролізу збільшився у 2,5–3,0 рази, але тенденція не змінилася. Гідроліз γ -оризанолу залежно від різних параметрів реакції досліджували в ході подальших експериментів. Для цього використовували 100 мг ферменту.

За результатом позитивного впливу таурохолату натрію на конверсію гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика було зроблено припущення, що конверсія гідролізу за допомогою Pentoran BG500 також може бути збільшена завдяки утворенню емульсії або міцел гідрофобного субстрату (γ -оризанолу). Про підвищення активності ксиланаз таурохолатом натрію досі не повідомлялося.

Для вивчення впливу таурохолату натрію на конверсію гідролізу комерційним препаратом Pentopan 500BG, 100 мг ферменту інкубували у двох буферних системах: перша – 450 мкл ферментного буферного розчину (рН 6); друга складається з 200 мкл ферментного буфера (рН 6) і 250 мкл 48 мМ розчину таурохолату натрію. Як субстрат до цих розчинів додавали 50 мкл

16,1 мМ γ -оризанолу. Партії інкубували на бані-шейкері для струшування за температури 45°C. Перебіг реакції досліджували шляхом інкубації партій з і без використання таурохолату натрію протягом 0,25 год, 24 год та 96 год.

Отримані продукти реакції – стерини – ідентифікували за допомогою газової хроматографії / масової спектрометрії. На рис. 3.17 показані мас-спектри силілованих стеринів. Піки стеролів можна було визначити на хроматограмі шляхом порівняння з літературними даними.

Розраховані конверсії гідролізу порівнювали з конверсіями, отриманими після інкубації без таурохолату натрію і з ним (рис. 3.18).

За динамікою ферментативної реакції, показаної на діаграмі, можна визначити, що з часом вихід продукту збільшується до максимального значення в обох середовищах, а потім зменшується. Конверсія через 0,25 год ще не завершена, і швидкість гідролізу невелика. Через 24 год конверсія γ -оризанолу досягла максимального значення. А чим більше час інкубації (96 год), тим нижче конверсія. Імовірно, це пов'язано з пригніченням ферменту утвореними продуктами та завершенням реакції.

Після інкубування протягом 24 год у ферментному буфері було отримано такий ступінь гідролізу: для кампестерилферуляту 0,3% і для ситостерилферуляту 1,8%. У результаті збільшення часу інкубації кількість продуктів гідролізу залишалася без змін. Продуктів гідролізу 4,4-диметилстерилферулятів у цих умовах не виявлено.

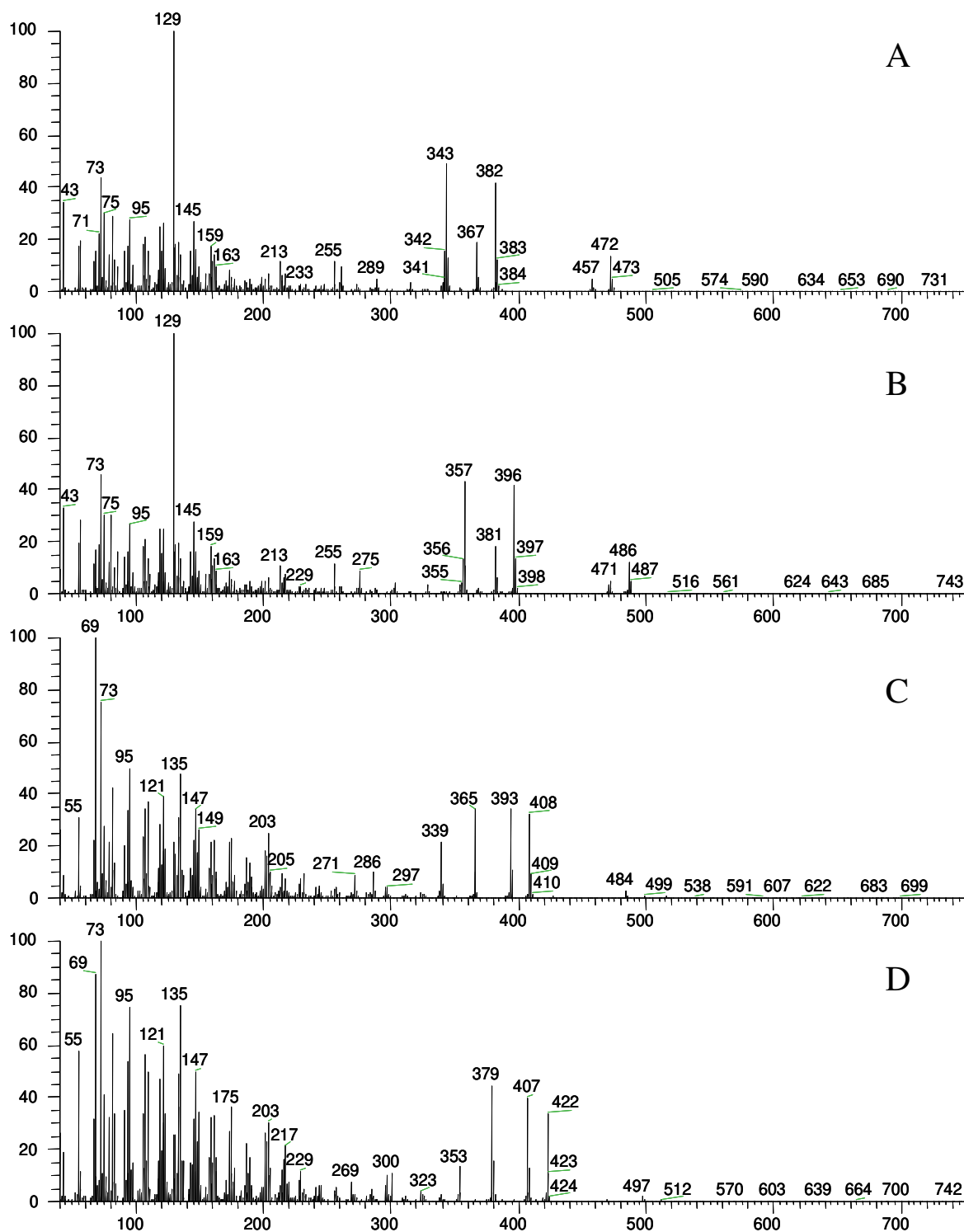


Рис. 3.17. Мас-спектри силілованих стеринів, холестерину (а), 5 α -холестан-3 β -олу (б), кампестерину (с), β -ситостерину (д)

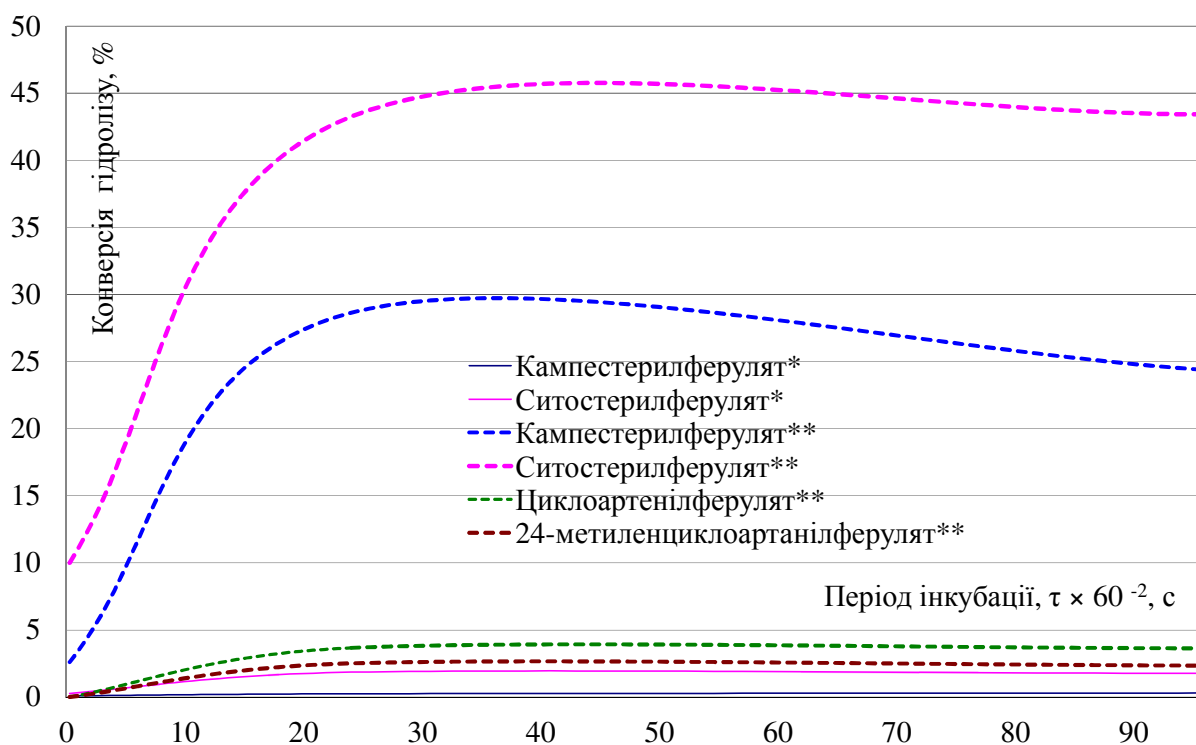


Рис. 3.18. Ступінь гідролізу в разі ферментативного гідролізу γ -оризанолу препаратом Pentoran BG500 залежно від концентрації таурохолату натрію і часу інкубації

* Тільки ферментний буфер, без таурохолату натрію.

** Із додаванням таурохолату натрію.

Перетворення γ -оризанолу значно збільшується за наявності в буфері таурохолату натрію. Конверсія кампестерилферуляту збільшується приблизно на 99%, а ситостерилферуляту приблизно на 95%.

Уже після 15 хв інкубації було виділено значно більшу кількість стеролів із дезметилферулятів, ніж через 24 год інкубації у ферментативному буфері. Ступінь гідролізу ситостерилферуляту через 24 год інкубації дорівнював 43%, кампестерилферуляту 29%. Гідроліз 4,4-диметилферулятів Pentoran 500BG із додаванням таурохолату натрію можна було спостерігати після 24-годинної інкубації: циклоартенілферулят 3,6%, 24-метиленциклоартенілферулят 2,5%.

Можна пояснити збільшення виходу продуктів гідролізу γ -оризанолу за рахунок таурохолату натрію емульгуювальним ефектом. Завдяки

використанню таурохолату натрію гідрофобний субстрат знаходиться в емульгованій формі у водному середовищі й краще контактує з ферментом.

Подальше підвищення ступеня гідролізу за допомогою збільшення часу інкубації до 96 год не було досягнуто.

Оптимальний час інкубації становить 24 год, буферна система є оптимальним середовищем для проведення ферментативної реакції.

Механічні сили можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на вихід продукту у ферментативних реакціях. Такі сили можуть змінити хімічну структуру молекули ферменту до такої міри, що фермент буде інактивованим. Сили, які часто можуть викликати денатурацію білка: сили зсуву (можуть виникати в результаті перемішування), поверхневий натяг (виникає в результаті утворення піни під час інкубації), адсорбція на твердих поверхнях (наприклад, на стінках біореактора), струми деформації й кавітація (виникають за більш високої швидкості перемішування). Для ступеня інактивації важливо визначити поєднання інтенсивності й тривалості дії механічних сил [401].

Позитивний вплив перемішування на вихід продуктів гідролізу γ -оризанолу вже було продемонстровано за допомогою ферментного порошку підшлункової залози бика. Такий самий ефект очікується в разі гідролізу γ -оризанолу Pentopan BG500.

Щоб перевірити вплив механічних сил (струшування і перемішування), використовували партії, що складаються зі 100 мг ферменту, 50 мкл γ -оризанолу, 200 мкл ферментного буфера (рН 6), 250 мкл 48 мМ розчину таурохолату натрію. Підготовані розчини струшували при 45°C або перемішували, інкубували протягом 0,25 год, 24 год, 96 год. Певні конверсії гідролізу показано на рис. 3.19.

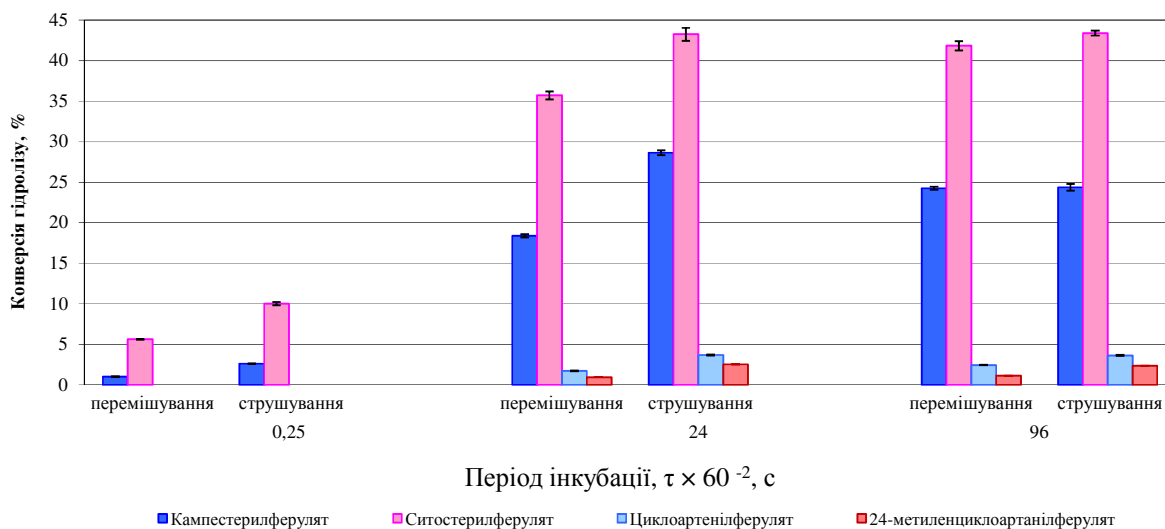


Рис. 3.19. Механічний вплив на ферментативне перетворення γ -оризанолу препаратом Pentopan BG 500

Дані діаграми вказують, що вихід продукту в разі струшування вже в перші 15 хв у 2 рази вище, ніж за умов перемішування. Після 24-годинного інкубаційного періоду можна спостерігати не тільки вихід дезметилстерилферулятів, але й диметилстерилферулятів (циклоартанолферуляту і 24-метиленциклоартанолферуляту). Вихід продукту в разі струшування все ж вище, ніж за умов перемішування. Через 24 год конверсія гідролізу все ще збільшується в разі перемішування, хоча конверсія істотно не знижується через 24 год за умов струшування суміші. Конверсія за 96 год майже така сама, як у разі перемішування і струшування. Тільки конверсія диметилстерилферулятів за умови перемішування майже вдвічі нижче, ніж у разі струшування.

З експериментально отриманих даних можна зробити висновок про меншу активність ферменту в разі перемішування. Поясненням цього можуть бути конформаційні зміни ферменту. Рух середовища реакції може бути перешкодою для утворення комплексу субстрат–фермент. Також припустимо, що сили зсуву змінюють сольватовані групи білка, що призводить до утворення неактивних мономерів.

Для отримання високих конверсій гідролізу γ -оризанолу препаратом Pentoran BG500 рекомендується інкубація на бані-шейкері (зі струшуванням реакційної суміші).

Вихід продуктів гідролізу може бути збільшений за рахунок інкубації у двофазній системі. Причина цього – зменшення будь-якого пригнічення продукту, яке може існувати під час утворення продуктів гідролізу. Використання двофазної системи дозволяє одночасно екстрагувати продукт в органічну фазу, і фермент «сприймає» тільки низьку концентрацію продукту [401]. Щоб перевірити цей ефект, партії гідролізу інкубували зі 100 мг Pentoran BG500 в середовищі (1-, 2-фазна система з таурохолатом натрію і без нього) при 45°C, струшуванні/перемішуванні протягом 24 год.

У першій серії дослідів використовували при струшуванні такі системи: однофазну з ферментним буфером (рН 6) і двофазну, що складається з ферментного буфера (рН 6) і гексану. У другій серії дослідів використовували такі системи при струшуванні: однофазну з ферментним буфером (рН 6) і двофазну, що складається з ферментного буфера (рН 6), таурохолату натрію і гексану. У третій серії дослідів при перемішуванні використовували такі системи: однофазну з ферментним буфером (рН 6) і двофазну, що складається з ферментного буфера (рН 6), таурохолату натрію і гексану.

Порівняння конверсій гідролізу зі зміною параметрів реакції показано на рис. 3.20.

У двофазній системі без використання таурохолату натрію конверсія γ -оризанолу збільшується. Фермент знаходиться у водній фазі, а продукти, що утворюються в результаті гідролізу, переходять у гексанову фазу. Вихід продукту у двофазній системі у два рази перевищує отриману конверсію стерилферуляту у ферментному буфері рН 6. Однак конверсія стерильних ферулятів, яка досягає тільки 2,5–5,0%, дуже низька.

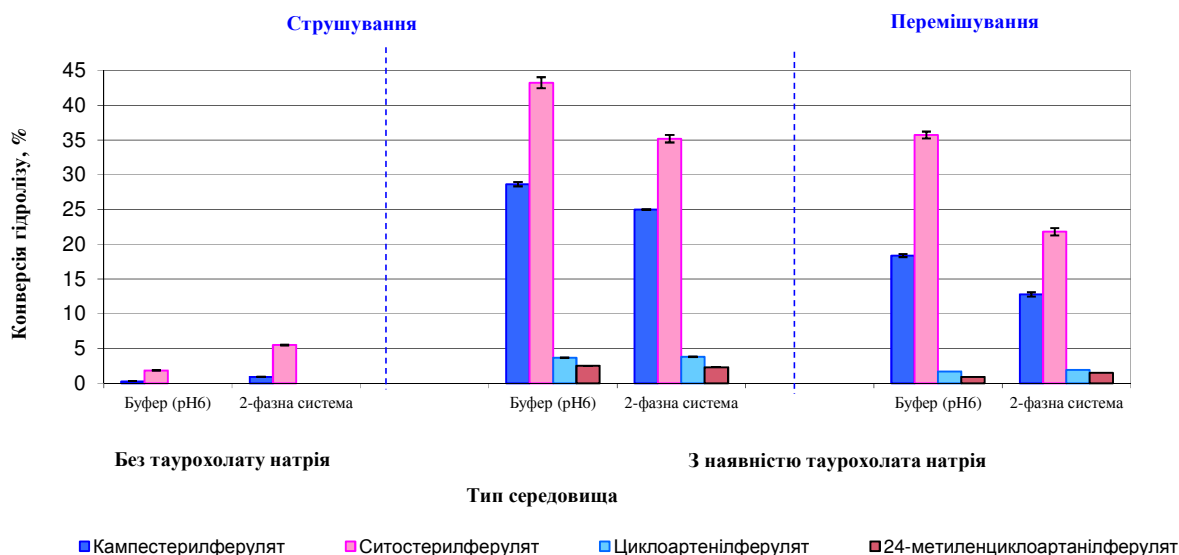


Рис. 3.20. Порівняння ферментативного перетворення γ -оризанолу з Rentoran BG500 залежно від співвідношення компонентів у системі

Наявність таурохолата натрію в реакційному середовищі значно збільшує гідролітичні конверсії γ -оризанолу. При цьому в однофазній системі вихід продуктів гідролізу більша, ніж у двофазній. Конверсія γ -оризанолу у двофазній системі знижується в разі додавання коферментів: кампестерилферуляту приблизно на 3% і ситостерилферуляту приблизно на 13%. Імовірно, у двофазній системі активність ферменту знижується через перехід субстрату в емульгований стан. Це можна пояснити розгортанням ферменту завдяки взаємодії поверхневих сил на межі поділу фаз або обмеженню дифузії продуктів гідролізу в органічну фазу. Як було встановлено, перемішування знижує загальну конверсію γ -оризанолу.

У двофазній системі вихід продуктів гідролізу менше, ніж в однофазній. Зниження активності ферменту у двофазній системі в разі перемішування майже вдвічі більше, ніж у двофазній системі за умови струшування.

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що оптимальним середовищем для гідролізу γ -оризанолу препаратом

Pentopan BG500 є буферна система, що складається з ферментного буфера (рН 6) і таурохолату натрію.

Для встановлення статистично адекватної моделі впливу різних факторів на вихід продуктів ферментативного гідролізу γ -оризанолу був проведений регресійний аналіз отриманих даних у наведених вище експериментах. На підставі проведеного регресійного аналізу було визначено вигляд математичних моделей, які описують залежність виходу продуктів гідролізу від наявності механічного впливу, періоду інкубації, концентрації коферменту та співвідношення компонентів гідролізу. Математичні моделі мають вигляд:

$$y_1 = 3,0 + 0,01 \times x_1 - 10,1 \times x_2 + 0,083 \times x_3 + 0,488 \times x_4,$$

$$y_2 = 24,9 + 0,08 \times x_1 - 8,62 \times x_2 - 0,029 \times x_3 + 0,42 \times x_4.$$

Висновки за розділом

1. Визначено гідролітичну активність відносно до γ -оризанолу таких ферментних препаратів: порошку підшлункової залози бика, ліпази *Candida antarctica* типів А і В, ліпази *Candida rugosa* типу VII, препарату ксиланази Pentopan 500BG. Досягнуті конверсії гідролізу γ -оризанолу з порошком підшлункової залози бика відносяться тільки до 4-дезметилстерилферулятів, основних компонентів 4,4-диметилстерилферулятів виявити не вдалося. Ліпаза *Candida antarctica* типу А в обраних умовах не показала гідролітичної активності до γ -оризанолу, а з ліпазою *Candida antarctica* типу В вихід продуктів гідролізу був дуже низьким. Уперше доведено каталіз гідролітичного розщеплення γ -оризанолу ліпазою *Candida rugosa* типу VII. Ферментний препарат Pentopan BG500 продемонстрував гідролітичну активність відносно γ -оризанолу. При цьому спостерігалася конверсія гідролізу як дезметилстерилферулятів, так і диметилстерилферулятів. З обраних для дослідження ферментних препаратів найбільших конверсій гідролізу γ -оризанолу вдалося досягти з препаратом Pentopan BG 500.

2. Комплексно досліджено та визначено закономірності (механізми) впливу на гідролітичне розщеплення γ -оризанолу параметрів проведення ферментативної реакції, а саме: температури, концентрації таурохолату натрію, співвідношення ферменту / субстрату / буферу, часу інкубації, іммобілізації, механічного впливу (струшування й перемішування). Установлено, що оптимальними температурами процесу гідролізу для ліпази та порошку підшлункової залози бика є 37°C , для препарату Pentopan BG 500 – 45°C . Склад системи важливий для отримання максимальної кількості продуктів гідролізу. Збільшення концентрації в розчині таурохолату натрію з 12 мМ до 48 мМ приводить до збільшення конверсії гідролізу γ -оризанолу. Установлено, що перетворення субстрату (γ -оризанолу) порошком підшлункової залози та ліпази *Candida rugosa* типу VII за умови перемішування краще, ніж у разі струшування системи, а препаратом Pentopan BG500 – навпаки.

Оптимальним часом інкубації партій є 24 год. Виявлено, що іммобілізовані ферментні препарати не проявляють активності в гідролізі γ -оризанолу.

3. Розроблено режим проведення гідролізу γ -оризанолу ферментними препаратами: порошком підшлункової залози бика і ліпазою *Candida rugosa* типу VII. Рекомендовано такі параметри реакції: буфер, що складається з ферментного буфера (рН) і таурохолату натрію, розчиненого в 100 мМ буфері фосфату натрію-NaCl; співвідношення компонентів у системі Ф:С:Б = 1:5:5; умови інкубації – температура 37°C протягом 24 год, із перемішуванням. Вихід продуктів гідролізу з порошком підшлункової залози бика становить для кампестерилферуляту 38,4%, для ситостерилферуляту – 31,8%. Вихід продуктів гідролізу з ліпазою *Candida rugosa* типу VII становить для кампестерилферуляту 12,39%, ситостерилферуляту – 13,53%, для циклоартенілферуляту – 0,39%, для 24-метиленциклоартанілферуляту – 0,56%. Із препаратом Pentopan BG 500 гідроліз γ -оризанолу слід проводити за таких параметрів реакції: буфер, що складається з ферментного буфера (рН)

із додаванням таурохолату натрію; умови інкубації – температура 45°C протягом 24 год, зі струшуванням. Вихід продуктів гідролізу становить для кампестерилферуляту 29,0%, ситостерилферуляту – 43,0%, циклоартенілферуляту – 3,6%, 24-метиленциклоартанілферуляту – 2,5%.

4. За допомогою математичного моделювання розроблено математичні моделі ферментативного гідролізу γ -оризанолу, які дають можливість керувати процесом та забезпечити гарантований вихід продуктів конверсії. Отримані результати можливо використовувати у технологіях харчових продуктів в залежності від виду сировини та наявності ферментного препарату.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЯКОСТІ АРАХІСУ, ГРЕЧКИ ТА ПРОСА ЯК ПОТЕНЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

4.1. Дослідження харчової цінності арахісу

Відсутність інформації стосовно хімічного складу сортів арахісу, адаптованих до вирощування в Україні, вимагає вирішення цього завдання на даному етапі досліджень. Досліджено хімічний склад сортів арахісу врожаїв 2011–2021 років. У таблицях Е1, Е2 додатку Е наведено усереднені дані хімічного складу дослідних зразків.

Аналіз результатів досліджень засвідчив, що здебільшого арахіс містить невелику кількість вологи, яка коливається в межах від 3,0% до 9,6%. Завдяки цьому арахіс відносять до продуктів тривалого терміну зберігання.

За кількісним вмістом білок є другим компонентом хімічного складу арахісу. Так, у середньому вміст білка в більшості сортів арахісу коливається в межах 21,2–24,7%. Найбільшим вмістом (26,8%), характеризується сорт Темно-червоний, найменшим відзначилися сорти Краснодарський 14, AR 2 та Рожевий великий (20,0%, 19,6% та 17,6% відповідно).

Відомо, що амінокислотний склад білків арахісу дуже багатий та складається з 18 амінокислот. Таку кількість можна порівнювати тільки з білком продуктів тваринного походження [89; 91; 92].

У 19 досліджених сортах арахісу було ідентифіковано та кількісно визначено 8 незамінних (валін, лейцин, ізолейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, триптофан, треонін) та 10 замінних амінокислот: аспарагінова кислота, цистин, серин, тирозин, аргінін, глутамінова кислота, гліцин, пролін, гістидин і аланін (додаток Е, табл. Е3).

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що найбільшу кількість незамінних амінокислот містять сорти арахісу AR 1 (33,6

г/100 г білка), AR 6 (30,5 г/100 г білка) та AR 4 (30,2 г/100 г білка), в інших зразках вона коливалася в межах від 27,8 г/100 г білка (сорт ВНДІОК 15) до 20,8 г/100 г білка (сорт Темно-червоний). За вмістом замінних амінокислот лідирують сорти арахісу AR 3 та Блідо-рожевий 1 – по 78,3 г/100 г білка. В інших сортах цей показник становив від 77,3 г/100 г білка (сорт Краснодарський 14) до 64,8 г/100 г білка (сорт AR 1).

Переважною кількістю у складі замінних амінокислот білка арахісу відрізняється глютамінова кислота, вміст якої коливається від 14,4 г/100 г білка до 21,0 г/100 г білка. Також в арахісі міститься багато аргініну (8,7–17,7 г/100 г білка) та аспарагінової кислоти (7,3–13,0 г/100 г білка). Дещо менше арахіс містить проліну (4,2–11,9 г/100 г білка), гістидину (1,5–4,8 г/100 г білка), аланіну (3,2– 7,6 г/100 г білка), гліцину (4,4–7,5 г/100 г білка) та серину (2,8–6,4 г/100 г білка).

Білок арахісу містить амінокислоти, кожна з яких в організмі людини відіграє важливу роль [392]. Для оцінки якісного складу білка за біологічною цінністю було розраховано амінокислотний скор, який дозволяє отримати дані за кожною амінокислотою, коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору (КРАС) і величину біологічної цінності (БЦ) кожного з досліджених сортів арахісу. При цьому враховувалася сума сірковмісних амінокислот, оскільки метіонін в організмі перетворюється на цистин, і сума ароматичних амінокислот, оскільки фенілаланін трансформується в тирозин. Результати наведено в табл. Е4, додатка Е.

Розрахований амінокислотний скор засвідчує, що білки всіх сортів арахісу є цінним джерелом фенілаланіну та тирозину. Тирозин – антидепресант, що сприяє функціонуванню надниркової та щитоподібної залози, бере участь у біосинтезі адреналіну. Фенілаланін стимулює ЦНС, покращує пам'ять і увагу, підвищує працездатність, знижує апетит. Значення скору за цими амінокислотами наближається до «ідеального білка» в сортах AR 3, AR 2 та Блідо-рожевий 1 – 95%, 93% та 75% відповідно, а в інших

сортах арахісу навіть його перевищує, у тому числі в сорті AR 1 – майже у 2 рази.

Відомо, що триптофан регулює функції імунної та центральної нервової системи, сприяє хорошему сну, стимулює ріст волосся, покращує травлення. Амінокислотний скор за триптофаном у всіх сортах арахісу відповідає «ідеальному білку» і коливається від 100% до 105%. Валін необхідний організму для підтримки потрібного рівня обміну азоту. Він метаболізується в м'язову тканину, стимулює розумову діяльність. Амінокислотний скор цієї амінокислоти перевищує «ідеальний білок» у сортах арахісу AR 4 – 127%, AR 2 – 119,6%, AR 1 – 115%, Клиньський – 108%, Блідо-рожевий 2 – 102%. У сортах арахісу Краснодарець 14, AR 6, ВНДІОК 15, Малиновий вміст цієї амінокислоти наближається до вмісту в «ідеальному білку». В арахісі сорту Рожевий великий ця амінокислота є лімітуючою, її амінокислотний скор становить 39%.

Лейцин є джерелом енергії, сприяє відновленню м'язів та кісток, знижує підвищений рівень цукру в крові при діабеті. У сортах арахісу AR 1, AR 6 та Рожевий великий амінокислотний скор цієї амінокислоти перевищує «ідеальний білок». Розрахований амінокислотний скор лейцину в сортах AR 3, Блідо-рожевий 1, Блідо-рожевий 3, Клиньський засвідчив, що вміст цієї амінокислоти найменший (60–62,1%).

Ізолейцин регулює рівень цукру в крові, бере участь у синтезі гемоглобіну, підвищує витривалість організму, розщеплює холестерин. Найбільший скор за ізолейцином зареєстровано в сортах AR 1 та AR 6 – 110% та 121% відповідно, найменший – у сортах Краснодарський 14 (37,5%), Темно-червоний (37%), AR 2 (29%), AR 5 (26%). Вміст ізолейцину в сортах AR 4 та AR 5 є лімітуючим.

Лізин необхідний для росту кісткової тканини, підтримки жіночої статевої функції. Він бере участь в обміні азоту в організмі, має протівірусну дію, стимулює розумову діяльність. Найбільший скор за лізином відзначено в сортах Краснодарець 13 (96,3%) та ВНДІОК 14 (90,7%). Лізин у сортах

Краснодарець 14, Краснодарський 14, AR 2, AR 3, AR 6, ВНДІОК 15, Біло-рожевий 2, Темно-червоний та Клинський є лімітуючим.

Відомо, що метіонін покращує травлення, сприяє засвоєнню жиру, розщеплює холестерин, запобігає випадінню волосся. Цистин активізує імунну систему, покращує мозкову діяльність, виконує роль антиоксиданту. Амінокислотний скор метіоніну та цистину в досліджених сортах арахісу коливається від 45,1% (Біло-рожевий 1) до 130,2% (сорт Біло-рожевий 2). Найбільший амінокислотний скор метіоніну та цистину мають сорти Біло-рожевий 2, Клинський, Краснодарець 14, Краснодарський 14, що перевершує «ідеальний білок». Метіонін і цистин є лімітуючими біологічну цінність білка в зразках Краснодарець 13, AR 1, ВНДІОК 14, Біло-рожевий 1, Біло-рожевий 3, Темно-червоний.

Треонін є однією з незамінних амінокислот, яка активізує імунну систему, сприяє росту тканин, допомагає засвоювати харчовий білок. Розрахований амінокислотний скор треоніну засвідчив, що вміст цієї амінокислоти лімітуючий у сортах Краснодарський 15 (43%) та Малиновий (35%). Білок арахісу сортів Краснодарець 13, Краснодарець 14, ВНДІОК 15 та Клинський за вмістом треоніну перевищує «ідеальний білок».

Таким чином, встановлено сортові особливості якісного та кількісного амінокислотного складу білка арахісу. Із 19 досліджених сортів помітно вирізняються за вмістом окремих амінокислот такі: Краснодарець 13 – за лізином (5,3 г/100 г білка) та треоніном (4,8 г/100 г білка); AR 1 – за лейцином (8,9 г/100 г білка) та фенілаланіном (7,0 г/100 г білка); AR 6 – за лейцином (9,3 г/100 г білка), ізолейцином (4,9 г/100 г білка); ВНДІОК 15 – за треоніном (4,8 г/100 г білка). Можна зробити припущення, що ці сорти арахісу свідомо були селекціоновані на високий вміст зазначених амінокислот за принципами біофортифікації, стратегія якої полягає у створенні рослин із підвищеним вмістом певних елементів та сполук, що поглинаються з ґрунту або синтезуються в рослині. В основі реалізації цієї

стратегії є гібридизація, радіаційний та хімічний мутагенез, селекція, методи молекулярної генетики [340].

Під час оцінювання біологічної цінності білка арахісу важливим є не тільки наявність у ньому всіх незамінних амінокислот і їх високий вміст, але й кількісна збалансованість відповідно до фізіологічної норми ФАО/ВОЗ у вигляді амінокислотної шкали ідеального білка.

Було визначено, що досить високу біологічну цінність (БЦ) білка мають сорти арахісу Блідо-рожевий 3 – 77,2%, Блідо-рожевий 1 – 76,0%, ВНДІОК 15 – 75,3%, ВНДІОК 14 – 73,9% та Краснодарець 13 – 72,0%. Найменшою БЦ білка відзначилися сорти AR 1 – 45,4%, Краснодарський 14 – 43,9% та AR 6 – лише 42,7%. Таку низьку БЦ можна пояснити дуже великою розбіжністю значень амінокислотного скору за деякими амінокислотами: зокрема, в сорті AR 6 перша лімітуюча кислота лізин становить 39%, а амінокислотний скор фенілаланіну та тирозину – 150%. Сорт арахісу Краснодарський 14 характеризується низьким вмістом лізину (23%) й одночасно високим вмістом фенілаланіну та тирозину (123%). У сорті AR 1 сірковмісних амінокислот (метіонін + цистин) найменше – 46,3%, водночас фенілаланін і тирозин наявні в дуже великій кількості – 183,3%.

Досить високий показник біологічної цінності білка арахісу наближає його до тваринного (БЦ білка яловичини становить 87%, свинини – 84% [613]), що має велике значення, зокрема, для вегетаріанців, які не вживають білків тваринного походження і мають більш зважено ставитися до вибору його джерел, щоб отримати комбінований білок із достатньо високою БЦ.

Таким чином, завдяки високій біологічній цінності білків вищевказаних сортів арахісу, їх можна використовувати в харчуванні населення як альтернативу білку тваринного походження, що за собівартістю в 2–3 рази дорожчий за рослинний. Сорти арахісу з меншою БЦ доречно використовувати для створення комбінованих продуктів спеціалізованого харчування із заданим амінокислотним складом.

Із дослідних зразків найбільший вміст жиру (56–59%) характерний для сортів Краснодарський 14, AR 1, Рожевий великий, AR 2, ВНДІОК 15, AR 6 та Біло-рожевий 2. Сортами із середнім вмістом жиру (52–55%) є Краснодарець 14, AR 3, AR 4, AR 5, Біло-рожевий 3, Темно-червоний, Малиновий, Клиньський та Краснодарський 15. Найменше жиру знайдено в сортах арахісу ВНДІОК 14, Краснодарець 13 та Біло-рожевий 1 (48%, 35% та 34% відповідно).

Біологічна цінність жирів для людського організму значною мірою визначається вмістом у них поліненасичених жирних кислот: лінолевої і арахідонової (ω -6) та ліноленової (ω -3). Відомо, що вони ефективно забезпечують засвоєння організмом білкових речовин, мінеральних солей (особливо кальцієвих), вуглеводів, а також регулюють водний обмін [425].

Узагальнюючи вищезазначене, доцільним було вивчення фракційного складу жирних кислот жиру арахісу для подальшого використання його у виробництві продуктів здорового харчування. Результати досліджень наведено в табл. Е5 додатку Е.

Отримані дані свідчать про те, що жирнокислотний склад жиру арахісу дослідних сортів характеризується високим вмістом ненасичених жирних кислот, а саме олеїнової та лінолевої.

За кількістю олеїнової кислоти сорти AR 2 (30,57 г/100 г), AR 4 (29,59 г/100 г), Краснодарський 14 (29,44 г/100 г), ВНДІОК 15 (27,78 г/100 г) та Краснодарський 15 (26,2 г/100 г) перевершують усі інші сорти, у яких вміст олеїнової кислоти коливається в межах від 14,08 г/100 г до 25,5 г/100 г. Найменшим вмістом олеїнової кислоти (15,35–14,08 г/100 г) характеризуються сорти арахісу AR 6, Краснодарець 13 та Біло-рожевий 1.

Із мононенасичених кислот у складі жиру дослідних сортів арахісу також наявна пальмітоолеїнова кислота. У найбільшій кількості (0,12 г/100 г) вона міститься в сортах арахісу AR 1 та Рожевий великий, у найменшій (0,07 г/100 г) – в арахісі сортів Краснодарець 13 та Біло-рожевий 1.

Високим вмістом лінолевої кислоти характеризуються сорти арахісу AR 6 (33,38 г/100 г), AR 1 (25,65 г/100 г) та Краснодарець 14 (25,1 г/100 г). Найменший вміст (12,79–19,89 г/100 г) виявлено в сортах AR 3, Краснодарський 15, AR 2, ВНДІОК 14, Темно-червоний, AR 4, Краснодарець 13 та Блідо-рожевий 1. У незначній кількості арахіс містить ліноленову кислоту (0,03–0,06 г/100 г арахісу).

Із насичених жирних кислот переважає пальмітинова, але її вміст незначний і коливається в межах від 1,95 г/100 г (Краснодарець 13) до 8,08 г/100 г (Темно-червоний). Вміст стеаринової кислоти в дослідних сортах арахісу знаходиться в діапазоні від 0,79 г/100 г (Блідо-рожевий 1) до 1,42 г/100 г (Краснодарський 14).

Також у складі дослідних сортів арахісу ідентифіковано такі насичені жирні кислоти, як лауринова та міристинова. Показано, що їх вміст не перевищує 1,22 г/100 г, а в деяких сортах вони містяться як сліди. Відомо, що жир у їжі має забезпечити 30% добової енергетичної цінності раціону. Згідно з рекомендаціями Європейського бюро ВООЗ, співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК в ньому має становити 1:1:1 [392].

Характеризуючи жирнокислотний склад жиру дослідних сортів арахісу, можна стверджувати, що за умови вживання в їжу 100 г бобів (залежно від сорту) задовольняється добова потреба організму в середньому: у НЖК на 9–33%, МНЖК на 43–93%, ПНЖК на 39–100%.

Вміст вуглеводів у дослідних сортах арахісу коливався таким чином: цукрів – від 2,0% до 8,0%, крохмалю – від 2,9% до 9,8%, клітковини – від 2,2% до 4,3%, пектинових речовин – від 1,9% до 6,4%.

За вмістом золи сорти арахісу значно не відрізняються один від одного. Найбільший вміст золи характерний для сорту Краснодарець 13 і складає 3,2%. Найменше золи знайдено в сортах AR 1 та Блідо-рожевий 2 – по 2,5%.

Щодо вітамінного складу арахісу, то найбільша питома вага припадає на жиророзчинний вітамін Е. За даними наших досліджень, найбільша його кількість міститься в сортах Краснодарський 14 та Рожевий великий –

9,45 мг/100 г та 9,05 мг/100 г. В інших сортах вміст коливається в межах від 6,0 мг/100 г (сорт Блідо-рожевий 1) до 8,95 мг/100 г (сорт ВНДІОК 15). Отже, 100 г арахісу можуть задовольнити добову потребу в цьому вітаміні на 40–60%.

Іншим, не менш важливим вітаміном в арахісі є вітамін В₁, найбільшим вмістом якого відзначилися сорти ВНДІОК 14 (0,88 мг/100 г), Краснодарський 15 (0,82 мг/100 г), АР 6 (0,80 мг/100 г). У всіх інших зразках вітаміну В₁ виявлено в межах від 0,58 мг/100 г (сорт Краснодарець 13) до 0,79 мг/100 г (сорт ВНДІОК 15), тобто ця кількість вітаміну може задовольняти добову потребу на 40–50%.

Із водорозчинних вітамінів арахіс також багатий на вітамін РР. Його вміст у дослідних сортах коливався в межах від 12,41 мг/100 г (сорт Блідо-рожевий 1) до 14,84 мг/100 г (сорт АР 4), задовольняючи добову потребу в середньому на 50%. У невеликій кількості у складі арахісу міститься вітамін В₂. Його вміст коливався від 0,07 мг/100 г (сорт Краснодарець 13) до 0,15 мг/100 г (сорт АР 6 та Блідо-рожевий 2). Очевидно, що арахіс не є джерелом вітаміну В₂, оскільки задовольняє потребу організму лише до 5–10%. Вітамін С був виявлений також у невеликій кількості – від 4,0 мг/100 г до 6,0 мг/100 г. Зазначена кількість не має вагомого впливу на задоволення потреб у цьому вітаміні. У дослідних сортах арахісу β-каротин виявлено в незначній кількості (від 0,01 мг/100 г до 0,05 мг/100 г), а в таких сортах, як Краснодарець 13, Краснодарський 14, Краснодарський 15, АР 3, АР 5, Рожевий великий, Блідо-рожевий 2, Малиновий та Клиньський він зовсім відсутній.

Із мінеральних речовин в арахісі у великій кількості міститься Магній. Разом із Кальцієм (Са) і Фосфором (Р) Магній бере участь у формуванні здорових кісток. Найбільшим вмістом цього елемента (188 мг/100 г) відзначаються сорти Темно-червоний та Блідо-рожевий 2. Також багато Магнію містять сорти ВНДІОК 14, ВНДІОК 15 та Краснодарець 14 (185 мг/100 г, 184 мг/100 г та 182 мг/100 г відповідно). Найменше Магнію

виявлено в сорті Краснодарський 14 та Рожевий великий – по 152 мг/100 г. Відомо, що добова потреба в Магнії становить 350–400 мг. Таким чином, порція арахісу в кількості 100 г може задовольнити потребу організму в цьому мінералі на 40–50%.

Добова потреба в Кальції становить 800–1000 мг. Здебільшого цей мінерал міститься в молочних продуктах, але він є і в арахісі. Результати наших досліджень засвідчують, що вміст Кальцію в дослідних сортах лежить у межах від 62,0 мг/100 г (сорт Рожевий великий) до 106,0 мг/100 г (сорт Блідо-рожевий 2), забезпечуючи добову потребу в Кальції на 7–13%.

Вміст Фосфору в зразках арахісу коливається в межах від 302 мг/100 г до 398 мг/100 г. Найбільший його вміст у сорті AR 2, найменший – в AR 4. Добова потреба в цьому елементі – 1200 мг, уживання арахісу задовольняє її на 30%.

До переліку продуктів, багатих на Марганець, можна віднести й арахіс, вміст марганцю в якому варіюється від 1,69 мг/100 г до 2,65 мг/100 г. Найбільшим вмістом Марганцю характеризуються сорти Блідо-рожевий 2, AR 2, ВНДІОК 14, Малиновий, Темно-червоний, AR 4, Краснодарець 14. Добова потреба в Марганці (5–10 мг) за рахунок арахісу задовольняється в середньому на 40–50%.

Найбільше Заліза містить арахіс сорту Краснодарець 14 (5,02 мг/100 г), найменше – ВНДІОК 15 (2,09 мг/100 г). За рахунок вмісту цього металу в кількості майже 50% від добової потреби організму, арахіс також можна вважати джерелом цього мінерального елемента.

Натрій в арахісі міститься в невеликій кількості, тому добову потребу в Натрії (400–600 мг) він покриває лише на 4,5–6,5%. Найбільше його виявлено в сорті Краснодарець 13 (26 мг/100 г), найменше – у сорті Блідо-рожевий 3 (18 мг/100 г).

На відміну від Натрію, вміст Калію в дослідних зразках більш значний. Найбільше його виявлено в сортах Краснодарець 13, AR 4, AR 5, Блідо-рожевий 1 (736 мг/100 г, 730 мг/100 г, 732 мг/100 г та 722 мг/100 г

відповідно). Узагалі всі дослідні сорти арахісу забезпечують організм Калієм на 26–30%.

На сьогодні перспективним є виробництво функціональних харчових продуктів, збагачених фітостеринами, завдяки низці їх лікувально-профілактичних властивостей, наведених у розділі 1. Відомо, що найбільш багаті на фітостероли жировмісні продукти, до яких належить і арахіс. У цьому блоці досліджень нами було вивчено кількісний вміст стероїдів у ядрах бобів арахісу на прикладі п'яти сортів арахісу з найбільшим вмістом жиру (Краснодарський 14), із середнім (AR 6, Темно-червоний, ВНДІОК 14) та найменшим (Блідо-рожевий 1). Стероїдний комплекс арахісу представлений такими стеринами (табл. 4.1): холестерин, кампестерин, стигмастерин, β -ситостерин, $\Delta 5$ -авеностерин, $\Delta 7$ -стигмастерин, $\Delta 7$ -авеностерин.

Таблиця 4.1

Стероїдний комплекс арахісу, мг/100 г ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 10$)

Стероїд	Краснодарський 14	AR 6	ВНДІОК 14	Блідо-рожевий 1	Темно-червоний
Холестерин	0,06	–	–	–	–
Кампестерин	21,4	89,0	62,1	26,9	55,6
Стигмастерин	13,9	18,5	26,7	18,9	23,8
β -ситостерин	115,6	472,2	366,1	289,1	283,4
$\Delta 5$ -авеностерин	18,9	23,6	51,9	61,4	40,2
$\Delta 7$ -стигмастерин	2,4	–	9,7	5,6	7,4
$\Delta 7$ -авеностерин	0,5	1,3	5,6	8,9	–
Сумарний вміст, мг/100 г	172,7	604,6	522,1	410,8	410,4

Найбільшим вмістом фітостеролів характеризується арахіс сорту AR 6 – 604,6 мг/100 г. Найменшу кількість фітостеролів зафіксовано в арахісі сорту Краснодарський 14 – 172,7 мг/100 г.

Установлено, що основним компонентом фітостеролів арахісу є β -ситостерин, що становить 66–78% від їх сумарної кількості. Найбільшу його кількість виявлено в арахісі сорту AR 6 – 472,2 мг/100 г.

У всіх сортів арахісу зафіксовано також високий вміст кампестерину (6,5–14,7%) та $\Delta 5$ -авеностерину (3,9–14,9%). Найбільшу кількість кампестерину містить арахіс сортів AR 6 та ВНДІОК 14 (89 мг/100 г та 62,1

мг/100 г відповідно), $\Delta 5$ -авеностерину – ВНДІОК 14 та Блідо-рожевий 1 (51,9 мг/100 г та 61,4 мг/100 г відповідно).

Вміст стигмастерину становить від 3% до 8% від загальної кількості фітостеролів у арахісі. Найбільша його кількість зафіксована в сорту ВНДІОК 14 – 26,7 мг/100 г.

Такі стероли, як $\Delta 7$ -стигмастерин та $\Delta 7$ -авеностерин, серед загальної кількості фітостеролів становлять не більше ніж 2%. В арахісі сорту АР 6 не виявлено $\Delta 7$ -стигмастерину, а в сорту Темно-червоний був відсутній $\Delta 7$ -авеностерин. На відміну від інших, арахіс сорту Краснодарський 14 у незначній кількості містить холестерин (0,06 мг/100 г).

Таким чином, результати дослідження зразків арахісу підтверджують дані наукової літератури щодо високого вмісту фітостеролів у цих горіхах. Включення в щоденний раціон харчування українців продуктів з арахісу, багатих на фітостерини, сприятиме зниженню розвитку захворювань, пов'язаних із підвищеним рівнем холестерину.

4.2. Сортові особливості арахісу відносно накопичення контамінантів

Акумуляція арахісом солей важких металів може бути зумовлена різною реакцією культури на умови навколишнього середовища, режимом мінерального харчування та сортовою специфікою [165; 166]. Ураховуючи те, що арахіс дозріває безпосередньо в землі, вважали за необхідне дослідити здатність до накопичення ним солей важких металів.

Аналіз результатів дослідження вмісту солей важких металів в арахісі, наведений на рис. Еб додатку Е, свідчить про те, що кількість солей Свинцю в усіх сортах значно менша за ГДК (0,5 мг/кг) і коливається від 0,1 мг/кг (Краснодарський 15, Блідо-рожевий 2, Темно-червоний) до 0,15 мг/кг (Краснодарець 13 та Клиньський).

Солі Кадмію в арахісі також містяться в кількостях, значно менших за гранично допустимі концентрації (0,1 мг/кг). Найбільше солей Кадмію містить

арахіс таких сортів, як Краснодарський 14, Малиновий та Клиньський – по 0,03 мг/кг. В інших сортах їх кількість приблизно однакова – 0,01–0,02 мг/кг.

Результати досліджень свідчать про те, що солей Міді найбільше накопичують такі сорти: Біло-рожевий 2 (19,47 мг/кг), AR 2 (18,45 мг/кг) та AR 4 (17,60 мг/кг). Ці значення перевищують гранично допустиму концентрацію Міді, яка становить 15 мг/кг. Вміст солей Міді в усіх інших зразках коливається від 11,12 мг/кг (AR 6) до 14,28 мг/кг (Краснодарський 15).

Здатність до накопичення солей Цинку в арахісі значно різниться залежно від сорту. Так, найменшу кількість накопичують сорти Біло-рожевий 2 (21,22 мг/кг), AR 1 (24,54 мг/кг) та Темно-червоний (25,7 мг/кг). Найбільшим вмістом Цинку відзначилися такі сорти: AR 6 (44,35 мг/кг), Рожевий великий (42,50 мг/кг), Краснодарський 14 (42,0 мг/кг) та Малиновий (40,0 мг/кг). Отже, дослідні сорти арахісу не перевищують рівень ГДК (100 мг/кг) за Цинком.

Узагальнюючи вищевикладене, слід зазначити, що більшою мірою арахіс здатен до накопичення солей Цинку та Міді. Меншою мірою арахіс акумулює солі Кадмію та Свинцю, але ці ксенобіотики мають виражені мембранотоксичні властивості, впливають на активність ферментів і перебіг біохімічних процесів, здатні до накопичення в тканинах і за тривалої дії спричиняють негативний вплив. Тому ризик для здоров'я людини зростає навіть у разі їх надходження в організм у незначній кількості.

В Україні вміст радіонуклідів в усіх харчових продуктах, у тому числі ядрах бобів арахісу, суворо нормується; для виявлення їх забрудненості досліджують вміст нестабільних ізотопів цезію-137 та стронцію-90. Саме для них і встановлені відповідні нормативи. Питома активність радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в дослідних сортах арахісу, показник відповідності та значення абсолютної похибки визначення наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Радіологічні показники дослідних сортів арахісу ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 40$)

Сорт	Питома активність ^{137}Cs , Бк/кг	Питома активність ^{90}Sr , Бк/кг	Показник відповідності В, відн. од.	Похибка $\Delta\text{В}$, відн. од.	Критерій оцінки
Краснодарець 13	4,3	5,8	0,64	0,25	0,79
Краснодарець 14	2,5	5,0	0,53	0,21	0,66
Краснодарський 14	5,0	6,0	0,67	0,27	0,83
Краснодарський 15	3,0	5,7	0,61	0,24	0,75
AR 1	2,2	4,3	0,46	0,19	0,57
AR 2	5,4	7,2	0,79	0,30	0,97
AR 3	2,4	4,9	0,52	0,21	0,64
AR 4	6,3	7,0	0,79	0,30	0,96
AR 5	5,3	6,2	0,69	0,27	0,85
AR 6	3,3	6,4	0,68	0,26	0,84
ВНДІОК 14	4,4	6,3	0,69	0,28	0,85
ВНДІОК 15	3,3	6,4	0,68	0,28	0,85
Рожевий великий	3,0	5,9	0,63	0,25	0,78
Блідо-рожевий 1	5,8	6,6	0,74	0,29	0,91
Блідо-рожевий 2	5,1	6,9	0,76	0,30	0,94
Блідо-рожевий 3	5,3	6,8	0,75	0,30	0,93
Темно-червоний	3,3	6,5	0,69	0,29	0,86
Малиновий	5,0	6,9	0,76	0,30	0,94
Клинський	2,3	4,8	0,51	0,21	0,63
Допустимі рівні та умови за ГН 6.6.1.1-130-2006	70	10	--	$\Delta\text{В} \leq 0,4$	$\text{В} + 0,6\Delta\text{В} \leq 1,0$

Видно, що всі сорти арахісу накопичують стронцію більше, ніж цезію. Найчистішими сортами за вмістом радіонуклідів є Краснодарець 14, AR 1, AR 3 та Клинський.

Найбільшою питомою активністю радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr характеризуються такі сорти арахісу: AR 2, AR 4, Блідо-рожевий 1, Блідо-рожевий 2, Блідо-рожевий 3, Малиновий. Слід відзначити, що вміст радіонуклідів у всіх дослідних зразках менше за гранично допустимі концентрації і критерій оцінки щодо їх придатності до використання знаходиться в межах від 0,57 до 0,97 (за вимоги ≤ 1).

Отже, усі дослідні сорти арахісу за радіологічними показниками відповідають Державним гігієнічним нормативам «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді» [262].

На здатність до контамінації арахісом афлатоксинів впливає багато чинників, зокрема умови навколишнього середовища, місце вирощування, пора року, кількість разів вирощування арахісу на одній і тій самій ділянці, склад ґрунту, якість води для поливу, щільність насадження, хвороби, терміни та умови збирання врожаю, транспортування, зберігання тощо [426]. Тому, безперечно, актуальним є визначення культурних сортів арахісу, перспективних для вирощування саме в умовах кліматичних зон України, що є стійкими до пошкодження бактеріями та грибами, які можуть впливати на безпеку та якість арахісу.

Для дослідження здатності арахісу до ураження афлатоксином В₁ залежно від сорту нами використано такі сорти: Краснодарський 14, AR 6, ВНДІОК 14, Блідо-рожевий 1, Темно-червоний, які вирощені в однакових кліматичних умовах, на однакових ґрунтах та крапельному зрошенні. Критерієм відбору цих сортів була їх «чистота» стосовно акумуляції токсичних речовин, що були досліджені вище. Результати довели, що в усіх зразках вміст афлатоксину В₁ був менший, ніж 0,001 мг/кг (межа чутливості методу), при ГДК = 0,005 мг/кг. Це свідчить про те, що були дотримані всі вимоги щодо вирощування, збирання та зберігання ядер арахісу.

Під час дослідження здатності до накопичення нітратів арахісом нами виявлено значне коливання за цим показником (в 1,2–3,6 разу) в окремих сортах. Отримані результати дослідження вмісту нітратів у арахісі наведено на рис. 4.1.

Видно, що найбільшу кількість нітратів містить сорт Блідо-рожевий 3 – 110,8 мг/кг. Сорти AR 1, ВНДІОК 14 та AR 5 накопичують найменшу їх кількість (до 50 мг/кг). Чинна нормативна документація на ядра бобів арахісу (ДСТУ 4504:2005 «Ядра бобів арахісу. Технічні умови») чітких норм щодо вмісту нітратів не встановлює [332], тому за результатами досліджень можемо стверджувати, що арахіс належить до низьконітратних продуктів (до 180,0 мг/кг) і не несе загрози нітратного отруєння.

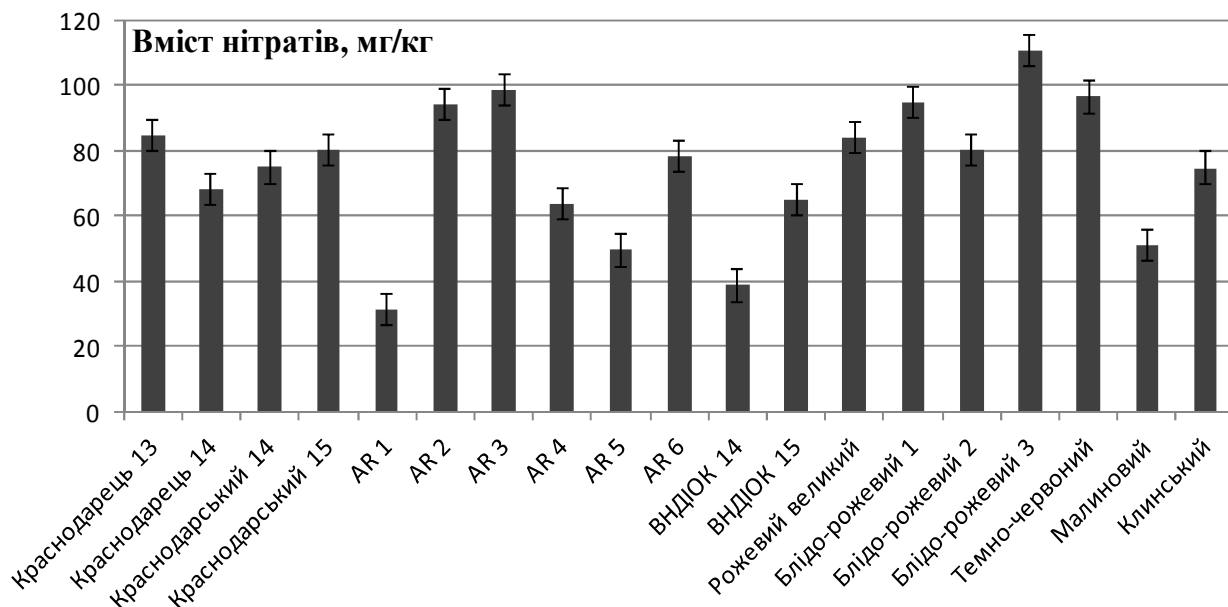


Рис. 4.1. Вміст нітратів у арахісі різних сортів

У процесі обміну речовин, будови проміжних продуктів окиснення та гідролізу в рослині можуть утворюватися шкідливі сполуки, які називають природними токсикантами. До них належить щавлева кислота і її солі (оксалати). Вміст щавлевої кислоти в рослинній продукції може значно варіюватися в рослинах одного виду та залежить від клімату, якості ґрунту, ступеня зрілості або навіть анатомічних частин [125].

За результатами дослідження вмісту щавлевої кислоти й оксалатів у арахісі встановлено, що їх кількість коливається залежно від сорту і знаходиться в межах від 139 мг/100 г до 252 мг/100 г (табл. 4.3).

Таким чином, сортова специфічність значною мірою впливає на вміст оксалатів у арахісі. Сорти Блідо-рожевий 2, Малиновий, Краснодарський 14, Краснодарський 15, AR 6, AR 5, AR 4 мають найбільший вміст щавлевої кислоти (201–252 мг/100 г).

Сорти арахісу Краснодарець 13, Краснодарець 14, AR 1, AR 2, AR 3, ВНДІОК 14, ВНДІОК 15, Рожевий великий, Блідо-рожевий 1, Блідо-рожевий 3, Темно-червоний та Клинський відзначилися найменшою кількістю щавлевої кислоти й оксалатів, яка коливалася від 139 мг/100 г (сорт Клинський) до 179 мг/100 г (сорт AR 2).

Таблиця 4.3

Вміст щавлевої кислоти й оксалатів у арахісі різних сортів

(n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 5)

Сорт	Вміст щавлевої кислоти й оксалатів, мг/100 г	Оксалатний індекс $\frac{\text{оксалат}}{\text{Кальцій}} \leq 1$
Краснодарець 13	174	174/100,0 = 1,7
Краснодарець 14	173	173/99,0 = 1,7
Краснодарський 14	245	245/86,4 = 2,8
Краснодарський 15	239	239/75,0 = 3,2
AR 1	170	170/98,0 = 1,7
AR 2	179	179/98,0 = 1,8
AR 3	166	166/98,0 = 1,7
AR 4	220	220/85,0 = 2,6
AR 5	201	201/75,0 = 2,7
AR 6	232	232/89,0 = 2,6
ВНДІОК 14	175	175/102,0 = 1,7
ВНДІОК 15	159	159/90,0 = 1,7
Рожевий великий	151	151/62,0 = 2,4
Блідо-рожевий 1	143	143/87,0 = 1,6
Блідо-рожевий 2	252	252/106,0 = 2,4
Блідо-рожевий 3	159	159/92,9 = 1,7
Темно-червоний	146	146/86,0 = 1,7
Малиновий	208	208/65,4 = 3,2
Клинський	139	139/92,0 = 1,5

Із даних дослідження видно, що кількість щавлевої кислоти в арахісі перевищує загальну допустиму норму для пацієнтів, які хворіють на нирковокам'яну хворобу (>10 мг оксалату на порцію, із загальним споживанням не більше 50–60 мг на добу) [427]. Згідно із цим жоден з горіхів [124], у тому числі й арахіс, не може бути рекомендований для хворих із проблемою каменів у нирках.

Щавлева кислота здатна чинити токсичну й антипоживну дію на організм людини. Вона створює дефіцит необхідних для організму речовин, тим самим знижуючи харчову цінність продукту. Антипоживну дію оксалатів можна передбачити з огляду на співвідношення оксалат/Кальцій (оксалатний індекс). Якщо воно більше одиниці, то продукт має антипоживні властивості [428]. Результати наших досліджень засвідчили, що найменший оксалатний індекс має сорт Клинський (1,5). Зважаючи на те, що оксалатний індекс усіх

сортів арахісу більший за 1 (1,5–3,2), їх можна віднести до високооксалатних продуктів, які мають антипоживні властивості. Це потребує пошуку технологічних прийомів переробки арахісу, здатних знижувати вміст у них оксалатів.

4.3. Дослідження харчової цінності гречки та пшона

Високу харчову цінність гречки та пшона забезпечує їх багатий хімічний склад, визначення якого стало наступним етапом наших досліджень. Досліджено хімічний склад гречки та пшона з різних сортів гречки і проса врожаїв 2012–2019 років [429; 430].

У таблиці E7 додатку E наведено усереднені дані хімічного складу дослідних круп. Отримані результати свідчать, що вуглеводи є основною складовою частиною гречаної крупи та пшона, їх загальна кількість становить 60–68%. Із вуглеводів нами виявлено цукри, крохмаль та клітковину. Найбільшу частину вуглеводів становить крохмаль, вміст якого майже не відрізняється у пшона з різних сортів проса і знаходиться в межах від 66,0% (сорт Королівське) до 68,4% (сорт Костянтинівське).

Гречана крупа містить менше крохмалю й інших вуглеводів, ніж зерна злакових культур, що зумовлює її корисність і широке застосування в дієтичному та лікувально-профілактичному харчуванні.

Кількість крохмалю в дослідних зразках крупи знаходиться в межах від 58,6% (сорт Дюймовочка) до 62,0% (сорт Дощик), що свідчить про відсутність значних розбіжностей цього показника залежно від сорту гречки.

Моно- і дицукриди гречаної крупи та пшона становлять незначну частину вуглеводів: для гречаної крупи 1,8–2,3%, для пшона 2,5–2,8%, тобто за цим показником різні сорти круп'яних культур не мають суттєвих відмінностей.

За результатами наших досліджень встановлено, що вміст клітковини значно відрізняється в різних сортах гречки: мінімальна її кількість міститься в крупі з гречки сорту Квітник (0,5%), максимально багата целюлозою крупа

сорту Українка (2,5%). Показник вмісту клітковини в пшоні незначно змінюється залежно від сорту проса і знаходиться в межах від 0,9% (сорт Слобожанське і Королівське) до 1,4% (сорт Козацьке).

Відомо, що вміст білка в зерні залежить від природно-кліматичних умов, агротехнічних заходів, генотипових особливостей сорту. Проведені нами дослідження довели, що цей показник у крупі з різних сортів гречки змінюється в широких межах. Найбільша кількість білка виявлена в крупі з гречки сорту Космея (18,3%), порівняно низьким вмістом відрізнялися сорти Українка (15,1%) та Дощик (14,5%). Аналіз отриманих даних дозволяє розташувати сорти гречки за вмістом білка в крупі в такому ранжованому порядку: Дощик < Українка < Дюймовочка < Ярославна < Квітник < Космея [429].

Вміст білка в дослідних зразках пшона з різних сортів проса знаходився в межах від 9,8% (сорт Слобожанське) до 11,6% (сорт Королівське). За цим показником досліджувані нами сорти розташувалися в такому порядку min – max: Слобожанське → Козацьке → Вітрило → Костянтинівське → Королівське [430].

Результати дослідження амінокислотного складу білка гречаної крупі та пшона дозволили ідентифікувати і кількісно визначити 8 незамінних та 10 замінних амінокислот. Отримані результати наведено в табл. Е8 додатку Е. Аналізуючи дані цієї таблиці, можна зробити висновок, що найбільшу кількість незамінних амінокислот містить крупа з гречки сортів Дощик (32,98 г/100 г білка), Ярославна (32,83 г/100 г білка), Квітник (32,47 г/100 г білка) та пшоно із сортів Вітрило (36,58 г/100 г білка) і Костянтинівське (36,43 г/100 г білка).

Вміст незамінних амінокислот у всіх інших зразках змінювався в таких межах: для гречки – від 30,84 г/100 г білка (сорт Українка) до 31,71 г/100 г білка (сорт Космея), для пшона – від 34,27 г/100 г білка (сорт Слобожанське) до 35,29 г/100 г білка (сорт Козацьке).

За вмістом замінних амінокислот лідирують сорти гречки Космея (67,18 г/100 г білка) і Дюймовочка (67,08 г/100 г білка) та пшоно сортів

Слобожанське (65,62 г/100 г білка), Козацьке (64,61 г/100 г білка) і Королівське (64,58 г/100 г білка). У всіх інших дослідних сортах гречаної крупи та пшона вміст замісних амінокислот не мав суттєвих відмінностей [431; 432].

Аналізуючи амінокислотний склад білка гречаної крупи, слід відзначити, що він має високий вміст таких незамінних амінокислот, як лейцин, лізин, треонін. Завдяки значному вмісту лейцину – від 5,99 г/100 г (сорт Дощик) до 5,51 г/100 г (сорт Ярославна) – білки гречаної крупи належать до багатих природних джерел цієї амінокислоти разом із ячним білком, казеїном, білком лісового горіха та ін. Усі дослідні зразки крупи з гречки різних сортів містять приблизно однакову кількість лізину – від 5,12 г/100 г білка (сорт Українка) до 5,77 г/100 г білка (сорт Квітник).

Гречана крупа має підвищений вміст треоніну, який сприяє підтримці нормального білкового обміну в організмі людини. Найбільшу його кількість виявлено в крупі з гречки сортів Ярославна (5,55 г/100 г білка) та Дощик (5,51 г/100 г білка). Результати досліджень підтвердили значний вміст у гречаній крупі такої важливої незамінної амінокислоти, як триптофан. За цим показником гречка лідирує серед інших круп'яних культур. Серед дослідних сортів гречки найбільшим вмістом триптофану характеризувалися сорти Космея (1,58 г/100 г білка) та Українка (1,54 г/100 г білка) [431].

У складі замісних амінокислот білка гречаної крупи найбільшу частку становить глютамінова кислота, вміст якої змінюється від 14,42 г/100 г білка до 15,14 г/100 г білка. Виявлено, що у складі білка крупи з гречки міститься також багато гліцину (8,61–9,13 г/100 г білка), цистину (7,41–7,92 г/100 г білка), аргініну (7,37–7,82 г/100 г білка) та аспарагінової кислоти (7,33–7,63 г/100 г білка), але суттєвої різниці в кількості цих замісних амінокислот залежно від сортів гречки не виявлено.

Результати аналізу амінокислотного складу білка дослідних зразків пшона показали, що відносно високим вмістом таких незамінних амінокислот, як лейцин, ізолейцин, валін, фенілаланін, треонін, характеризується пшоно

сортів Королівське і Костянтинівське. Серед незамінних амінокислот у білках пшона в найбільшій кількості виявлено лейцин, вміст якого знаходиться в межах від 10,56 г/100 г білка (сорт Слобожанське) до 11,63 г/100 г білка (сорт Костянтинівське).

Білок пшона із проса сортів Королівське, Костянтинівське і Вітрило має підвищений вміст глютамінової кислоти (19,50–21,95 г/100 г білка), аспарагінової кислоти (6,37–7,11 г/100 г білка), серину (7,11–7,69 г/100 г білка), проліну (5,72–6,31 г/100 г білка), аланіну (6,10–8,07 г/100 г білка). Лідируючу позицію за вмістом зазначених вище амінокислот займає пшоно сорту Королівське [432].

Відомо, що повноцінність білків визначається не тільки наявністю та кількісним вмістом незамінних амінокислот, але і їх легкою перетравлюваністю, гарною засвоюваністю, певним співвідношенням, збалансованістю відповідно до фізіологічної норми ФАО/ВООЗ у вигляді амінокислотної шкали ідеального білка.

У таблицях Е9 додатку Е наведено розрахунки амінокислотного скору, що дозволяє отримати дані про кожен амінокислоту, коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору (КРАС) і величину біологічної цінності (БЦ) кожного з дослідних сортів гречки та проса. При цьому враховувалися сума сірковмісних амінокислот, тому що метіонін в організмі людини перетворюється на цистин, і сума ароматичних амінокислот, оскільки фенілаланін трансформується в тирозин [433].

Розрахований амінокислотний скор доводить, що білки гречаної крупи є цінним джерелом метіоніну, фенілаланіну, триптофану та треоніну. За цими амінокислотами скор відповідає еталонному білку, а за вмістом метіоніну значно перевершує його і знаходиться в межах від 246,6% до 271,4%.

Амінокислотний скор за лізином у п'яти зразків гречаної крупи перевищує 100%; лише в крупи з гречки сорту Українка цей показник трохи нижче ідеального білка (93,1%). За вмістом валіну білок гречаної крупи

наближається до еталона, а у двох сортів гречки (Дощик та Квітник) навіть перевершує його.

Найменші показники амінокислотного скору відзначено в дослідних сортах гречки за лейцином та ізолейцином: у сортах Українка, Ярославна, Космея лейцин був першою лімітуючою кислотою, у сортах Дощик, Дюймовочка, Квітник такою кислотою був ізолейцин. Проте слід відзначити, що амінокислотний скор за цими кислотами знаходиться в межах 73,8–83,3%, що є достатньо високим показником і свідчить про відповідність білка гречаної крупи еталонному білку [431].

Проведені розрахунки доводять, що білок пшона всіх дослідних сортів проса є цінним джерелом таких амінокислот, як лейцин, ізолейцин, метіонін і фенілаланін. Скор за цими амінокислотами відповідає, а в більшості випадків навіть значно перевершує еталонний білок. Особливо слід відзначити показники амінокислотного скору за лейцином (150,9–166,1%) і метіоніном (127,1–182,0%), що мають найбільші значення серед інших амінокислот. Скор за треоніном у всіх сортів, крім сорту Королівське, також відповідає еталонному білку.

Вміст валіну і лізину в дослідних сортах пшона відрізняється від еталонного білка: у трьох сортах (Вітрило, Королівське і Козацьке) лізин є першою лімітуючою кислотою, його амінокислотний скор становить 53,3–61,8% від аналогічної величини за шкалою адекватності в еталонному білку.

Амінокислотний скор за триптофаном у пшоні лише з одного сорту проса Вітрило наближається до еталонного і становить 97,0%; у сортах Королівське та Козацьке він дещо менше (61,0% і 71,0% відповідно). Пшоно сортів Слобожанське і Костянтинівське має найменший показник амінокислотного скору за цією кислотою – 21,0% і 19,0% відповідно. Саме у пшоні із цих сортів проса першою лімітуючою кислотою є триптофан.

Таким чином, проведені розрахунки амінокислотного скору та коефіцієнта розбіжності амінокислотного скору дозволяють зробити

висновок, що найвищу біологічну цінність має білок крупи з гречки сорту Українка (57,5%). Цей сорт виявився найбільш збалансованим за амінокислотним складом, але слід відзначити, що інші сорти гречки також мали достатньо високі показники біологічної цінності білка, значення яких знаходились у межах 48,5–51,4%.

Результати дослідження білка пшона показують, що найвищу біологічну цінність має білок пшона із сорту проса Королівське (46,6%). Дещо меншу цінність визначено в сортах Вітрило (46,0%) і Козацьке (36,1%). Значно меншим був цей показник у сортах Слобожанське (19,8%) і Костянтинівське (8,1%). Такий результат пояснюється занадто великою розбіжністю амінокислотного скору за деякими амінокислотами. Так, скор за триптофаном у пшоні сорту Костянтинівське був найменшим порівняно з іншими сортами і становив усього 19,0%; при цьому амінокислотний скор за лейцином мав найвище значення – 166,1%. Пшоно із сорту проса Слобожанське характеризується низьким вмістом триптофану (21,0%) й одночасно достатньо високим вмістом лейцину (150,9%) та ізолейцину (116,5%). Це підтверджує значну залежність біологічної цінності білка пшона від селекційних сортів проса, з яких виготовлено крупу, що необхідно враховувати під час відбору сортів для створення продуктів здорового харчування.

Отримані результати підтверджують дані наукової літератури щодо високого вмісту та повноцінності білків дослідних круп, особливо гречаної, білки якої за амінокислотним складом наближаються до білків коров'ячого молока та курячого яйця [241]. Таким чином, гречану крупу та пшоно можна розглядати як джерело переважно повноцінних рослинних білків, які мають низку переваг перед тваринними, і тому все частіше застосовуються в харчовій промисловості.

Відомо, що гречана крупа та пшоно разом із вівсяною крупою відрізняються від інших круп'яних культур підвищеним вмістом жиру (до 3–5%) [241]. У ході досліджень встановлено, що вміст жиру в крупі з

різних селекційних сортів гречки не мав значних розбіжностей. Найменшу кількість жиру мала крупа з гречки сортів Дощик та Космея (2,7%), найвищим вмістом характеризувалися сорти Дюймовочка та Квітник (3,1%). Усі дослідні зразки пшона також мали незначні відмінності за цим показником: від 1,9% (сорт Королівське) до 2,4% (сорти Вітрило та Слобожанське).

Біологічна цінність жирів для організму значною мірою визначається вмістом поліненасичених жирних кислот: лінолевої, ліноленової, арахідонової, які ефективно забезпечують засвоєння організмом білкових речовин, мінеральних солей, вуглеводів, а також регулюють водний обмін.

З огляду на вищезазначене доцільним було вивчення фракційного складу жиру круп із гречки та проса різних сортів для подальшого їх використання у виробництві продуктів функціонального призначення. Результати досліджень наведено в табл. Е10 додатку Е.

Визначено, що склад і вміст жирних кислот у ліпідах гречаної крупи та пшона мав деякі відмінності, але не відрізнявся значними розбіжностями залежно від сортової специфіки круп'яної культури. Виявлено, що жири гречки та пшона представлені здебільшого ненасиченими жирними кислотами: для дослідних зразків гречаної крупи їх питома вага становить 69,8–77,9%, для пшона 77,2–83,7%.

Серед цих кислот найбільшим є вміст олеїнової та лінолевої. Саме вони є есенціальними компонентами харчування, що виконують в організмі важливі фізіологічні функції (нормалізують жировий обмін, сприяють зниженню рівня холестерину, нормальному функціонуванню печінки, нирок, нервової тканини, головного мозку) [392].

За кількістю лінолевої кислоти лідером серед зразків гречаної крупи є гречка сорту Квітник (1,15 г/100 г). Цей сорт відрізняється також підвищеним вмістом олеїнової кислоти (1,02 г/100 г). Серед дослідних зразків пшона найбільшу кількість олеїнової (0,42 г/100 г) та лінолевої (0,66 г/100 г) кислот має сорт Вітрило. Усі інші зразки не мають значних відмінностей між собою

за вмістом цих есенціальних кислот. Усі сорти гречаної крупи і пшона характеризуються однаковою кількістю ліноленої кислоти – 0,02 г/100 г.

Важливою ознакою гречаної крупи, на відміну від пшона, є здатність тривалий час зберігати свої поживні та смакові властивості. Це пов'язано з тим, що жири, які містяться в гречці, характеризуються високою стійкістю до окиснення завдяки підвищеному вмісту поліненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої та ліноленої. Їх сумарний вміст у дослідних зразках гречаної крупи змінювався в межах 1,0–1,17 г/100 г, що майже вдвічі більше, ніж у пшоні, в якого цей показник становив 0,47–0,68 г/100 г.

Із мононенасичених кислот у складі жиру круп із гречки і проса також наявна пальмітолеїнова кислота, вміст якої в усіх дослідних сортах був незначним – 0,01–0,02 г/100 г.

Із насичених жирних кислот у гречаній крупі та пшоні переважає пальмітинова, але її вміст суттєво відрізняється в цих крупах: у гречаній він знаходиться в межах 0,45–0,71 г/100 г, у пшоні – 0,09–0,16 г/100 г. Лідуючу позицію за вмістом цієї кислоти займає крупа з гречки сорту Дюймовочка та пшоно сорту Вітрило.

У гречаній крупі та пшоні всіх дослідних сортів виявлено також наявність міристинової та стеаринової кислот, вміст яких майже не відрізнявся в обох круп'яних культурах і не мав суттєвих відмінностей залежно від їх сортової специфіки.

У незначній кількості гречана крупа містить насичені жирні кислоти: деканову та гептадеканову (0,01–0,02 г/100 г); лауринову та міристолеїнову (0,01–0,03 г/100 г). У складі гречаної крупи ідентифіковано монодеканову насичену жирну кислоту. Доведено, що її вміст не перевищує 0,01 г/100 г, а в деяких сортах вона знаходиться у вигляді «слідів». Зазначені вище насичені жирні кислоти в пшоні дослідних сортів містяться в незначній кількості, у вигляді «слідів».

Характеризуючи жирнокислотний склад жиру дослідних сортів гречаної крупи та пшона, можна стверджувати, що, незважаючи на незначну

кількість жиру в цих крупах (порівняно з іншими продуктами харчування), він складається переважно з поліненасичених жирних кислот, що зумовлює їх біологічну цінність. Лідируючу позицію за вмістом есенціальних жирних кислот займає крупа з гречки сорту Квітник та пшоно сорту Вітрило. Саме ці сорти бажано використовувати у виробництві харчових продуктів із функціональними властивостями.

Вміст органічних кислот у дослідних зразках пшоно був майже однаковим в усіх сортів і знаходився в межах 1,1–1,2%. Значно більшу кількість кислот було знайдено в гречаній крупі – від 2,1% до 2,3%, проте суттєвих відмінностей залежно від сорту гречки не виявлено.

Результати досліджень свідчать про те, що гречана крупа та пшоно містять невелику кількість вологи (11,9–13,1%), завдяки чому ці крупи відносять до продуктів тривалого терміну зберігання.

За кількістю і складом зольних речовин роблять висновок про фізіологічну цінність продукту, а саме про вміст мінеральних сполук. Виявлено, що сортові відмінності в мінеральному складі досліджуваних нами зразків гречаної крупы були незначними: вміст зольних речовин знаходився в межах від 1,6% (сорт Дощик) до 2,1% (сорт Ярославна).

На відміну від гречаної крупы, вміст золи у пшоні з проса різних сортів суттєво розрізнявся: найбільше значення визначено у пшоні сорту Королівське (1,8%), значно менше – у сорту Костянтинівське (0,9%).

Біологічна й фізіологічна цінність гречаної крупы та пшоно визначається також вмістом біологічно активних речовин, таких як мінеральні речовини, вітаміни, фенольні сполуки та фітостероли.

Результати визначення вітамінного й мінерального складу гречаної крупы та пшоно з різних сортів гречки та проса наведено в табл. 4.4.

Отримані результати підтверджують, що гречана крупа та пшоно є джерелом вітамінів групи В, серед яких найбільша питома вага припадає на ніацин (85–90%). Проте виявлено суттєві відмінності вмісту вітамінів залежно від сорту зернової культури, з якого виготовлено крупу. Так, у

гречаній крупі сорту Квітник виявлено 0,34 мг/100 г вітаміну В₁, у сорті Ярославна – 0,15 мг/100 г, тобто за вмістом тіаміну встановлено значні розбіжності (різниця в 1,4–2,3 разу) [434; 435].

Гречана крупа – лідер серед інших круп за вмістом рибофлавіну, найбільшою кількістю якого відзначилися сорти Космея та Ярославна (0,25 мг/100 г та 0,21 мг/100 г відповідно), інші сорти мали приблизно однаковий його вміст (0,16–0,18 мг/100 г). Із водорозчинних вітамінів гречана крупа багата на вітамін РР, вміст якого в дослідних сортах змінювався в межах від 2,88 мг/100 г (сорт Квітник) до 4,20 мг/100 г (сорт Українка), задовольняючи добову потребу (20 мг) у середньому на 15–21% [436].

Визначено, що вміст токоферолу в крупі з шести різних сортів гречки мав деякі розбіжності: найбільшу його кількість виявлено в крупі сорту Дюймовочка (6,65 мг/100 г), найменшу – сорту Ярославна (4,87 мг/100 г). Тобто 100 г гречаної крупі може задовольнити добову потребу (15 мг) у цьому вітаміні на 33–45%, що є достатньо високим показником [436].

У складі гречаної крупі виявлено незначну кількість β-каротину (5–7 мг/100 г), за вмістом якого дослідні сорти гречки не мали відмінностей.

Отримані результати досліджень показують, що в пшоні також містяться вітаміни групи В, РР, Е, каротиноїди. Вітамінів групи В у пшоні більше, ніж у зернах усіх інших злакових культур, зокрема кількість вітаміну В₁ у дослідних зразках пшона знаходиться в межах від 0,27 мг/100 г (сорт Королівське) до 0,35 мг/100 г (сорт Слобожанське), задовольняючи добову потребу (1,3–1,7 мг) у цьому вітаміні на 16–21% [436]. Аналогічна тенденція спостерігалась і за вмістом вітаміну В₂ – від 0,04 мг/100 г у пшоні сорту Королівське до 0,07 мг/100 г у пшоні сорту Слобожанське. Отже, вміст вітамінів В₁ та В₂ в дослідних сортах майже не відрізнявся.

Таблиця 4.4

Вітамінний і мінеральний склад гречаної крупи та пшоно з гречки та проса різних сортів, мг/100 г

(n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 5)

Сорт культури	Вітаміни					Мінеральні речовини						
	B ₁	B ₂	PP	E	β-каротин, мкг	Na	K	Ca	P	Mg	Fe	Mn
Гречана крупа												
Дощик	0,20	0,17	3,80	5,79	6	28,5	221	57,6	278	175	8,01	1,33
Українка	0,18	0,16	4,20	5,82	7	31,3	206	56,6	278	189	6,78	1,47
Ярославна	0,15	0,21	3,00	4,87	6	26,8	211	58,5	271	185	6,78	1,52
Космея	0,22	0,25	3,40	5,18	6	33,1	218	58,5	271	221	9,45	1,48
Дюймовочка	0,24	0,17	4,10	6,65	5	24,9	209	59,5	278	191	6,44	1,80
Квітник	0,34	0,18	2,88	6,60	6	27,0	223	56,6	289	214	8,56	1,67
Пшоно												
Слобожанське	0,35	0,07	2,70	0,64	11	24,1	196	33,5	239	83	7,08	1,88
Вітрило	0,30	0,06	2,40	0,55	12	22,3	201	31,5	269	89	8,96	1,75
Королівське	0,27	0,04	2,10	0,53	9	23,4	189	25,8	303	97	9,30	1,64
Костянтинівське	0,32	0,05	1,90	0,48	10	27,1	191	25,8	264	90	8,04	1,92
Козацьке	0,29	0,06	2,80	0,56	6	20,5	204	32,6	264	85	7,76	1,64

Інші дані отримано щодо вітаміну РР. Найбільший вміст нікотинової кислоти виявлено в пшоні сорту Козацьке (2,80 мг/100 г), значно меншу її кількість (майже на 47%) мало пшоно сорту Костянтинівське – 1,90 мг/100 г.

Визначено вміст у пшоні ще одного важливого вітаміну – токоферолу, кількість якого в дослідних сортах пшона відрізнялася незначно і становила від 0,48 мг/100 г (сорт Костянтинівське) до 0,64 мг/100 г (сорт Слобожанське). За результатами досліджень визначено, що максимальна кількість β -каротину знаходиться у пшоні сорту Вітрило (12 мкг/100 г), що у два рази більше, ніж у сорту Козацьке (6 мкг/100 г), тобто різні сорти можуть суттєво відрізнятися між собою за цим показником.

Із мінеральних речовин у гречаній крупі у великій кількості міститься Магній, який відіграє важливу роль в організмі: він необхідний для нормального функціонування близько 300 ферментів. Виявлено зміни вмісту Магнію залежно від сорту гречки, з якого виготовлено крупу. Найбільшим вмістом цього елемента відзначилася крупа сортів Космея (221 мг/100 г) та Квітник (214 мг/100 г), найменшим – крупа сорту Дощик (175 мг/100 г). Відомо, що добова потреба в Магнії становить 350–400 мг, тобто порція гречаної крупы в кількості 100 г може задовольнити потребу організму в цьому мінералі на 50–55%. Кількість цього мікроелемента у пшоні значно менша і знаходиться в межах від 83 мг/100 г (сорт Слобожанське) до 97 мг/100 г (сорт Королівське) [434; 435].

Особливо слід відзначити велику кількість у гречаній крупі та пшоні важливого мікроелемента Феруму, за вмістом якого лідируючу позицію займає крупа з гречки сортів Космея та Квітник (9,45 мг/100 г і 8,56 мг/100 г відповідно) та пшоно сортів Королівське і Вітрило (9,30 мг/100 г і 8,96 мг/100 г відповідно). На 20–30% меншим був вміст цього елемента в інших дослідних сортах гречки та проса. Завдяки досить високому вмісту цього металу, 43–56% від добової потреби організму (15–17 мг), гречану крупу та пшоно можна вважати джерелом цього мікронутрієнта.

Гречана крупа і пшоно є багатим джерелом ще одного важливого елемента – Мангану, який необхідний для нормального функціонування мозку і нервової системи, впливає на жировий обмін. Крупа з гречки сортів Дюймовочка і Квітник та пшоно із проса сортів Костянтинівське та Слобожанське містять найбільшу кількість Мангану, а крупа із сортів Дощик та Королівське – найменшу. Уживаючи всього 100 г гречаної крупи або пшона, можна задовольнити добову потребу (5–10 мг) у цьому мікроелементі на 26–38% [436].

Результати досліджень свідчать, що кількість загального Кальцію та неорганічного Фосфору в пшоні з різних сортів проса майже однакова, за винятком сортів Королівське та Костянтинівське, які відрізняються меншим вмістом Кальцію (25,8 мг/100 г) та більшим вмістом фосфору (303 мг/100 г). У зразках гречаної крупи не було виявлено суттєвих розбіжностей за вмістом Фосфору та Кальцію залежно від сортової специфіки гречки.

Натрій у гречаній крупі та пшоні міститься в невеликій кількості, тому добову потребу в Натрії (400–600 мг) вони покривають лише на 3,5–5,5% [254]. Найбільший вміст цього елемента виявлено в крупі з гречки сорту Українка (33,3 мг/100 г) та пшоні із проса сорту Костянтинівське (27,1 мг/100 г); найменший – у сортах Дюймовочка та Козацьке (24,9 мг/100 г та 20,5 мг/100 г відповідно). На відміну від Натрію, вміст Калію в дослідних зразках круп більший: у гречаній крупі він змінюється від 206 мг/100 г (сорт Українка) до 223 мг/100 г (сорт Квітник); у пшоні – від 189 мг/100 г (сорт Королівське) до 204 мг/100 г (сорт Козацьке).

Таким чином, гречана крупа та пшоно порівняно з іншими крупами мають високий вміст поживних та біологічно активних речовин, таких як білок, жир, вітаміни та мінерали, що робить їх перспективною сировиною для використання в продуктах оздоровчого харчування. Експериментально підтверджено, що вміст деяких складових, а саме білка, клітковини, окремих вітамінів та мінеральних сполук значною мірою залежить від сортової приналежності гречки та проса, з яких виготовлено крупу. Цей факт необхідно

обов'язково враховувати під час відбору селекційних сортів рослинної сировини для виробництва продуктів функціонального призначення.

У сучасній концепції харчування все більше уваги приділяється мікронутрієнтам та біологічно активним компонентам їжі, до яких належать біофлавоноїди, фітостерини, таніни, фенольні кислоти, лігніни та ін. Інтенсивно вивчається їх роль у запобіганні так званим «хворобам цивілізації» – атеросклерозу, тромбозу, хворобам серця, цукровому діабету, деяким формам онкологічних захворювань. Отримані результати досліджень підтверджують значну антиканцерогенну, протипухлинну, протизапальну, протисклеротичну, антибактерицидну та антиоксидантну дію цих речовин [437; 438].

Ураховуючи те, що в наукових публікаціях недостатньо відомостей про вміст фенольних сполук у крупі залежно від сортів гречки, а інформація щодо вмісту поліфенолів у пшоні майже відсутня, ми вважали за доцільне провести ідентифікацію флавоноїдів у цих крупах залежно від сортової специфіки рослин та визначити їх кількісний вміст. Результати дослідження подано в табл. 4.5.

За вмістом флавонолів різні сорти гречки значно розрізняються між собою. Найбільшу їх кількість виявлено в крупі з сортів гречки Ярославна та Дощик (48,3 мг/100 г). Цей показник у сортів Українка та Квітник становить 36,0 мг/100 г, що також указує на достатньо високий вміст флавонолів. Найменший вміст флавонолів виявлено в гречки сорту Дюймовочка (22,4 мг/100 г), що вдвічі менше, ніж у сортів Ярославна та Дощик.

У пшоні виявлено незначний вміст флавонолів – від 1,07 мг/100 г (сорт Вітрило) до 2,21 мг/100 г (сорт Козацьке). Визначено незначну кількість катехінів у гречаній крупі (у межах 0,68–0,98 мг/100 г) та відсутність їх у пшоні. Лейкоантоціанів у гречаній крупі та пшоні не виявлено.

Таким чином, у результаті досліджень ідентифіковано наявність у гречаній крупі значної кількості флавоноїдів, вміст яких значно відрізняється залежно від селекційного сорту гречки. Пшоно також є джерелом флавонолів, хоча й характеризується значно меншим їх вмістом.

Таблиця 4.5

Вміст флавоноїдів та стероїдного комплексу в крупі з гречки
та проса різних сортів, мг/100 г ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 5$)

Сорт культури	Флавоноїди		Стероїди						
	Катехіни	Флавоноли (у перерахунку на кверцетин)	β -ситостерин	Стигмастерин	Кампестерин	$\Delta 5$ -авеностерин	$\Delta 7$ -стигмастерин	$\Delta 7$ -авеностерин	Сумарний вміст
Гречана крупа									
Дощик	0,80	48,3	15,55	1,23	–	1,34	1,25	0,59	19,96
Українка	0,95	36,0	20,47	0,004	0,71	1,65	0,76	0,4	23,994
Ярославна	0,92	48,3	19,44	0,23	0,29	1,62	0,92	0,28	22,78
Космея	0,92	33,8	41,11	0,39	1,68	3,47	1,25	1,25	49,15
Дюймовочка	0,68	22,4	42,23	0,16	2,37	3,34	2,04	2,05	52,19
Квітник	0,98	36,0	32,59	0,31	1,75	2,95	1,2	0,43	39,23
Пшоно									
Слобожанське	–	1,83	7,54	27,92	0,89	0,81	0,53	0,08	37,77
Вітрило	–	1,07	6,85	67,33	0,72	1,14	0,40	–	76,44
Королівське	–	1,45	5,99	76,13	0,37	0,82	0,45	–	83,76
Костянтинівське	–	1,58	8,70	66,02	1,17	1,18	0,77	–	77,84
Козацьке	–	2,21	6,43	32,27	1,00	0,81	0,85	–	41,36

Підвищений вміст флавоноїдів у крупі з гречки сортів Дощик та Ярославна дозволяє рекомендувати саме ці сорти як цінну сировину для виробництва харчових продуктів.

Відсутність даних щодо вмісту фітостеролів у гречаній крупі та пшоні обумовлюють необхідність проведення низки досліджень у цьому напрямі. Вивчення стероїдного комплексу цих круп у сортовому аспекті є доцільним для їх раціонального використання у виробництві продуктів здорового та лікувально-профілактичного призначення.

Дослідження якісного та кількісного складу стероїдного комплексу гречаної крупі та пшона проводили газохроматографічним методом, отримані результати наведено в табл. 4.5.

Аналіз результатів досліджень показує, що стероїдний комплекс гречаної крупі та пшона представлений такими стеринами: β -ситостерином, стигмастерином, кампестерином, $\Delta 5$ -авеностерином, $\Delta 7$ -стигмастерином та

$\Delta 7$ -авеностерином. Проте якісний і кількісний склад фітостеролів цих круп суттєво розрізняється між собою і має значні відмінності залежно від сортової специфіки гречки та проса [439].

Установлено, що основним компонентом стероїдів крупи з гречки є β -ситостерин, що становить 77,9–85,3% від їх сумарного вмісту. Найбільша його кількість виявлена в крупі з гречки сортів Дюймовочка (42,23 мг/100 г) та Космея (41,11 мг/100 г), значно менший його вміст (майже у 2,7 разу) – у крупі сорту Дощик (15,55 мг/100 г).

У всіх дослідних сортів гречки зафіксовано також порівняно високий вміст $\Delta 5$ -авеностерину (6,4–7,3%) та $\Delta 7$ -стигмастерину (2,5–6,3%). Такий фітостерин, як $\Delta 7$ -авеностерин, у загальній кількості фітостеролів становить не більше ніж 3,9%. Найбільшу його кількість зафіксовано в крупі із сорту гречки Дюймовочка – 2,05 мг/100 г. Кампестерин міститься у гречці п'яти дослідних сортів і становить 1,27–4,54%, найвищим його вмістом відзначається сорт Дюймовочка (2,37 мг/100 г). Не виявлено цього фітостеролу в крупі з гречки сорту Дощик.

Виявлено суттєві розбіжності у вмісті стигмастерину залежно від сорту гречки, масова частка якого в загальній кількості стеринів змінюється в межах 0,02–6,20%. Найменший вміст виявлено в крупі з гречки сорту Українка (0,004 мг/100 г), значно більшим вмістом (майже у 300 разів) характеризується сорт Дощик (1,230 мг/100 г).

Інші дані отримано внаслідок визначення якісного і кількісного складу фітостеролів пшона. Найбільшу питому вагу в стероїдному комплексі цієї крупи має стигмастерин (73,9–90,0% від загального вмісту). Лідируючу позицію за вмістом цього стеролу займає пшоно сортів Королівське (76,13 мг/100 г), Вітрило (67,33 мг/100 г) та Костянтинівське (66,02 мг/100 г). Другим за кількістю серед фітостеролів пшона є β -ситостерин, вміст якого знаходиться в межах від 5,99 мг/100 г (сорт Королівське) до 8,7 мг/100 г (сорт Костянтинівське), тобто його частка в сумарній масі стероїдів становить 7,2–19,9% і не має значних розбіжностей між дослідними сортами проса. Вміст

інших стероїдів несуттєво відрізняється між собою і становить: кампестерину 0,72–1,17 мг/100 г; Δ 5-авеностерину 0,81–1,18 мг/100 г; Δ 7-стигмастерину 0,45–0,85 мг/100 г. Такий стерол, як Δ 7-авеностерин, виявлений у незначній кількості (0,08 мг/100 г) лише у пшоні із сорту проса Слобожанське.

Підбиваючи підсумки щодо сумарного вмісту фітостеролів у дослідних сортах, можна стверджувати, що спостерігаються значні відмінності в кількості рослинних стеринів залежно від сортової специфіки гречки та проса, з яких виготовлено крупу.

Отримані результати дослідження дозволяють розглядати гречану крупу і пшоно як поширене і доступне джерело рослинних стеринів. Завдяки значному вмісту β -ситостерину, стигмастерину та кампестерину їх доцільно використовувати як складову збалансованої дієти і здорового способу життя, а також для створення продуктів лікувально-профілактичного призначення з холестеринознижувальним ефектом.

Антиоксидантна активність харчових продуктів є одним із показників їх біологічної цінності, тому доцільним було визначення цієї активності у гречаної крупи та пшона дослідних сортів гречки і проса.

Для приготування екстрактів круп використано крупу із гречки сорту Дощик та пшоно із проса сорту Вітрило. Спектри поглинання реагенту, екстрактів круп та феро-іона, наведено в додатку Ж (рис. Ж1...Ж3).

За характером смуги поглинання феро-іона та вихідних сполук визначено, що оптимальною довжиною хвилі, на якій проводили подальші дослідження, є 510 нм. Зважаючи на те, що реакція утворення феро-іона має кінетичний характер, було визначено вплив часу перебігу цієї реакції на світлопоглинання розчинів реагенту та екстрактів. Установлено, що оптимальним часом із точки зору перебігу реакції утворення феро-іона для екстрактів гречаної крупи є 20 хв, для екстрактів пшона – 40 хв.

Для визначення антиоксидантної активності круп із гречки і проса було побудовано градувальні графіки залежності світлопоглинання від концентрації модельних сполук (додаток Ж рис. Ж4...Ж5).

Розраховані рівняння залежності та значення коефіцієнта кореляції від світлопоглинання для гречаної крупи мають такий вигляд:

Кверцетин	Аскорбінова кислота	Флавіон
$y = 1369.6x + 0.3152$	$y = 178.58x + 0.2482$	$y = 28.989x + 0.2412$
$R^2 = 0.9842$	$R^2 = 0.9988$	$R^2 = 0.9987$

З отриманих рівнянь видно, що аскорбінова кислота має мінімальну похибку під час вимірювання залежності світлопоглинання від концентрації, тому надалі саме вона використовувалася як модельна сполука-антиоксидант для визначення антиоксидантної активності гречаної крупи.

Для пшона як стандарт сполуки-антиоксиданту обрано також аскорбінову кислоту, оскільки вона має середній ступінь антиоксидантної активності серед інших модельних сполук-антиоксидантів. У цьому випадку розраховане рівняння залежності та значення коефіцієнта кореляції від світлопоглинання мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} &\text{Аскорбінова кислота} \\ &y = 0.0701x + 0.0027 \\ &R^2 = 0.991 \end{aligned}$$

Розраховані значення інтегральної (загальної) антиоксидантної активності гречаної крупи та пшона залежно від сорту гречки та проса наведено на рис. 4.2.

Проаналізувавши отримані показники, можна констатувати, що за антиоксидантною активністю досліджувані крупи суттєво різняться між собою. Для гречаної крупи цей показник знаходиться в межах 187,1–236,1 мкг/г; для пшона він значно менший (у 4–5 разів) і становить лише 41,2–53,5 мкг/г.

Така різниця пояснюється значною розбіжністю показників вмісту флавоноїдів, токоферолу, β -каротину, амінокислотного та мінерального складу гречаної крупи і пшона, що виявлено в ході попередньо проведених нами досліджень. Отримані результати узгоджуються з даними наукових

джерел, в яких зазначається, що гречана крупа є найповнішим джерелом антиоксидантів серед зернових та псевдозернових культур [440].

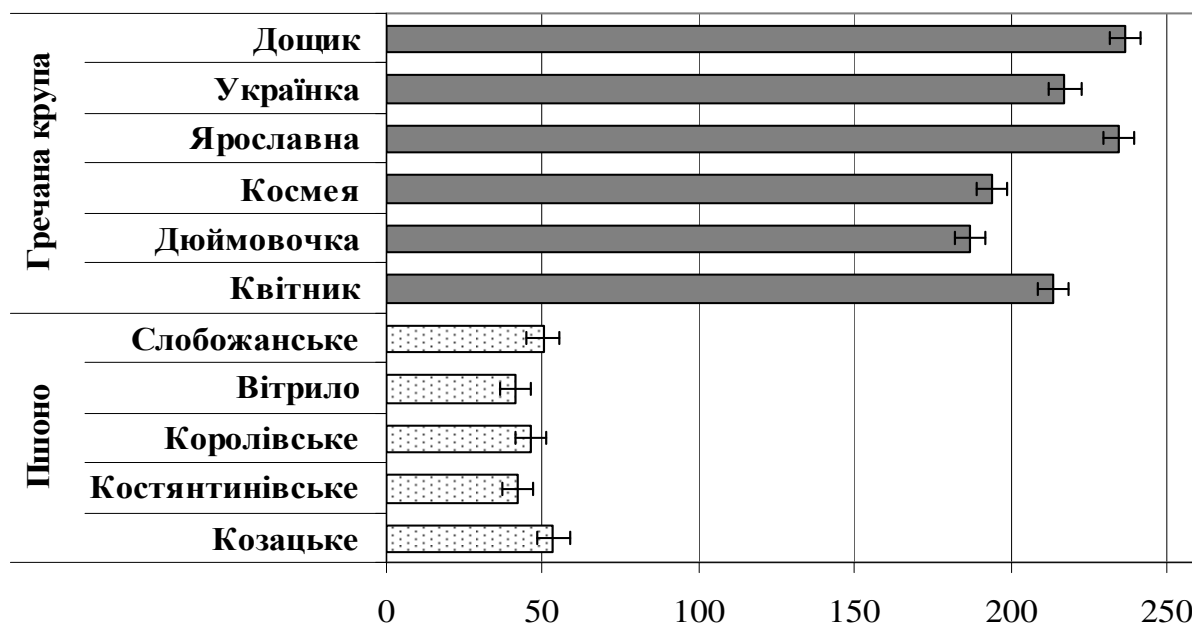


Рис. 4.2. Значення інтегральної антиоксидантної активності круп із гречки і проса різних сортів

Лідируючу позицію за антиоксидантною активністю серед дослідних зразків гречаної крупы займає сорт Дощик (236,4 мкг/г), найменшу активність виявлено в сорту Дюймовочка (187,1 мкг/г). Серед дослідних зразків пшоно найбільшу антиоксидантну активність має сорт Козацьке (53,5 мкг/г), найменшу – сорт Вітрило (41,2 мкг/г).

Підсумовуючи результати досліджень, можемо зробити висновок, що гречана крупа та пшоно є джерелом природних антиоксидантів, тобто мають підвищену біологічну цінність і повинні широко використовуватися в оздоровчому та лікувально-профілактичному харчуванні.

4.4. Особливості накопичення контамінантів крупами з гречки і проса

Результати визначення вмісту солей важких металів у крупах із різних сортів гречки та проса наведено на рис. К1 та К2 додатку К. Дані цих

досліджень свідчать про те, що вміст Свинцю в дослідних зразках круп не перевищує граничної концентрації (0,3–0,5 мг/кг) і становить для гречаної крупи 0,07–0,09 мг/кг; для пшоно 0,08–0,12 мг/кг, тобто не виявлено значних змін цього показника залежно від сорту круп'яної культури. Проте більше здатними до накопичення цього мікроелемента є крупа з гречки сортів Дюймовочка і Космея, пшоно – із проса сортів Королівське і Козацьке.

Солі Кадмію в гречаній крупі та пшоні містяться в кількостях, значно менших, ніж установлені норми (0,1 мг/кг). Найбільше солей Кадмію містять крупа з гречки сорту Квітник, пшоно сорту Королівське. Інші сорти мали приблизно однакову їх кількість – 0,005–0,010 мг/кг.

Крупи з гречки та проса мають приблизно однакову здатність до накопичення солей Міді й містять їх у кількості 4,0–7,3 мг/кг, що не перевищує гранично допустимої концентрації (10,0 мг/кг). Найбільш забрудненими виявилися крупа з гречки сорту Космея та пшоно із проса сорту Королівське.

Вміст солей Цинку в дослідних зразках круп мав деякі розбіжності: найменшу кількість відзначено в крупі з гречки сорту Дюймовочка (18,5 мг/кг) та у пшоні із проса сорту Козацьке (20,5 мг/кг). Найбільшим вмістом Цинку відзначилися гречана крупа сорту Ярославна (24,4 мг/кг) та пшоно сорту Слобожанське (29,2 мг/кг). Отже, усі зразки круп не перевищують рівня ГДК (50,0 мг/кг) за вмістом солей Цинку.

Узагальнюючи вищевикладене, слід зазначити, що гречана крупа та пшоно містять солі важких металів у кількостях значно менших за гранично допустимі концентрації. Проте експериментально підтверджено вибірккову здатність круп'яних культур до накопичення солей важких металів. Пшоно більшою мірою акумулює солі Свинцю та Кадмію, вміст солей Міді та Цинку в обох крупах знаходиться в однакових межах.

Виявлено зміни вмісту солей важких металів залежно від сорту круп'яної культури. Найбільш інтенсивно акумулює солі Свинцю, Кадмію та Міді пшоно із проса сорту Королівське; солі Цинку – із сорту Слобожанське.

Серед зразків гречаної крупи за вмістом солей Свинцю лідирує сорт Дюймовочка; солей Кадмію – Квітник; солей Міді – Космея; солей Цинку – Ярославна.

Ці розбіжності необхідно враховувати під час відбору екологічно чистих, здатних до найменшого накопичення токсичних речовин сортів гречки та проса для широкого використання круп із них у виробництві продуктів оздоровчого призначення.

Результати дослідження здатності гречаної крупи та пшона до ураження афлатоксином В₁ довели, що в усіх зразках вміст цього мікотоксину був меншим, ніж 0,001 мг/кг, при ГДК не більше 0,005 мг/кг. Це свідчить про дотримання всіх вимог щодо вирощування і збирання круп'яних культур, виробництва і зберігання гречаної крупи та пшона.

Аналіз наукової літератури показав, що майже відсутня інформація щодо здатності до накопичення радіонуклідів гречаною крупою та пшоном залежно від сортової специфіки цих круп'яних культур. Для забезпечення харчової нешкідливості круп'яної сировини ми вважали за доцільне провести дослідження особливостей накопичення радіонуклідів у цих крупах.

Питома активність радіонуклідів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в дослідних зразках гречаної крупи і пшона, показник відповідності та значення абсолютної похибки визначення наведені в табл. 4.6.

Отримані результати свідчать, що радіологічні показники гречаної крупи і пшона несуттєво відрізняються між собою. Обидва види крупи здатні накопичувати стронцію більше, ніж цезію, що пояснюється більшою рухливістю стронцію в ґрунтах порівняно з цезієм та іонним обміном стронцію в ґрунті [441; 442].

Найбільшу питому активність радіонуклідів виявлено в крупі з гречки сорту Дощик (для ¹³⁷Cs вона становить 4,2 Бк/кг, для ⁹⁰Sr – 6,9 Бк/кг) та у пшоні з проса сорту Слобожанське (для ¹³⁷Cs вона дорівнює 2,3 Бк/кг, для ⁹⁰Sr – 7,1 Бк/кг). Найчистішими з точки зору накопичення радіонуклідів виявилися крупа з гречки сорту Квітник та пшоно сорту Костянтинівське.

Таблиця 4.6

Радіологічні показники гречаної крупи і пшона (n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 40)

Сорт культури	Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг	Питома активність ⁹⁰ Sr, Бк/кг	Показник відповідності В, відн. од.	Похибка ΔВ, відн. од.	Критерій оцінки
Гречана крупа					
Дощик	4,2	6,9	0,83	0,23	0,97
Українка	3,2	6,3	0,74	0,26	0,89
Ярославна	3,7	7,1	0,83	0,24	0,97
Космея	2,8	5,5	0,64	0,25	0,79
Дюймовочка	3,9	6,8	0,81	0,23	0,95
Квітник	2,4	5,3	0,61	0,23	0,75
Пшоно					
Слобожанське	2,3	7,1	0,79	0,25	0,94
Вітрило	1,7	5,7	0,63	0,24	0,78
Королівське	1,9	6,4	0,70	0,27	0,86
Костянтинівське	1,4	4,9	0,54	0,21	0,67
Козацьке	1,5	5,1	0,56	0,21	0,69
Допустимі рівні та умови за ГН 6.6.1.1-130-2006	30	10	–	ΔВ ≤ 0,4	В+0,6ΔВ≤1,0

Слід зазначити, що в усіх дослідних зразках гречаної крупи та пшона міститься менше радіонуклідів за допустимі рівні, критерій їх оцінки на придатність до використання знаходиться в межах 0,75–0,97 (для гречаної крупи) та 0,67–0,94 (для пшона), що відповідає встановленим вимогам (за умови ≤ 1).

Таким чином, дослідні зразки круп із різних селекційних сортів гречки та проса за радіологічними показниками відповідають Державним гігієнічним нормативам «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді», достовірність оцінки становить не нижче 0,95 [262].

Метою наступного етапу дослідження було вивчення вмісту нітратів, щавлевої кислоти та її солей (оксалатів) у крупах із різних сортів гречки та проса, обраних для дослідження. Результати експериментальних досліджень наведено в табл. 4.7.

Чинні стандарти на гречку та гречану крупу, просо та пшоно [327–330] не встановлюють ГДК щодо вмісту нітратів, тому за результатами досліджень можемо стверджувати, що обидва види крупи належать до низьконітратних продуктів і не несуть загрози нітратного отруєння.

Проте виявлено, що гречана крупа порівняно із пшоном більше здатна до накопичення нітратів, вміст яких у дослідних сортах гречки знаходився в межах від 7,8 мг/кг до 27,0 мг/кг, у пшоні – від 4,4 мг/кг до 5,3 мг/кг.

Отже, отримані результати підтверджують вибіркочну здатність круп'яних культур до накопичення нітратів [443].

Таблиця 4.7

Вміст нітратів, щавлевої кислоти й оксалатів у гречаній крупі та пшоні
($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 5$)

Сорт культури	Вміст нітратів, мг/кг	Вміст щавлевої кислоти й оксалатів, мг/100 г
Гречана крупа		
Дощик	27,0	17,64
Українка	12,4	44,10
Ярославна	7,8	35,30
Космея	19,1	22,05
Дюймовочка	15,2	61,70
Квітник	15,9	22,05
Пшоно		
Слобожанське	4,6	12,83
Вітрило	5,3	15,44
Королівське	4,2	6,62
Костянтинівське	4,4	4,41
Козацьке	4,5	8,88

Установлено залежність вмісту нітратів від сортової специфіки сільськогосподарської культури, з якої виготовлено крупу. Особливо це стосується гречаної крупи. У ході дослідження виявлено значні зміни вмісту нітратів в окремих сортах гречки. За цим показником крупа з різних сортів гречки різниться у 1,5–3,3 разу. Найбільший вміст нітратів зафіксовано в крупі з гречки сорту Дощик. Найменшою мірою до накопичення нітратів здатна крупа

сорту Ярославна. Пшоно із проса різних сортів не мало суттєвих відмінностей за вмістом нітратів: найменшу їх кількість (4,2 мг/кг) виявлено в сорті Королівське, найбільшим вмістом (5,3 мг/кг) відзначився сорт Вітрило. Інші сорти мали приблизно однакову кількість цього контамінанту.

Із літературних джерел відомо, що гречана крупа і пшоно належать до групи продуктів, які містять значну кількість щавлевої кислоти, але вміст оксалатів у рослинній продукції залежить від багатьох чинників, таких як вид, сорт і вік рослини, якість ґрунту, географічно-кліматичні умови та ін. Тому ми вважали за доцільне визначити вміст оксалатів у гречаній крупі та пшоні залежно від сорту гречки та проса. Проте лише вмістом оксалатів небезпечність крупи не обмежується. Для характеристики поживної цінності круп у цьому аспекті фізіологами введено поняття оксалатного індексу – відношення суми оксалатів у продукті до вмісту в ньому кальцію [266]. Якщо це співвідношення більше одиниці, то продукт має антипоживні властивості.

Вміст щавлевої кислоти й оксалатів дослідних зразків гречаної крупи та пшона наведено в табл. 4.7, оксалатний індекс – на рис. 4.3. Результати дослідження свідчать, що вміст щавлевої кислоти та її солей знаходиться в межах 17,64–61,70 мг/100 г (для гречаної крупи) та 4,41–15,44 мг/100 г (для пшона), тобто крупу з гречки всіх дослідних сортів і пшоно сортів Вітрило та Слобожанське можна зарахувати до харчових продуктів із високим вмістом оксалатів (більше 12 мг/100 г) [444; 445]. Проте відмінності в кількісних значеннях цього показника достатньо суттєві залежно від сортової специфіки гречки та проса, з яких виготовлено крупу.

Гречана крупа сорту Дюймовочка має найвищий вміст щавлевої кислоти (61,70 мг/100 г), що майже втричі більше, ніж цей показник у крупі сортів Дощик, Космея та Квітник. Пшоно сорту Вітрило накопичує оксалатів у чотири рази більше, ніж пшоно сорту Костянтинівське.

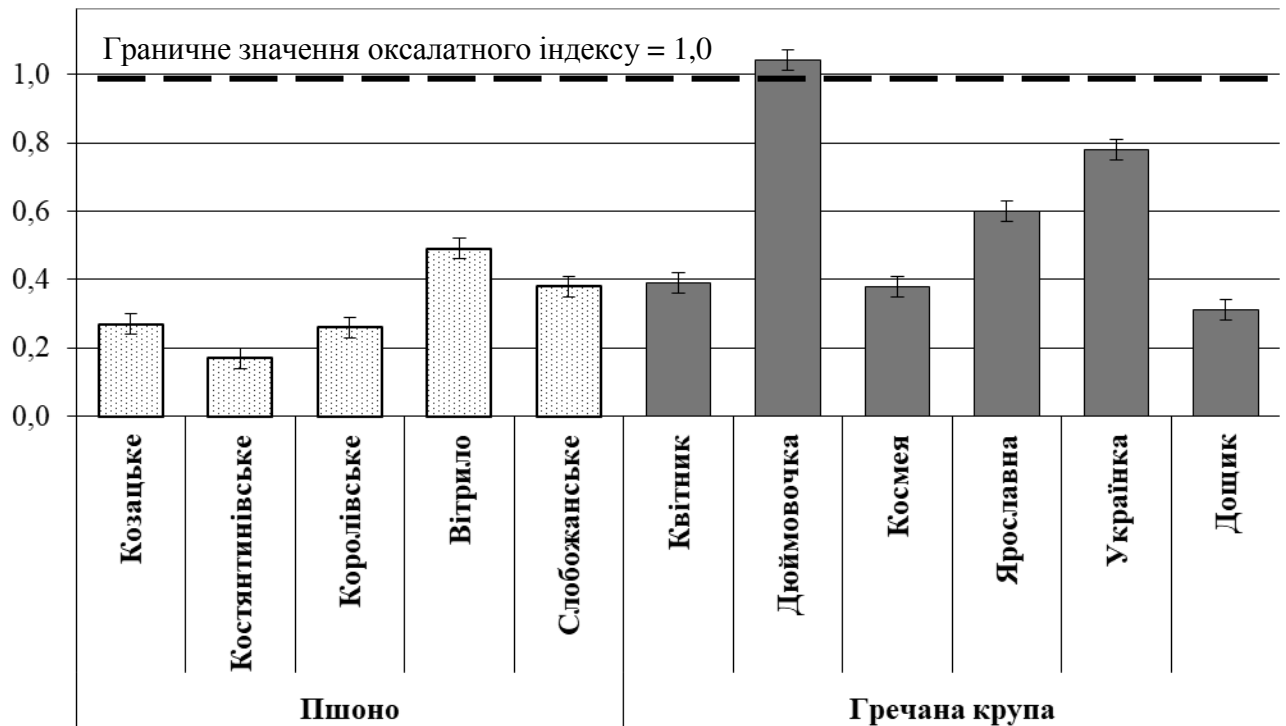


Рис. 4.3. Значення оксалатного індексу круп із гречки і проса різних сортів

Проаналізувавши оксалатний індекс дослідних круп, можна стверджувати, що всі зразки пшона та гречаної крупи, за винятком крупи з гречки сорту Дюймовочка, не мають антипоживних властивостей, оскільки їх оксалатні індекси знаходяться в межах від 0,17 до 0,78.

Кількість оксалатів, що надходять в організм із продуктами харчування, не повинна перевищувати 40–50 мг на добу. Для того щоб уникнути захворювань, пов'язаних із утворенням каменів у нирках або відкладанням солей у суглобах та м'язах, необхідно утримуватися від уживання продуктів із підвищеним вмістом оксалатів. Отже, не рекомендується вживати без додаткової обробки пшона із проса сортів Вітрило і Слобожанське та крупу з гречки сортів Дюймовочка, Українка і Ярославна. Особливо це стосується гречаної крупи сорту Дюймовочка, яка має антипоживні властивості [444; 445].

4.5. Рекомендації для раціонального використання в харчовій промисловості арахісу та продуктів переробки гречки і проса різних сортів

За результатами комплексного дослідження хімічного складу арахісу, крупи із гречки та проса різних сортів і їх здатності до накопичення контамінантів нами встановлено, що вихідний матеріал за цими показниками характеризується різноманітністю й потребує узагальнення та систематизації для пошуку шляхів його раціонального використання в харчовій промисловості. З урахування різних технологічних цілей до сировини висуваються й різні вимоги. Тому наступним етапом роботи була розробка рекомендацій щодо раціонального використання в харчовій промисловості арахісу, крупи із гречки та проса різних сортів.

За напрямом використання арахіс поділено на три групи: для виробництва олії; для переробки в арахісову пасту; для халви, цукерок, тортів та снекової продукції.

Для оброки інформації, отриманої за результатами досліджень, застосовували метод кластерного аналізу, який описано в розділі 2. Згідно із цим для кожного класифікаційного угруповання були розроблені власні критерії.

Для групування сортів арахісу за напрямом використання висувалися такі вимоги:

– для виробництва олії: вміст жиру та олеїнової кислоти має коливатися в межах від середнього до максимального за сортом; вміст солей важких металів, радіонуклідів, афлатоксину В₁ – менше ГДК;

– для виробництва арахісової пасти: вміст білка – у межах від середнього до максимального за сортом; біологічна цінність білка – середня за сортом (до рецептур цих продуктів входять ще інгредієнти, що містять у своєму складі білок та можуть підвищити біологічну цінність кінцевого продукту); вміст солей важких металів має коливатися в межах від найнижчого

за сортом до такого, який перевищує ГДК на 30% (оскільки запропонований спосіб теплової обробки знижує вміст цих контамінантів на 28,8–38,0%); вміст радіонуклідів, афлатоксину В₁ – менше ГДК; оксалатний індекс – не більше 3,2 (під час гідротермічної обробки запропонованим способом втрата щавлевої кислоти досягає 67,2–76,0%, що дає змогу зменшити оксалатний індекс до рівня ≤ 1);

– для виробництва халви, цукерок, тортів, драже, снєків: вміст білка – у межах від середнього до максимального за сортом; біологічна цінність білка – від середньої до максимальної за сортом; вміст солей важких металів має коливатися в межах від найнижчого за сортом до такого, який перевищує ГДК на 30%; вміст радіонуклідів, афлатоксину В₁ – менше ГДК; оксалатний індекс – не більше 3,2.

Значення вмісту нітратів не враховували, оскільки арахіс – низьконітратний продукт і цей показник для нього не нормується.

Усі зазначені критерії та їх значення були обрані з огляду на вимоги, які висуваються до сировини під час її переробки.

Критерії якості для вибору сортів арахісу щодо їх подальшої переробки наведено у вигляді таблиці (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Критерії якості арахісу для вибору напряму використання

Критерій	Виробництво		
	олії	арахісової пасти	халви, цукерок, тортів, драже, снєків
Вміст білка, %	–	22,7–26,8	22,7–26,8
Вміст жиру, %	53–60	–	–
Вміст олеїнової кислоти, %	21,2–30,6	–	–
Біологічна цінність білка, %	–	54–64	59,2–77,2
Оксалатний індекс	–	1,5–3,2	1,5–3,2
Радіонукліди, Бк/кг	¹³⁷ Cs	< 70	< 70
	⁹⁰ Sr	< 10	< 10
Солі важких металів, мг/кг	Цинк	< 100	< 130
	Кадмій	< 0,1	< 0,13
	Свинець	< 0,5	< 0,65
	Мідь	< 15	< 19,5
Афлатоксин В ₁ , мг/кг	< 0,005	< 0,005	< 0,005

За допомогою методу кластерного аналізу розподілено дослідні сорти за напрямом використання (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Розподіл дослідних сортів арахісу за напрямом використання

Напрямок використання	Сорт
Олія	Краснодарець 14, Краснодарський 14, Краснодарський 15, AR 1, AR 3, AR 5, ВНДІОК 15, Рожевий великий, Блідо-рожевий 3, Темно-червоний, Малиновий, Клиньський
Арахісова паста	Краснодарець 14, AR 3, AR 4, Блідо-рожевий 2, Темно-червоний, Малиновий, Клиньський
Халва, цукерки, торти, драже, снеки	Краснодарець 13, Краснодарський 15, ВНДІОК 14, ВНДІОК 15, Блідо-рожевий 1, Темно-червоний, Клиньський

Традиційно основними продуктами переробки гречки і проса є крупа й борошно, які завдяки вмісту повноцінних рослинних білків, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, фітостеринів, поліфенольних сполук широко використовуються у виробництві продуктів функціонального призначення.

Зазвичай гречану крупу і пшоно та борошно з них використовують у вигляді зернових хлібців, екструдованих сухих сніданків, збагачених каш швидкого приготування, хлібобулочних та кондитерських виробів, комбінованих продуктів на основі молочної сировини тощо. Для створення таких продуктів оздоровчого призначення необхідно використовувати екологічно чисту, біофортифіковану сировину підвищеної харчової цінності, з мінімальною здатністю до накопичення токсичних речовин. За результатами наших досліджень найбільш придатними для цього є продукти переробки гречки сортів Квітник і Космея та проса сортів Козацьке, Королівське і Костянтинівське.

Найкращими органолептичними показниками та кулінарними властивостями характеризується крупа із гречки сортів Космея, Українка та пшоно із проса сортів Слобожанське і Королівське. Саме ці сорти доцільно використовувати для вживання безпосередньо в їжу у вигляді різноманітних

круп'яних виробів (каш, запіканок, гречаників, пшоняників, пудингів, котлет, биточків та інших страв).

Через відсутність глютену гречане і пшоняне борошно не має широкого застосування в хлібопеченні та кондитерському виробництві, проте завдяки значному вмісту харчових волокон, які покращують в'язкість тіста і збільшують поживну цінність продукту, ці види борошна використовують як добавку в печиво і хліб. Для цього рекомендується використовувати гречку сортів Українка, Дюймовочка, Ярославна та просо сортів Козацьке, Вітрило, Костянтинівське.

Відомо, що додавання борошна з пшона в пісочні напівфабрикати сприяє отриманню виробів із розсипчастою структурою. Найбільш придатними для цього є сорти проса Костянтинівське та Козацьке.

Завдяки особливій будові гранул гречаного крохмалю, він має унікальні фізико-хімічні властивості, унаслідок чого його можна використовувати як харчовий стабілізатор, загусник, речовину для підвищення клейкості продукту. Білий колір крохмалю та його низька адсорбційна здатність дозволяють використовувати його для випікання крекерів, печива, інших борошняних кондитерських виробів. Із цією метою найбільш доцільно застосовувати продукти переробки гречки сорту Дощик, які характеризуються максимальним вмістом крохмалю серед дослідних зразків.

Останнім часом гречку та просо почали розглядати як сировину для виробництва пива. Розроблено нові технології з використанням гречаного і пшоняного солоду та несолоджених матеріалів із них. Відомо, що вміст білка і крохмалю є одним із найважливіших показників придатності зерна для виробництва солоду. Вважається, що для отримання солоду необхідним є вміст крохмалю в зерні не менше 50% та оптимальна концентрація білка 10–12 мг/100 г, інше співвідношення цих речовин значно ускладнює процес солододощення. Отже, найбільш придатними для пивоваріння є сорти гречки Дощик та проса Костянтинівське і Вітрило.

З огляду на зазначене визначено чотири основні напрями використання продуктів переробки гречки і проса у галузях харчової промисловості: для створення продуктів спеціального призначення; для виробництва хлібобулочних та кондитерських виробів; у пивоварінні; у виробництві кулінарних виробів. Рекомендовано для першого напрямку використовувати гречку сортів Космея і Квітник та просо сортів Козацьке і Королівське; для другого – гречку Українка, Ярославна, Дюймовочка і просо Вітрило, Костянтинівське і Козацьке; для третього – гречку Дощик та просо Вітрило і Костянтинівське; для четвертого – гречку Українка, Космея і просо Слобожанське і Королівське.

Таким чином, розроблені рекомендації дозволяють більш цілеспрямовано використовувати продукти переробки гречки і проса дослідних сортів у різних галузях харчової промисловості. Ураховуючи хімічний склад і специфічні властивості кожного сорту, можна отримати продукти спеціального призначення, які матимуть оздоровчий вплив на організм людини, забезпечать профілактику аліментарно-залежних станів і захворювань.

Висновки за розділом

1. Вивчено загальний хімічний склад арахісу різних сортів, адаптованих до вирощування в Україні. Основною його частиною є жир (34–59%) та білок (17,6–26,8%). Вуглеводи представлені моно- і дицукрами (2,0–8,0%), крохмалем (2,9–9,8%), клітковиною (2,2–4,3%) та пектиновими речовинами (1,9–6,4%). Вміст вологи незначний і складає 3,0–9,6%. Особливістю вітамінного складу є високий вміст жиророзчинного вітаміну Е (6,0–9,45 мг/100 г) та водорозчинних В₁ (0,58–0,88 мг/100 г) та РР (12,41–14,84 мг/100 г). Мінеральні речовини здебільшого представлені Калієм (650–736 мг/100 г), Магнієм (152–188 мг/100 г), Фосфором (302–398 мг/100 г),

Марганцем (1,69–2,65 мг/100 г) та Залізом (2,09–5,02 мг/100 г). У невеликій кількості містяться Натрій та Кальцій.

2. Досліджено загальний хімічний склад круп із гречки та проса різних сортів, найбільш перспективних для вирощування в зоні лісостепу України. Визначено, що основна частина сухих речовин (86,9–87,9%) представлена крохмалем (58,6–62,0% у гречаній крупі та 66,0–68,4% у пшоні). Білкові речовини становлять у крупі з гречки 14,5–18,3%; у пшоні – 9,8–11,6%. Виявлено порівняно великий вміст жиру: 2,7–3,1% у гречаній крупі; 1,9–2,4% у пшоні. Особливістю вітамінного складу є високий вміст вітамінів групи В (3,36–4,54 мг/100 г у гречаній крупі та 2,27–3,15 мг/100 г у пшоні), переважну частину яких (до 92,5%) становить вітамін РР. Мінеральні речовини здебільшого представлені Фосфором (271–289 мг/100 г у гречаній крупі та 239–303 мг/100 г у пшоні), Калієм (206–223 мг/100 г і 189–204 мг/100 г відповідно), Магнієм (175–221 мг/100 г і 83–97 мг/100 г відповідно). Особливістю мінерального складу обох видів круп є великий вміст важливих мікроелементів: Феруму (6,44–9,45 мг/100 г) та Мангану (1,33–1,92 мг/100 г). Доведено, що гречана крупа має значний вміст флавоноїдів (23,08–49,22 мг/100 г), переважну більшість яких становлять флавоноли (до 98,0%). Пшоно характеризується порівняно низьким вмістом флавоноїдів (1,07–2,21 мг/100 г).

3. Установлено, що арахіс, крупи з гречки та проса є джерелом фітостеролів. Переважаючим у арахісі та гречці є β -ситостерин, а у пшоні стигмастерин. Також у їх складі ідентифіковано кампестерин, $\Delta 5$ -авеностерин, $\Delta 7$ -стигмастерин, $\Delta 7$ -авеностерин. Сумарний вміст фітостеролів у арахісі змінюється в межах 172,7–604,6 мг/100 г, що на 58–202% задовольняє добову норму. Найвищий вміст цих речовин у арахісі сорту AR6. Сумарний вміст фітостеролів у крупах змінюється в межах 22,78–52,19 мг/100 г (у гречаній крупі) та 37,77–83,76 мг/100 г (у пшоні). Лідуючими за вмістом стероїдного комплексу є крупи з гречки сортів Дюймовочка і Космея та пшона з проса сортів Королівське, Костянтинівське і Вітрило.

4. Досліджено амінокислотний склад білка арахісу та круп із гречки та проса, переважну більшість якого становить глутамінова кислота і гліцин. В амінокислотному складі білка дослідних сортів простежується значне розходження (у 3–4 рази) за вмістом деяких амінокислот, а саме за ізолейцином, лізином та треоніном, що можна пояснити сортовою специфічністю їх біохімічного складу.

Розраховані амінокислотний скор, коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору й величина біологічної цінності засвідчують, що найвищу біологічну цінність, а саме 72–77,2%, мають сорти арахісу Блідо-рожевий 1, Блідо-рожевий 3, ВНДІОК 14, ВНДІОК 15 та Краснодарець 13, 57,5% мають крупа із гречки сорту Українка та 46,6% – пшоно із проса сорту Королівське.

5. У жирнокислотному складі жиру арахісу та круп із гречки та проса залежно від сорту ідентифіковано гліцериди восьми жирних кислот: лауринової, міристинової, пальмітинової, пальмітолеїнової, стеаринової, олеїнової, лінолевої та ліноленової; встановлено суттєві відмінності за кількістю насичених і ненасичених жирних кислот. Визначено, що основними компонентами жирнокислотного складу жиру є пальмітинова, олеїнова та лінолева кислоти, які є основою біологічної цінності цих продуктів. Лідером за їх вмістом є гречана крупа сорту Квітник та пшоно сорту Вітрило. Лідируючим за вмістом олеїнової кислоти є сорт арахісу AR 2 (30,57 г/100 г), лінолевої – AR 6 (33,38 г/100 г).

6. Визначено антиоксидантну активність гречаної крупи і пшона, за значеннями якої крупи суттєво різняться між собою. Для гречаної крупи цей показник знаходиться в межах 187,1–236,1 мкг/г; для пшона він значно менший і становить лише 41,2–53,5 мкг/г. Найбільшу антиоксидантну активність має крупа з гречки сорту Дощик, пшоно – із проса сорту Козацьке.

7. Виявлено, що гречана крупа та пшоно містять солі важких металів у кількостях, значно менших за гранично допустимі концентрації, а сорти

арахісу Блідо-рожевий-2, AR 2 та AR 4 за вмістом солей Міді перевищують ГДК. Проте експериментально підтверджено вибіркочу здатність культур та їх сортів до накопичення контамінантів. Доведено, що вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr , нітратів, афлатоксину B_1 в дослідних крупах та арахісі значно менший, ніж гранично допустимі концентрації. Установлено, що всі дослідні сорти арахісу характеризуються підвищеною здатністю до накопичення щавлевої кислоти та її солей (139–252 мг/100 г) та високим оксалатним індексом (1,5–3,7), що свідчить про антипоживні властивості арахісу та обмежує коло його споживачів. Оксалатний індекс усіх зразків круп, за винятком крупи із гречки сорту Дюймовочка знаходиться в межах від 0,17 до 0,78.

8. Розроблено рекомендації для вибору раціонального напрямку використання арахісу, круп із гречки та проса різних сортів. Для арахісу залежно від сорту визначено три напрями: для виробництва олії; для переробки в арахісову пасту; для халви, цукерок, тортів та снекової продукції. Для круп із гречки та проса залежно від сорту визначено чотири основні напрями використання: для створення продуктів спеціального призначення, для виробництва хлібобулочних та кондитерських виробів, у пивоварінні, у виробництві кулінарних виробів.

РОЗДІЛ 5.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

5.1. Використання системного підходу до вирішення проблеми дефіциту фітостеролів

Останнім часом системний підхід широко використовується як у теоретичних, так і в прикладних наукових дослідженнях. Більшість підходів системного аналізу мають структуроцентричний характер, вивчають зв'язки між об'єктом і навколишнім середовищем, між елементами всередині системи, не приділяючи належної уваги чинникам, які мають вплив на систему. Найкращим рішенням є методологічний алгоритм системного підходу, запропонований Е.Г. Винограєм [446].

На першому етапі системного аналізу визначена актуальна проблема – дефіциту фітостеролів у раціонах харчування населення, розглянута в першому розділі дисертації. Ця проблема є частиною більш серйозної проблеми – широкого розповсюдження аліментарних хвороб та зниження якості життя. У першому розділі дисертації визначено також основні способи подолання дефіциту фітостеролів. На основі цих результатів як систему, що вирішує проблему, нами обрано харчові продукти з високим вмістом фітостеролів та продукти, вміст фітостеролів у яких максимально використано за допомогою технологічних операцій. Обрана система дозволить здійснити профілактичні дії як для масової (у санаторіях), так і для індивідуальної профілактики.

Для вирішення цієї актуальної проблеми нами визначена мета – заповнити дефіцит фітостеролів у організмі й тим самим покращити здоров'я населення. Для досягнення мети сформульовані завдання, які визначають модель корекції дефіциту фітостеролів у раціоні харчування:

- вивчення причин виникнення дефіциту фітостеролів та визначення способів його подолання;
- обґрунтування асортименту холестеринознижувальної харчової продукції;
- розробка рецептур та технологій виробництва нових продуктів;
- підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів за допомогою медико-біологічних досліджень;
- розробка харчового раціону з використанням нової продукції;
- доведення розроблених продуктів до споживача.

Критеріями оцінки досягнення мети є:

- органолептичні показники холестеринознижувальної харчової продукції та її асортимент, які мають відповідати вимогам споживачів (1);
- гарантований вміст фітостеролів у продуктах та раціоні харчування (2);
- профілактична ефективність – головний критерій, який підтверджує покращення здоров'я людини (3).

Критерії (1) і (2) використовуються на стадії розробки продуктів та раціону харчування. Критерій (3) може використовуватися тільки для продукту, який виробляється та споживається. Розглянемо детальніше кожен етап наведеного алгоритму системного підходу.

Вивчення причин виникнення дефіциту фітостеролів та визначення способів його подолання. Результати дослідження за цим етапом наведено в першому розділі. Ключовими чинниками, які впливають на кінцевий результат, є: держава, що виконує директивні функції; споживачі, які є об'єктами дослідження; виробник, який здійснює дослідження. Держава провадить політику в галузі харчування. Прийнята у 2019 році «Стратегія сталого розвитку України до 2030 року» визначає розробку харчових продуктів із підвищеним вмістом функціональних нутрієнтів як одного з перспективних способів покращення харчування населення і здоров'я загалом.

Обґрунтування асортименту холестеринознижувальної харчової продукції. Деякі результати (обґрунтування використання арахісу, гречки та проса; аналіз технологій продукції з їх використанням) наведено в першому та четвертому розділах. Крім того, цей етап має включати маркетингові дослідження. Ключовими чинниками, які впливають на кінцевий результат, є: держава, що законодавчо закріплює можливість розробки продуктів спеціального призначення; споживачі, які є носіями споживчих переваг; виробник, який формує асортимент продукції та обирає продукти-аналоги; ринок, який є об'єктом дослідження асортименту продукції.

Розробка рецептур та технологій виробництва нових продуктів. Цей етап найбільш важливий для створення холестеринознижувальної харчової продукції. На цьому етапі закладаються та формуються споживні властивості й показники якості нових продуктів, які визначають їх конкурентоспроможність. Ключові чинники успішної реалізації системи: держава, що активно впроваджує законодавчі акти в галузі здорового харчування; споживач як ключова фігура, оскільки є об'єктом дослідження попиту на продукцію з арахісу, гречки та проса; виробник, який має фахівців для реалізації системи; упаковка та термін зберігання, які впливають на можливі витрати; ринок, який має вплив на стадії реалізації продукту.

Підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів. За допомогою медико-біологічних досліджень на цьому етапі підтверджується профілактика аліментарних хвороб у разі вживання нових продуктів та покращення стану здоров'я. Ключові чинники цього етапу: держава, що проводить державне регулювання; виробник, який проводить дослідження.

Розробка харчового раціону з використанням нової продукції. На цьому етапі вирішення проблеми дефіциту фітостеролів здійснюється за рахунок корегування раціону (не пропонуючи способів лікування), а саме використання поряд із традиційним харчуванням нових продуктів з арахісу, гречки та проса. При цьому споживач має можливість вибору і збереження

традиційного раціону, у нього відсутні відчуття «стану хвороби», такий спосіб корегування дешевше (собівартість розроблених продуктів значно менша, ніж продуктів зарубіжного виробництва, збагачених фітостеролами). Ключові чинники цього етапу: держава, що контролює якість і безпечність харчових продуктів; виробник, який здійснює виробництво нової продукції; споживач, який створює споживчі переваги; ринок, який використовує механізм просування товару; умови зберігання та транспортування, які забезпечують збереження якості та безпечності продуктів.

Доведення розроблених продуктів до споживача. На цьому етапі здійснюється комплекс заходів з упровадження результатів дослідження у виробництво на підприємствах харчової промисловості та закладів ресторанного господарства, а також підвищення рівня інформованості населення з питань значення фітостеролів і профілактики їх дефіциту за допомогою нових продуктів. Ключовими чинниками на цьому етапі є ті самі, що і на попередньому.

Важливим елементом системного аналізу є облік невизначеності й ризику. У нашому випадку можливі такі варіанти невизначеності та ризику:

- ігнорування важливості проблеми і небажання чиновників діяти в рамках Концепції про здорове харчування, оскільки це потребує додаткових матеріальних затрат;
- під час розробки продуктів спеціального призначення недопустиме використання харчових добавок штучного походження (консервантів, барвників тощо);
- недостатній рівень проінформованості споживачів у галузі раціонального харчування, значення фітостеролів для організму людини;
- низький рівень доходів населення, що не дозволяє забезпечити профілактику аліментарних хвороб за рахунок споживання продуктів харчування, які дорого коштують;
- більш жорсткі вимоги до зберігання продуктів, що є непривабливими для продавців;

– поява на ринку альтернативної системи, яка вирішуватиме ту саму актуальну проблему.

Вивчення невизначеностей та ризиків, які можливі для обраної нами системи, дозволяє встановити етапи, на яких вони можуть виникнути, і способи їх подолання.

Таким чином, за допомогою системного підходу запропонована модель корегування дефіциту фітостеролів із використанням нових продуктів та раціону харчування на їх основі, яка може бути покладена в основу розробки однорідних груп продуктів із підвищеним вмістом мікронутрієнтів. Використання цієї моделі дозволить також довести нові продукти до споживача, роблячи свій внесок у вирішення проблем аліментарних хвороб населення.

У наступних розділах розглянуто наведені в запропонованій моделі етапи більш розгорнуто.

5.2. Обґрунтування асортименту продукції з арахісу

Сучасні методи розробки й виробництва продуктів спеціального призначення, просування їх на споживчий ринок, безперечно, мають базуватися на основних засадах науки про харчування із застосуванням інноваційних форм і методологій задоволення споживчого попиту. На сьогодні одним із пріоритетних завдань є виведення на ринок високоякісних і конкурентоспроможних продуктів вітчизняного виробництва. Адже сучасний споживач перейшов на той рівень купівлі товарів, коли одним із вирішальних чинників є якість. У сучасних умовах для розв'язання цих завдань необхідно враховувати споживчі переваги, щоб ще на стадії розробки проектувати конкурентоспроможний товар, який відповідав би вимогам і бажанням споживачів.

Розробка холестеринознижувальної харчової продукції можлива, по-перше, за рахунок фортифікації цільових мікронутрієнтів у харчові

продукти, по-друге, за рахунок використання в раціоні високопоживних сортів сільськогосподарських культур, однією з яких є арахіс.

Із метою визначення ставлення споживачів до продуктів з арахісу нами здійснено попереднє тестування необхідності виведення на споживчий ринок України нових продуктів харчування. Для цього була розроблена анкета опитування споживачів із метою вивчення їх ставлення до арахісу і продуктів на його основі (додаток Л). Анкета була попередньо апробована, після чого внесені необхідні корективи. Під час дослідження опитано 100 споживачів. Опитування проводилося на великих підприємствах торгівлі м. Харкова з використанням методу особистого інтерв'ю, заснованого на безпосередньому спілкуванні інтерв'юера з респондентом.

Реальний обсяг вибірки споживачів склав 96 осіб: 46% чоловіків і 54% жінок у віці від 18 до 75 років. Переважно вік цільової групи споживачів, які піклуються про своє здорове харчування і харчування своєї сім'ї, становить від 30 до 50 років. Аналізуючи результати анкетування, встановили, що корисна для здоров'я їжа користується все більшим попитом у споживачів. Так, 73% опитаних час від часу намагаються харчуватися правильно, 24% завжди купують корисну їжу й 3% споживачів байдуже ставляться до свого харчування.

Слід зазначити, що 88% опитаних знають про корисні властивості горіхів, найбільшою популярністю серед споживачів користується арахіс (34%), що зумовлено його доступною ціною порівняно з іншими. Це відзначили 42% респондентів. Для 35% найважливішим чинником під час вибору горіхів є смакові характеристики, для 23% опитаних – корисність.

Для обґрунтування виведення на споживчий ринок нових видів продуктів на основі арахісу визначальною є інформація про частоту його споживання. Нами в ході дослідження виявлено, що 61% респондентів споживають арахіс кілька разів на тиждень, 30% – один раз на тиждень, 23% – один раз на місяць, 5% – дуже рідко, 1% – не вживають його взагалі. Таким чином, цільову аудиторію нових видів продуктів на основі арахісу становить

значна частина населення різних вікових категорій. Найбільшу перевагу віддають горіхам у чистому вигляді – 61%; 39% опитаних вважають, що краще його вживати в складі інших продуктів. Варто зазначити, що у 26% респондентів найбільшою популярністю користується арахіс зі смаковими добавками, 22% вважають, що краще купувати обсмажений арахіс, 20% – сирий, 14% споживають арахіс у складі халви або інших кондитерських виробів, 13% – у вигляді драже, 5% респондентів віддають перевагу арахісовій олії і тільки 1% – арахісовій пасті. Низький рівень споживання арахісової олії й пасту зумовлений вузьким асортиментом, представленим на вітчизняному споживчому ринку.

З огляду на вищевикладене, було прийнято рішення розширити асортимент арахісових паст, олії та снєків, причому нові продукти мають відповідати таким умовам:

- відповідність відмінним органолептичним показникам;
- висока харчова та біологічна цінність (насамперед за вмістом фітостеролів);
- натуральність;
- тривалий термін зберігання зі стабільною якістю;
- безпечність і екологічність;
- зручність у використанні (оптимальне пакування та об'єм);
- прийнятна ціна для широкого кола споживачів.

У зв'язку з цим нами була розроблена анкета (додаток Л) для опитування потенційних споживачів, що складалася з таких інформаційних блоків: визначення ставлення споживачів до існуючого асортименту продуктів-аналогів; вивчення переваг споживачів під час купівлі продуктів-аналогів; визначення ступеня значущості низки споживчих властивостей продуктів, що розробляються; виявлення перспективності виведення на ринок нових продуктів; соціально-демографічна характеристика респондентів.

Актуальність розширення асортименту арахісових паст, олії та снєків підтверджується бажаннями споживачів, адже на сьогодні більше половини опитаних не задоволені наявним асортиментом продуктів-аналогів.

Для арахісових паст і олії головним недоліком є висока ціна, унаслідок чого ці продукти користуються невеликим попитом. Наявність у складі снєків ненатуральних інгредієнтів заважає їх купівлі 47% респондентів. Також цей чинник вагомий (33%) для арахісових паст. Наявність у пастах різноманітних стабілізаторів і гідрогенізованого жиру, а в солоному арахісі синтетичних ароматизаторів, підсилювачів смаку й аромату не відповідає поняттю «здорове харчування».

Якість продукції ставлять під сумнів 16% споживачів паст, 28% споживачів снєків та 18% споживачів олії. Споживачі олії також незадоволені коротким терміном придатності (35% відповідей респондентів). Як інші критерії були вказані обмеженість в асортименті продуктів профілактичного призначення та не завжди якісне пакування та маркування.

Уподобання споживачів щодо асортиментного переліку продуктів-аналогів розподілилися таким чином (рис. 5.1).

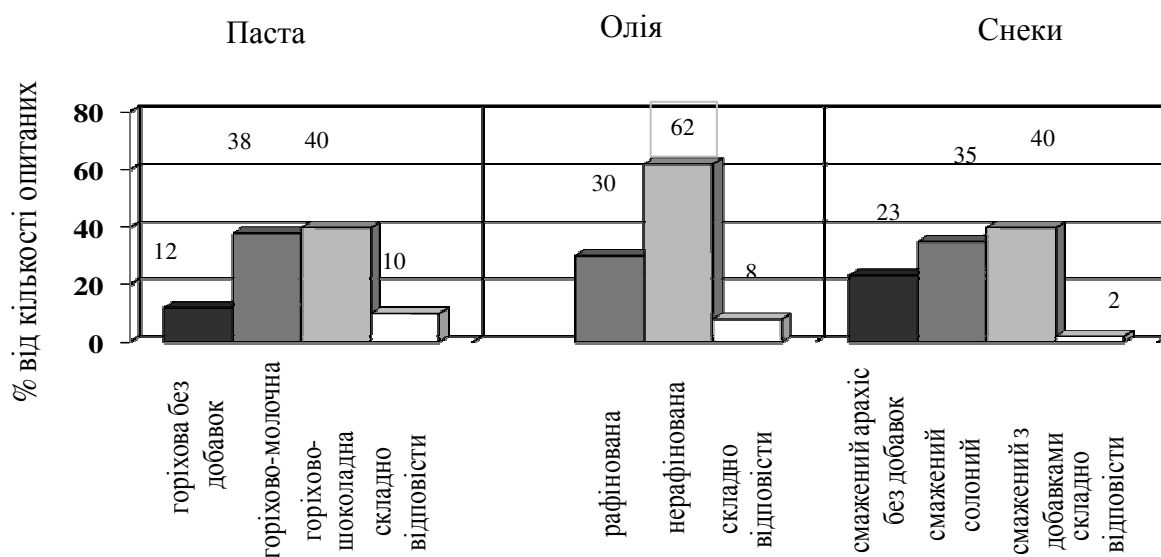


Рис. 5.1. Найбільш популярні продукти-аналоги

Серед горіхових паст найбільшим попитом користуються паста з додаванням молочних інгредієнтів (38%) та горіхово-шоколадна (40%). Це зумовлено, швидше за все, тим, що такі продукти – улюблені ласощі дітей, батьки купують їх частіше, ніж інші різновиди паст.

Споживачі найчастіше купують нерафіновану олію (62% опитаних), що свідчить про обізнаність населення щодо її корисності.

Найчастіше респонденти купують солоний арахіс (35% опитаних) та з різними смако-ароматичними добавками (40% опитаних), адже ці снеки популярні серед молоді як пивна закуска.

Наступним етапом було встановлення споживних властивостей, на які потенційний покупець звертає увагу в першу чергу (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Чинники, що впливають на вибір респондентів під час купівлі продуктів-аналогів

Установлено, що для більшості респондентів на першому місці знаходиться смак продукту, на другому – ціна. Для олії також важлива корисність (17%), запах і термін придатності (по 16%). Для смаженого арахісу важливий колір (18%) і запах (10%), для паст – колір (16%), корисність і консистенція (по 12%). Також сучасний споживач звертає увагу на виробника продуктів і прозорість олії.

Ураховуючи те, що споживачі у першу чергу віддають перевагу смаку, ми провели дослідження з вивчення смакових уподобань респондентів (рис. 5.3). Установлено, що серед органолептичних показників споживачі віддають перевагу молочному, шоколадному, солодкуватому смаку паст; пряному, гоструватому, гармонійному смаку олії та пряному, гоструватому та солонуватому смаку смаженого арахісу. Саме ці смакові вподобання були враховані під час розробки рецептурного складу продуктів з арахісу.

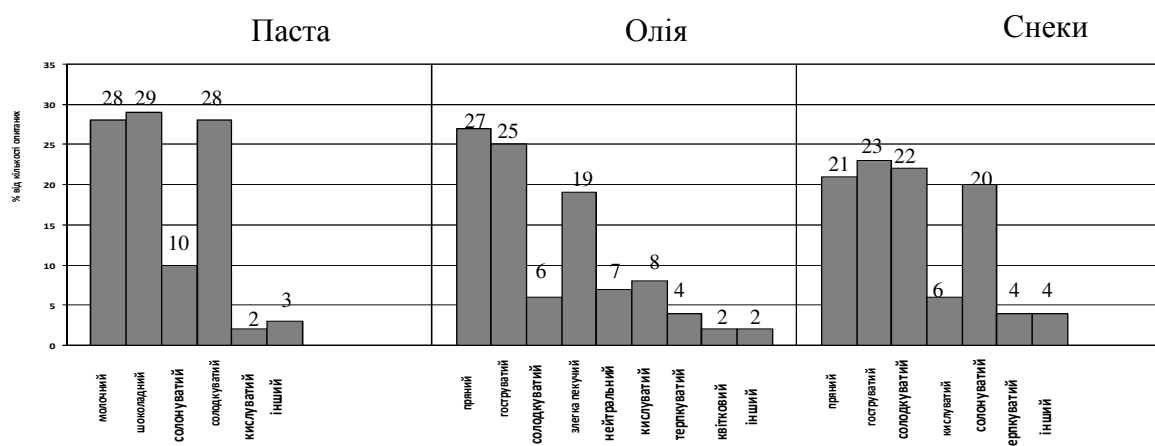


Рис. 5.3. Органолептичні вподобання респондентів

Анкетне опитування дало можливість визначити, що споживачі віддають перевагу скляному пакуванню для арахісових паст і олії, що зумовлено найбільшою екологічністю. Для арахісових снеків обрано полімерне пакування як найбільш поширене для таких продуктів. Найраціональнішим об'ємом пакування арахісових паст споживачі вважають 150–250 мл, олії 250–500 мл, смаженого арахісу 40–100 г. Дійсно, невеликі об'єми пакування дають змогу швидше спожити продукт без тривалого його зберігання у відкритій упаковці.

Завершальним етапом дослідження стало визначення доцільності випуску нових продуктів. Значний відсоток респондентів (67%) віком від 30 до 60 років відповіли позитивно, 26% вагалися з відповіддю і лише 7% були категоричними.

На споживчі переваги водночас діють багато суб'єктивних психологічних чинників (особистий досвід, сенсорна чутливість і пам'ять, уява та ін.), які не можуть бути не тільки кількісно оцінені, але навіть ідентифіковані в повному обсязі. Завдання правильної інтерпретації споживчих уподобань і виявлення ще не сформованих показників якості можна вирішити за допомогою евристичних методів експертизи, які передбачають деталізацію від загального до окремого. Результатом такої евристичної експертизи є побудова «дерева цілей», до складу якого входять показники та рівні їх значущості. Експертами в цьому дослідженні були вчені – співробітники кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі. Під час оцінювання показників нових продуктів на кожному рівні дискримінації методом рейтингової оцінки визначали домінантні та рецесивні характеристики. Схеми виявлення найбільш значущих споживчих характеристик нових продуктів наведено в додатку М.

Функціональні споживні властивості кожного продукту відрізняються: для арахісових паст – колір, консистенція, вміст фітостеролів, вміст білка, жиру та їх біологічна цінність, співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот; для арахісових олій – смак, вміст фітостеролів, вміст жиру та його біологічна цінність, вміст антиоксидантів, співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот; для смаженого арахісу – смак, запах, вміст фітостеролів, вміст антиоксидантів. Рецесивні споживні характеристики мають бути сформовані автоматично за умови досягнення домінантних характеристик.

5.3. Розробка рецептур та технологій виробництва холестеринознижуючих продуктів з арахісу

5.3.1. Розробка рецептур та технологій виробництва арахісових паст. Для зниження вмісту токсичних речовин у продуктах рослинного походження застосовують багато способів, зокрема миття, очищення,

вимочування, бланшування, варіння, консервування тощо. За рахунок цих операцій можна знизити вміст токсикантів до 90% [129; 169; 447].

Як довели результати наших досліджень, арахіс містить досить високу кількість щавлевої кислоти та солей Міді. Для створення на основі арахісу продуктів високої якості необхідно звести до мінімуму вміст у ньому цих токсичних і антипоживних речовин. Для вирішення цього завдання нами обрано фізичний метод – гідротермічну обробку, а саме варіння з наступним обсмажуванням. Цей вибір зумовлено результатами попередніх досліджень учених. Гідротермічна обробка одночасно впливає на зменшення кількості щавлевої кислоти та її солей, солей важких металів за рахунок дифузії в розчин. До того ж теплова обробка приводить до інактивації інгібіторів трипсину та хімотрипсину, за рахунок чого білок арахісу легше засвоюється. Разом із цим обсмажування впливає на покращення органолептичних показників якості горіха.

Для дослідження був обраний сорт арахісу Блідо-рожевий 2, який порівняно з іншими містить найбільше токсичних речовин.

Метою цього блоку досліджень було встановлення оптимальної тривалості гідротермічної обробки для якомога повнішого вилучення токсикантів із плодів горіха. Для цього нами обрано інтервал тривалості обробки, який становив 10–60 хв. Вміст токсичних речовин фіксували кожні 10 хв.

Ядра бобів арахісу разом із насінневою оболонкою відварювали в дистильованій воді (співвідношення арахіс:дистильована вода становило 1:3). Для оцінки ефективності запропонованих способів вивчали зміни вмісту щавлевої кислоти та солей Міді після варіння оброблених зразків. Як контроль був обраний арахіс без гідротермічної обробки. Результати проведеного експерименту наведено на рис. 5.4.

Видно, що варіння значною мірою впливає на зниження вмісту щавлевої кислоти та солей Міді в арахісі. Під час гідротермічної обробки протягом перших 10 хв вміст щавлевої кислоти та її солей зменшується на

34,0–40,3%, солей Міді на 16,4–24,4%. Тривалість гідротермічної обробки (20 хв) дає можливість зменшити вміст токсикантів на 58,1–62,1% і 25,6–32,7% відповідно, через 30 хв на 67,2–70,3% та 28,8–35,6%, через 40 хв на 73,5–76,0% та 31,5–38,0%.

Кількість щавлевої кислоти та солей Міді під час подальшої теплової обробки також має тенденцію до зменшення, але дещо з меншою швидкістю.

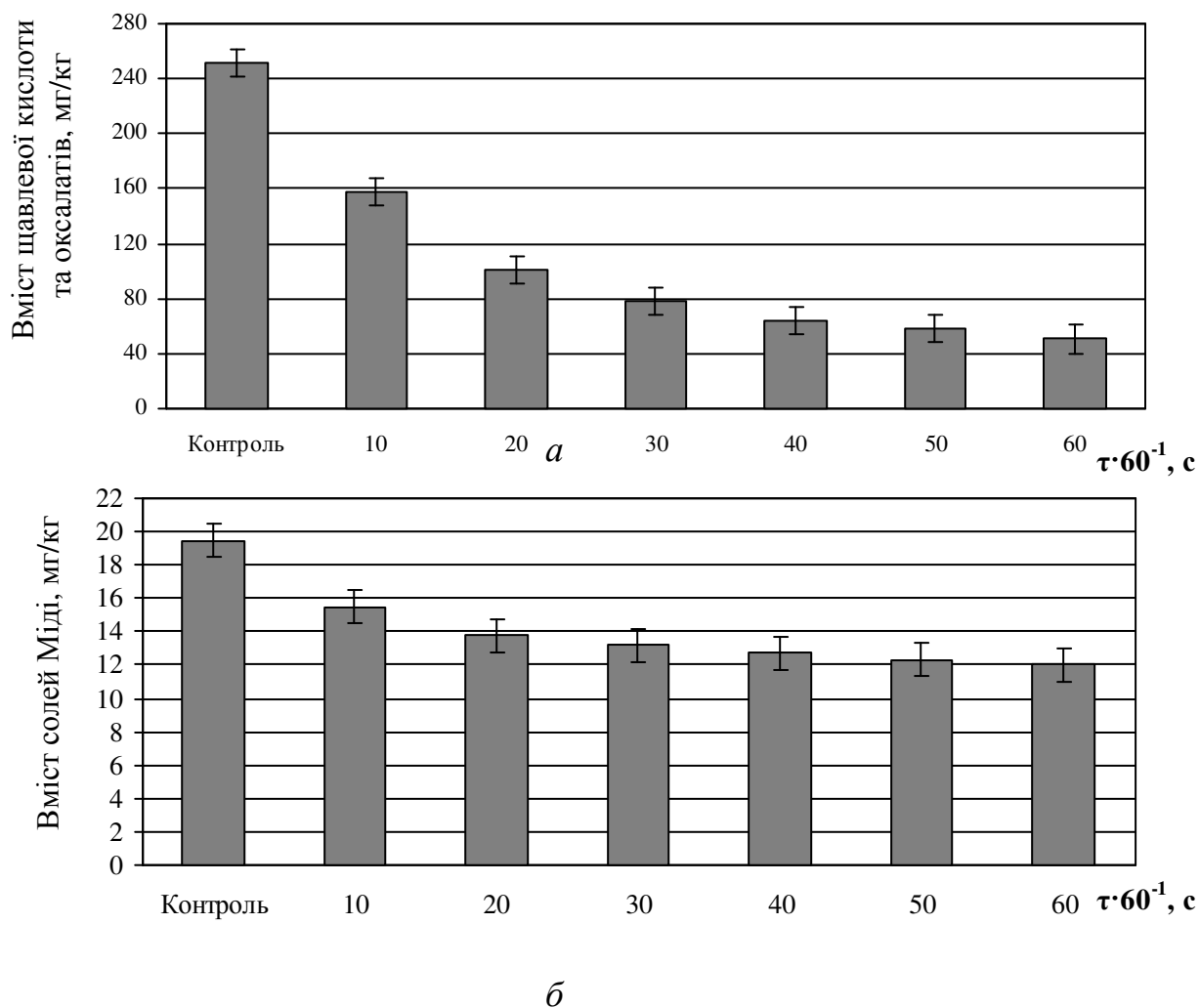


Рис. 5.4. Залежність вмісту щавлевої кислоти й оксалатів (а) та солей Міді (б) в ядрах бобів арахісу від тривалості гідротермічної обробки

Досягнення концентрації солей Міді в дослідному зразку, нижчої за ГДК (15 мг/кг), спостерігалось вже після 20 хв обробки, а зниження вмісту щавлевої кислоти до рівня оксалатного індексу ≤ 1 досягається через 30 хв. Але для сортів арахісу з високим вмістом щавлевої кислоти та низьким

вмістом Кальцію цієї тривалості обробки може бути недостатньо для усунення антипоживної дії. Тому раціональна тривалість гідротермічної обробки становить 30–40 хв, під час якої знижується вміст щавлевої кислоти та її солей на 67,2–76,0%, солей Міді на 28,8–38,0%. Тривалість гідротермічної обробки більше 40 хв є недоцільною, оскільки енерговитратна та спричиняє втрати біологічно активних речовин, що містяться в арахісі. Однією з найважливіших технологічних операцій під час приготування продуктів з арахісу є його обсмаження в духовій шафі з конвекцією повітря за температури 120°C. Така температура обумовлена попередніми дослідженнями авторів, які встановили, що обсмаження за температури 120...145°C сприяє підвищенню гіпоалергенних властивостей арахісу, а обсмаження за більш високих температур (150...170°C), навпаки, підвищує алергенність арахісу внаслідок перебігу реакції Майяра [144; 448]. Під час цієї операції з арахісу видаляють насінневу оболонку, при цьому покращуються органолептичні показники та знижується загроза розвитку мікробіального псування.

Тривалість обсмаження арахісу контролювали візуально та за кількісними характеристиками кольору зразків. Був використаний метод МКО. Спектральні характеристики отримували в діапазоні 380–780 нм із кроком у 10 нм та з кількістю циклів накопичення – 20.

За допомогою вбудованого програмного забезпечення SFScan визначали кольорові характеристики дослідних зразків у системах CIE XYZ. Отримані питомі координати x і y за допомогою кольорового графіка у вигляді одиничної площини ($x + y + z = 1$) тривимірного колірному простору дозволяють визначити такі показники: домінуючий тон (домінуючу довжину хвилі λ), чистоту кольору P , %; яскравість T , % (табл. 5.1).

Як свідчать отримані дані, параметри «домінуюча довжина хвилі», «чистота кольору» і «яскравість» зразка, термін обсмаження якого становить 25 хв, суттєво не впливають на зміну кольору порівняно з контролем (без обсмаження). Зростання терміну обробки зразків до 30–35 хв

характеризується зсувом параметра (λ , нм) у червону область спектру від 573,0 нм для контролю до 581,3 нм і 582,5 нм для зразків №2 і №3 відповідно, колір яких візуально характеризується як жовто-оранжевий із коричневим відтінком.

Таблиця 5.1

Вплив тривалості обсмаження на кольоропараметричні характеристики арахісу ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 5$)

Дослідний зразок	Домінуюча довжина хвилі	Чистота кольору	Яскравість	Візуальна оцінка кольору зразків
	λ , нм	P, %	T, %	
Контроль (без обсмаження)	573,0	19,9	40,4	Світло-сірий із жовтим відтінком
№1 (обсмаження протягом 25 хв)	573,5	21,3	38,9	Сірий із жовтим відтінком
№2 (обсмаження протягом 30 хв)	581,3	36,0	38,1	Жовто-оранжевий із коричневим відтінком
№3 (обсмаження протягом 35 хв)	582,5	35,9	37,1	Жовто-оранжевий із коричневим відтінком
№4 (обсмаження протягом 40 хв)	590,9	25,4	23,3	Темно-коричневий

Подальше зростання терміну обробки призводить до суттєвого потемніння зразка №4, що негативно впливатиме на формування кольору готового продукту. Зменшення параметра «чистота кольору» для зразка №4 до 25,4% та параметра «яскравість» до 23,3% дозволяє зробити висновок, що відбувається потемніння кольору цього зразка і він наближається до ахроматичних кольорів за рахунок внесення чорного кольору. Візуальна оцінка характеризує колір зазначеного зразка як темно-коричневий. За смаковими характеристиками зразку №1 був притаманний злегка бобовий присмак, що характеризує недостатню тривалість обсмаження. Зразок №4 мав гіркуватий присмак унаслідок надмірного обсмаження та пригорілості. Найкращі смакові характеристики визначено у зразків №2 та №3

(обсмаження протягом 30 хв та 35 хв): відчувався приємний присмак смаженого горіха.

Таким чином, отримані дані дозволили встановити раціональний режим обсмаження арахісу: за температури 120°C протягом 30...35 хв. При цьому кольоропараметричні характеристики обсмажених ядер арахісу мали такі значення: домінуюча довжина хвилі 581,3...582,5 нм, чистота кольору 35,9...36,0%, яскравість 37,1...38,1%.

За даними, наведеними в розділі 1, теплова обробка також значно покращує перетравність білків арахісу травними ферментами за рахунок інактивації інгібіторів трипсину та хімотрипсину, тому нами досліджено вплив гідротермічної обробки на перетравність білків арахісу. Результати дослідження наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Перетравність білків *in vitro* контрольного і дослідних зразків арахісу ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 5$)

Зразок	Кількість розчинних продуктів гідролізу білка, мг тирозину на 1 г білка в продукті		
	пепсиноліз	трипсиноліз	пепсиноліз + трипсиноліз
Арахіс до гідротермічної обробки (контроль)	0,0	39,6	39,6
Арахіс після гідротермічної обробки протягом 30–40 хв	3,3	48,7	52,0
Арахіс після гідротермічної обробки протягом 30–40 хв та обсмаження (30–35 хв)	6,6	53,0	59,6

Як свідчать дані табл. 5.2, перетравність білка арахісу, що піддавали гідротермічній обробці протягом 30–40 хв, зросла на 12,4 мг тирозину, а під час додаткового обсмаження протягом 30–35 хв зросла до 20 мг тирозину на 1 г білка. Усе це свідчить про покращення ферментативної атакованості білків і засвоюваності поживних речовин.

Оскільки з літературних джерел [448–452] відомо, що варіння арахісу у воді (100...110°C) та обсмаження (120...145°C) приводить до втрати

алергенних білків Ara h 1, Ara h 2, Ara h 3, Ara h 6 і Ara h 7 і зменшення реактивності імуноглобуліну (IgE) до арахісу, можна припустити, що запропонований нами вид обробки ядер арахісу дозволить не тільки підвищити перетравність білків, зменшити вміст щавлевої кислоти та її солей і солей Міді до рівня, нижчого за ГДК, але й знизити алергенність цього горіха. Це дасть змогу використовувати арахіс для подальшої переробки, а отже, підвищити рівень якості продуктів із нього.

Арахісова паста є продуктом багатоцільового використання: її використовують для безпосереднього вживання в їжу, у складі інших кондитерських і сиркових виробів, морозива та ін.

Технологія арахісової пасти включає такі етапи: інспекція, очищення від шкаралупи, обсмаження, швидке охолодження, видалення насінневої оболонки, подрібнення, додавання додаткових інгредієнтів, гомогенізація, охолодження, фасування, маркування, зберігання [453]. Реалізація технології нових паст із арахісу потребує його додаткової обробки з метою зниження токсичних і антипоживних речовин. Технологічну схему виробництва нових арахісових паст наведено на рис. 5.5.

Під час проведення соціологічного опитування виявлено, що споживачі віддають максимальну перевагу солодким горіховим пастам із молочним і шоколадним смаком. Для створення арахісових паст підвищеної біологічної цінності крім традиційної сировини (арахіс, сухе знежирене молоко, цукрова пудра, какао-порошок) використовували лляну олію як перспективний компонент для виробництва продуктів спеціального призначення.

За хімічним складом лляна олія належить до ліноленово-лінолевої групи і містить такі основні жирні кислоти, %: ліноленова 21...60, лінолева 25...29, олеїнова 5...20, насичені 5...10.

Наукові та клінічні дослідження доводять, що цей продукт знижує рівень холестерину в крові, зменшує високий кров'яний тиск, полегшує лікування захворювань шкіри та багатьох інших захворювань [454].

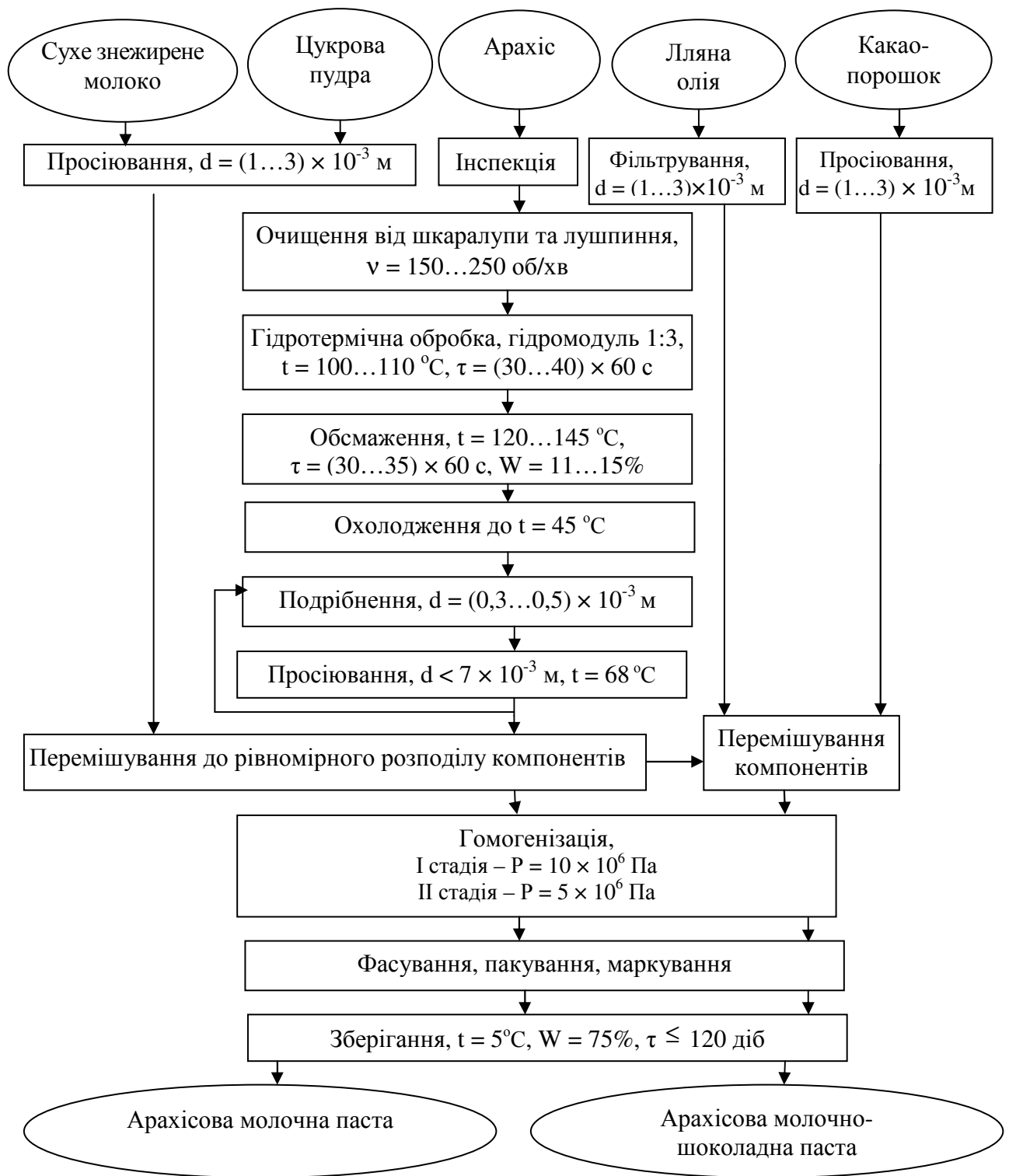


Рис. 5.5. Технологічна схема виробництва арахісових паст

Також лляну олію додавали для надання пластичної, мазкої консистенції арахісовим пастам.

На підставі результатів дослідження, представлених у четвертому розділі, для розробки паст обрано сорт Темно-червоний, який рекомендовано для виробництва арахісових паст.

Сухе знежирене молоко обрано з міркувань його високої біологічної цінності, зумовленої особливостями біохімічного складу та фізичних властивостей. Наявність майже всіх основних речовин (білків, вуглеводів, мінеральних речовин, вітамінів) та вісімнадцяти амінокислот робить цей продукт незамінним у харчуванні [455]. Використання сухого знежиреного молока у виробництві арахісових паст приведе до взаємокомпенсуючого впливу на формування амінокислотного складу сумарного білка та допоможе підвищити його біологічну цінність. Використання какао-порошку у виробництві арахісових паст зумовлено не тільки його приємними смаковими властивостями, але й низкою цінних речовин у його складі (анандамід, аргінін, триптофан, тирамін, допамін, серотонін, гістамін, фенілетиламін, епікатехін і поліфеноли (антиоксиданти), салсолінол, магній) [456]. Цукрова пудра – джерело вуглеводів, які забезпечують організм енергією, а також компонент для формування смакових властивостей арахісових паст.

За допомогою математичного моделювання встановлене концентрації рецептурних компонентів арахісово-молочної та молочно-шоколадної паст:

– паста арахісово-молочна: арахіс – 76,5%; сухе знежирене молоко – 10%; цукрова пудра – 10%; лляна олія – 3,5%;

– паста арахісова молочно-шоколадна: арахіс – 74,0%; сухе знежирене молоко – 10,0%; цукрова пудра – 10,0%; лляна олія – 3,5%; какао-порошок – 2,5%.

Оптимізацію складу рецептурної суміші арахісових паст та результати оптимізованої харчової цінності арахісових паст наведено в додатку Н.

5.3.2. Розробка рецептур та технології виробництва арахісових купажованих олій. Арахісова олія – продукт, багатий на біологічно активні жирні кислоти, у тому числі й ненасичені, які можуть легко засвоюватися організмом. Наявність у її складі великої кількості вітамінів, макро- і мікроелементів, поліфенолів, фосфоліпідів, фітостеролів робить її особливо цінною для організації здорового харчування. Вона відмінно підходить для заправки салатів і супів, приготування овочевих і м'ясних страв, соусів і майонезів.

Технологія виробництва олій складається з таких етапів: інспекція, очищення від шкаралупи, подрібнення, кондиціонування за вмістом вологи, пресування, фільтрація, пакування, маркування, зберігання [457]. Додатковими етапами вдосконаленої нами технології виробництва олії є:

- обробка з метою зниження вмісту антипоживних речовин;
- купажування з лляною олією та олійними екстрактами часнику, або плодів шипшини, або шавлії або листя чорної смородини;
- підготовка та рекомендації до використання макухи.

Технологічна схема виробництва нових олій наведена на рис. 5.6.

Аналіз наукової літератури засвідчив, що сьогодні активно проводяться роботи зі створення продуктів із оптимальним жирнокислотним складом. Найбільш поширеними оліями, використовуваними для купажування, є соняшникова, соєва, кукурудзяна, оливкова [458–460], ріпакова [459; 461], лляна [459; 462], рижієва [463] та нетрадиційні для галузі олії з гарбуза, розторопші, амаранту, зародків пшениці тощо, які мають, поряд із харчовими перевагами біологічно активні й фармакологічні властивості [464].

На сьогодні не знайдено даних щодо використання арахісової олії в купажах. Тому створення купажу зі збалансованим жирнокислотним складом жиру на основі арахісової олії підвищеної біологічної цінності є актуальним. Збалансувати вміст жирних кислот арахісової олії можна шляхом змішування з іншими оліями з урахуванням їх складу.

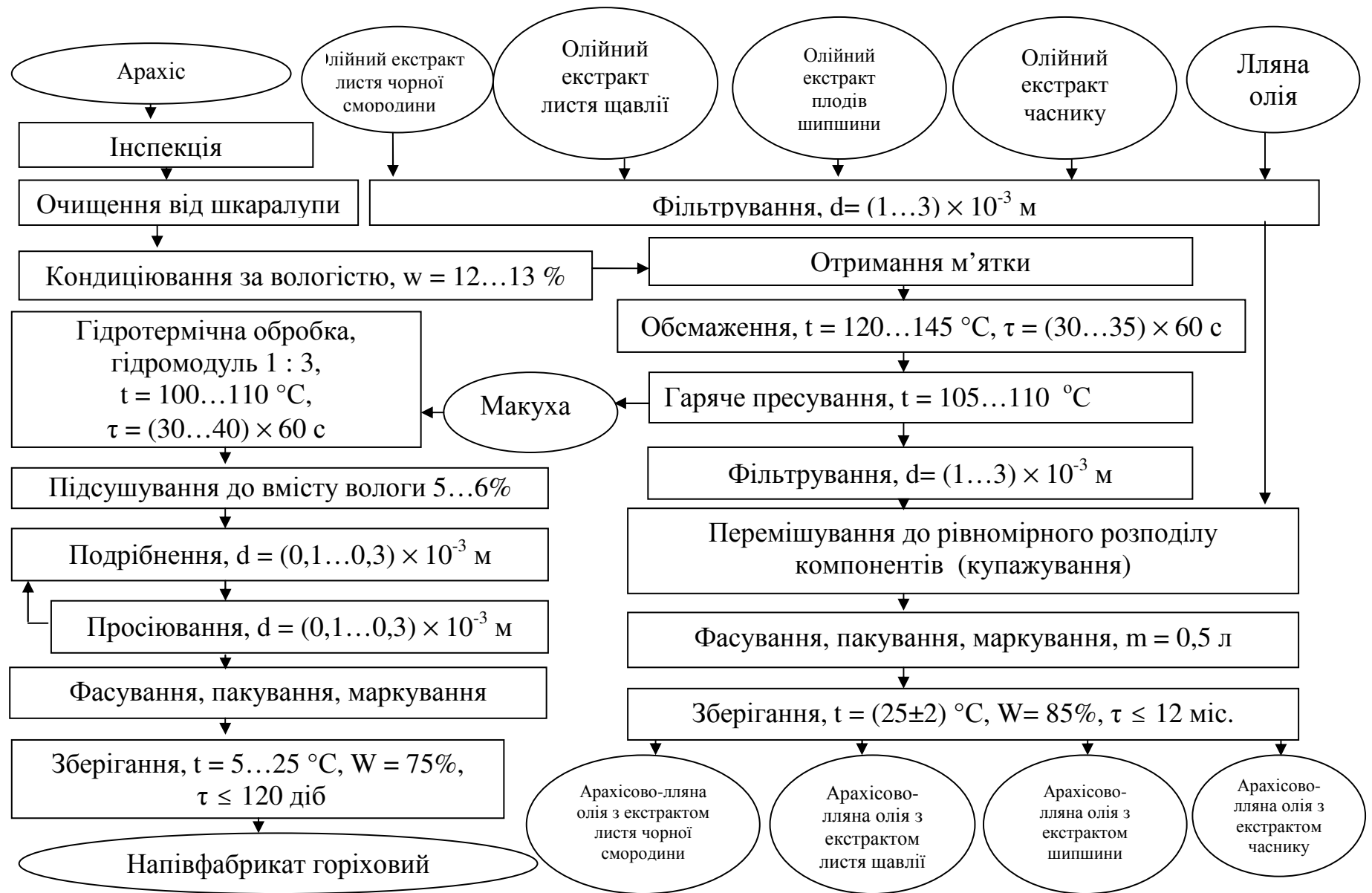


Рис. 5.6. Технологічна схема виробництва купажованих арахісово-ляних олій

В олії з арахісу майже відсутня така есенціальна ω -3 ПНЖК, як ліноленова. Тому для балансу ω -6: ω -3 варто підібрати таку олію, у якій вміст ліноленової кислоти був би максимальним.

З огляду на зазначене для купажування обрано лляну олію, яка серед олій є найбагатшим джерелом цієї кислоти. Відомо, що лляну олію як самостійний інгредієнт у чистому вигляді в кулінарії використовують рідко. Це пов'язано з тим, що вона має яскраво виражений специфічний запах і незначний гіркий післясмак. За невеликих концентрацій ця олія не погіршує органолептичних показників сумішей. Завдяки лікувально-профілактичним властивостям олію з льону застосовують у дієтичному харчуванні.

Для складання купажу обрано олію, отриману з арахісу сорту Краснодарський 14, який має найвищий вміст жиру та рекомендований для виробництва олій.

За допомогою математичного моделювання встановлено, що для створення купажованої олії з оптимізованим жирнокислотним складом необхідне таке співвідношення олій, мас. %: арахісова – 86, лляна – 14. У цьому купажі вміст ненасичених жирних кислот становить, %: олеїнова – 46,8; пальмітолеїнова – 0,17; ерукова – 0,04; лінолева – 37,22; ліноленова – 7,65. Загальний вміст ненасичених жирних кислот у купажованій олії становить 90,82%, із них поліненасичених – 44,81%, при цьому співвідношення ω -6: ω -3 = 4,8:1, співвідношення МНЖК:ПНЖК = 1:1, що відповідає вимогам рекомендованого співвідношення ω -6 до ω -3 ПНЖК для лікувально-профілактичного харчування.

Істотний недолік поліненасичених жирних кислот ω -3 і ω -6 – надзвичайна схильність до окиснення. Завдання збереження якості купажу полягає в захисті ліпідів від окиснення, унаслідок якого утворюються речовини, що не тільки погіршують якісні характеристики олії, а й можуть бути шкідливими для здоров'я людини. У зв'язку із цим досягнення окисної стабільності олій є необхідним і досить актуальним завданням. Для запобігання окисненню широко використовуються антиоксиданти, механізм

дії яких полягає в обриванні реакційних молекулярних ланцюгів. На сьогодні відомі синтетичні інгібітори перекисного окиснення, однак не всі вони можуть застосовуватися в харчовій промисловості через токсичність. Недоліками синтетичних інгібіторів перекисного окиснення є відсутність у них поживної цінності й значні фінансові витрати на виробництво.

Для зменшення окиснювального псування олій та жирів останнім часом використовуються різноманітні природні антиоксиданти, а саме олійні, водні та спиртові екстракти шипшини, калини, горобини, квітів календули, листя базиліку, квітів і листя чорноголовки звичайної, квітів коров'яку високого, виноградної кісточка, зеленого чаю, сибірської модрини, комірника в'язолистного, софори японської, амаранту багряного, бобів квасолі, звіробою, розмарину, м'яти, меліси, чабрецю, кави; ефірна олія апельсина, лимона, листя горіха волоського, шавлії, гвоздики, кориці, шкірки граната, тропічного фрукта рамбутана; екстракт біомаси зрілих апланоспор *Haematococcus pluvialis*. Ці компоненти вводили в кількості від 0,05% до 10,00% [465–475].

Проте серед широкого спектра вивчених природних інгібіторів окиснення відсутні універсальні, тобто такі, що діють однаковою мірою для будь-яких жирів. Тому їх вибір доцільно проводити експериментально для окремих видів олії.

З огляду на дані літературних джерел та попередні експериментальні дослідження як інгібітор обрано олійні екстракти листя шавлії, листя чорної смородини, часнику та плодів шипшини. Вибір цієї рослинної сировини зумовлений її унікальним хімічним складом і відомими антиоксидантними властивостями.

Антиоксидантна дія рослинних екстрактів залежить від їх дозування, тобто одні й ті самі екстракти за різних концентрацій можуть поводити себе в ліпідних системах як антиоксиданти і як прооксиданти. Це залежить від багатьох чинників, зокрема від структури та властивостей біологічно активних речовин, що містяться в екстракті, наявності синергістів, хімічного

складу ліпідів. Тому, ґрунтуючись на наведених вище літературних даних, дослідний інтервал вмісту обраних екстрактів становив 2–8% до маси олії. Як контрольний дослід проведено окиснення купажованої олії в режимі ініційованого окиснення без добавок інгібіторів.

Було проведено серію дослідів із обґрунтування раціональної концентрації обраних екстрактів, які засвідчили, що за умови додавання їх у кількості, меншій за 5%, інгібуюча дія проявляється незначно. Унесення екстрактів понад 5% призводить до погіршення органолептичних показників і є недоцільним. Тому дієвою концентрацією для стабілізації розроблених купажів обрано 5% до маси олії. Кінетику поглинання кисню зразками купажованої олії з екстрактами наведено на рис. 5.7.

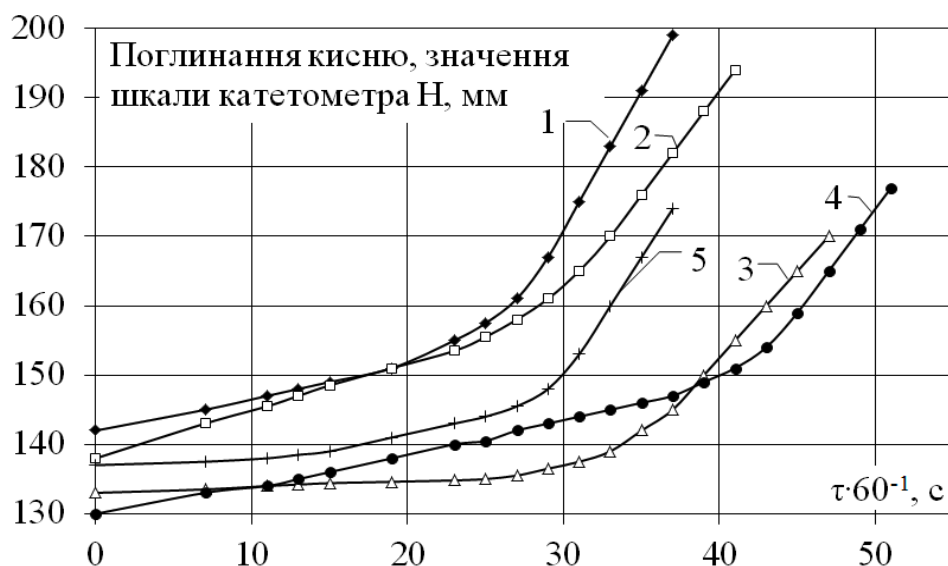


Рис. 5.7. Кінетика поглинання кисню зразками купажованої олії з додаванням олійних екстрактів рослин: 1 – контроль (купаж без інгібітору); 2 – листя чорної смородини; 3 – плодів шипшини; 4 – листя шавлії; 5 – часнику

Під час визначення періоду індукції купажованої олії з додаванням розчинів олійних екстрактів у кількості 5% виявлено, що найбільшим періодом індукції характеризується купаж з екстрактом листя шавлії. Децю

менший період індукції визначено в купажу з екстрактом плодів шипшини та листя чорної смородини. Найменший період індукції зафіксовано в купажу з додаванням олійного екстракту з часнику.

У табл. 5.3 наведено кінетичні параметри окиснення дослідних зразків купажу з екстрактами. Відносна стійкість до окиснення може бути оцінена як відношення періодів індукції.

Таблиця 5.3

Кінетичні параметри ініційованого 0,1 М АІБН окиснення купажу олії за 75°C із додаванням олійних екстрактів із рослинної сировини

Зразок	Період індукції, τ, с	Концентрація антиоксидантів (у перерахунку на токоферол), мг%	Відносна стійкість до окиснення
Зразок №1 – контроль	1500	69	1,00
Зразок №2 – купаж із додаванням олійного екстракту листя чорної смородини (5%)	1800	81	1,20
Зразок №3 – купаж із додаванням олійного екстракту плодів шипшини (5%)	2100	94	1,40
Зразок №4 – купаж із додаванням олійного екстракту листя шавлії (5%)	2520	112	1,68
Зразок №5 – купаж із додаванням олійного екстракту часнику (5%)	1740	79	1,16

Аналіз отриманих даних доводить, що дослідні олійні екстракти мають інгібуючий ефект, їх уведення в кількості 5% підвищує окисну стабільність арахісово-ляного купажу в 1,2–1,7 разу. За вмістом антиоксидантів та відносною стійкістю до окиснення ці екстракти можна поставити в такий ряд: листя шавлії > плоди шипшини > листя чорної смородини > часник.

Таким чином, проведені дослідження свідчать, що олійні екстракти листя шавлії, листя чорної смородини, часнику та плодів шипшини містять речовини, які мають антиокиснювальні властивості, що дозволяє рекомендувати їх як добавку, яка інгібує процеси окиснення олії.

Арахісова макуха, яка утворюється під час віджимання олії з арахісу на пресах, є насамперед джерелом концентрованого протеїну. Його вміст сягає 38–39%. Амінокислотний склад нараховує 16 амінокислот, найбільшу

питому вагу серед них мають: лізин, метіонін, цистеїн, триптофан, валін, лейцин, глютамінова та аспарагінова кислоти. Макуха містить 8,5% вологи, 7% жиру, 38% білка, 1% золи, 20% клітковини. У зв'язку з цим нами запропоновано використання макухи після обробки з метою зниження токсичних і антипоживних речовин (підсушування до вмісту вологи 5–6%, подрібнення до розміру частинок 0,1–0,3 мм та просіювання) у технологіях виробництва таких продуктів: арахісових і горіхових паст, борошняних кондитерських виробів, борошняних кулінарних виробів, халви та східних солодоців, шоколаду, цукерок.

5.3.3. Розробка рецептур та технологій виробництва снекової продукції з арахісу.

Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками належить до снекової продукції для швидкого та легкого вгамування голоду, споживання якої відбувається «на ходу».

Технологія смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками складається з таких етапів: інспекція, очищення від шкаралупи, обсмаження, охолодження, видалення насінневої оболонки, нанесення адгезійного агента (олія; цукрові розчини; гідро колоїди, зокрема желатин, крохмаль, камеді; волога оболонка на основі крохмалю чи борошна), напилення смако-ароматичної добавки, підсушування, пакування, маркування, зберігання [476]. Відмінністю виробництва нових видів продуктів зі смаженого арахісу є попередня обробка з метою зниження вмісту токсичних і антипоживних речовин. Технологічну схему виробництва нової снекової продукції наведено на рис. 5.8.

Арахісові снеки користуються попитом у широкого кола споживачів, що зумовлено способом життя населення та відносно низькою ціною продукту.

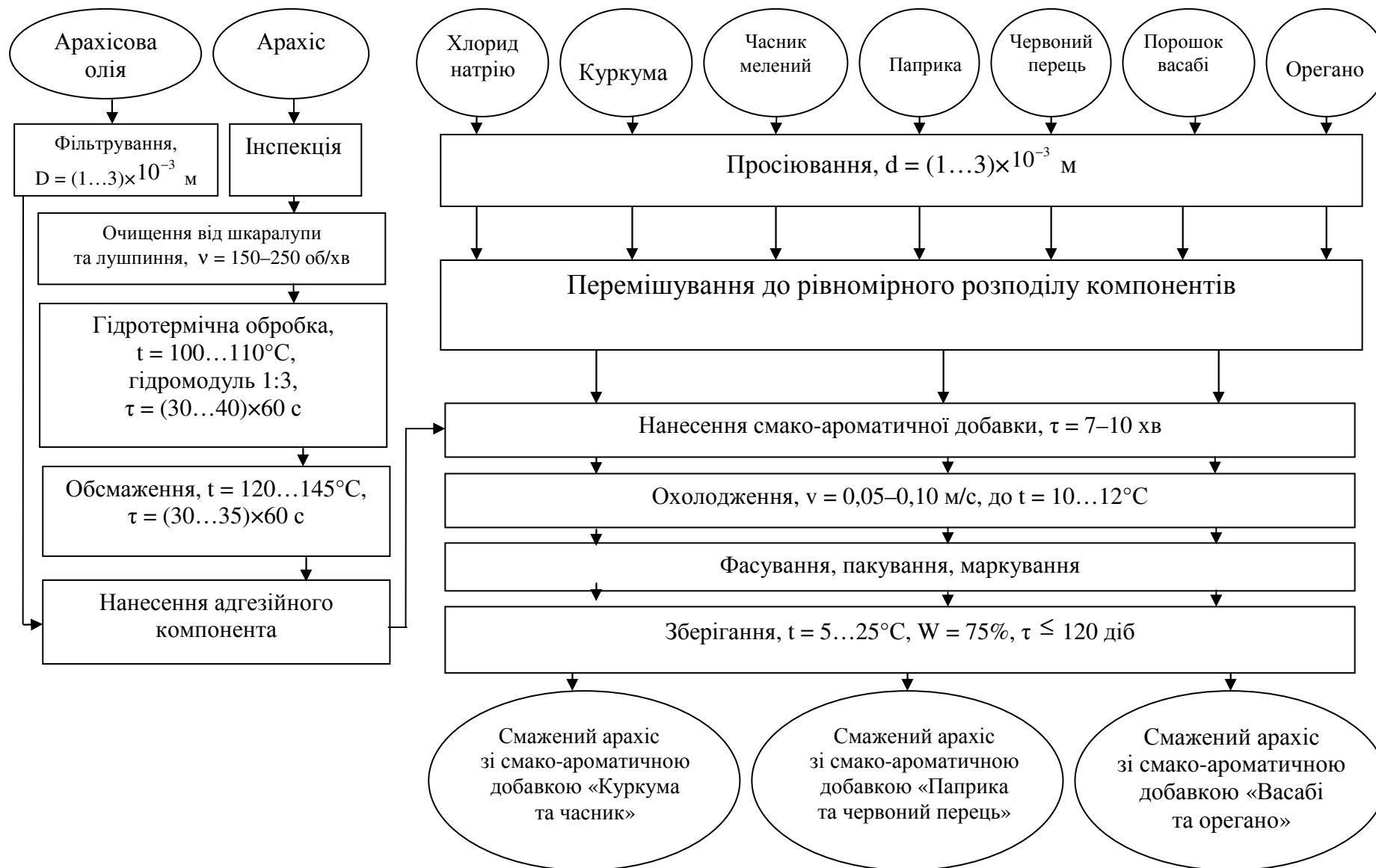


Рис. 5.8. Технологічна схема виробництва арахісу зі смако-ароматичними добавками

Відомо, що пряно-ароматична сировина містить фенольні сполуки – флавоноїди, які навіть у невеликих кількостях здатні істотно пригнічувати окиснення.

З огляду на це в рецептурах нових продуктів вирішено застосовувати натуральну пряно-ароматичну сировину, а саме сушений часник, куркуму, орегано, порошок паприки, червоного перцю та васабі, хлорид натрію.

Більшість із цих добавок є не тільки природними антиоксидантами, але й джерелом біологічно активних речовин, вітамінів, харчових волокон. Вони безпечні для вживання та сприяють нормальному функціонуванню організму людини загалом.

Для розробки рецептурного складу смаженого арахісу було обрано сорт ВНДІОК 14, який є безпечним і рекомендованим для виробництва снєків.

Органолептично встановлені концентрації рецептурних компонентів смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками з натуральної сировини:

– арахіс смажений зі смаком «Куркума та часник»: арахіс – 94,5%, арахісова олія – 0,5%; хлорид натрію – 1,5%; порошок куркуми – 1,5%; порошок сушеного часнику – 2%;

– арахіс смажений зі смаком «Паприка та червоний перець»: арахіс – 94,5%, арахісова олія – 0,5%; хлорид натрію – 1,5%; паприка мелена – 3,0%; порошок червоного перцю – 0,5%;

– арахіс смажений зі смаком «Васабі та орегано»: арахіс – 94,5%, арахісова олія – 0,5%; хлорид натрію – 1,5%; порошок васабі – 2,5%; орегано – 1,0%.

5.4. Обґрунтування асортименту продукції з гречки та проса

Із метою визначення споживчих уподобань під час купівлі продуктів на основі круп із гречки та проса нами проведено маркетингове дослідження. Розроблено анкету, яка складається із взаємопов'язаних, виставлених у логічній послідовності запитань (додаток Л). Опитування проводилося на

великих підприємствах торгівлі м. Харкова з використанням методу особистого інтерв'ю, заснованого на безпосередньому спілкуванні інтерв'юера з респондентом. Під час дослідження опитано 150 споживачів віком від 18 до 67 років, серед них:

- *за статтю*: жінки – 63%, чоловіки – 37%;
- *за віком*: від 18 до 40 років – 39%, від 40 до 60 років – 57%, від 60 років і старше – 4%;
- *за освітою*: повна загальна середня та неповна вища – 3%, базова вища – 6%, повна вища – 80%, науковий ступінь – 11%;
- *за сферою діяльності*: державні установи – 19%, наукова та викладацька діяльність – 24%, засоби масової інформації – 2%, виробнича сфера – 32%, навчання – 23%.

Отже, основною цільовою групою покупців є споживачі з достатньо високим рівнем знань (науковці, викладачі, представники державних установ, студенти). Саме цей сегмент покупців є найактивнішою частиною населення, на яку припадає найбільша кількість покупок. До того ж згідно з розробленою моделлю формування споживчих переваг саме споживачі з високим рівнем знань керуються під час купівлі товарів насамперед такими критеріями, як корисність, натуральність, якість, безпека, і вже в останню чергу – ціною, кількістю та їх співвідношенням. Саме ця група споживачів є потенційними покупцями екологічно чистих продуктів здорового харчування [477].

Серед великої кількості харчових продуктів особлива увага приділяється круп'яним культурам. Крупи належать до переліку продуктів харчування першої необхідності, які доступні майже всім верствам населення. Останнім часом у зв'язку з популярністю здорового харчування і прагненням людей вести здоровий спосіб життя крупи мають усе більший попит.

Згідно з проведеним дослідженням майже половина українців купують крупи і макаронні вироби. Крупи, як правило, купують 1–2 рази на місяць; найчастіше купують крупи люди із середнім рівнем доходу, або ті, у кого великі сім'ї, або жителі сільської місцевості.

Асортимент круп достатньо широкий, тому цікавим було визначення переваг споживачів під час купівлі різних видів круп. У результаті анкетування встановлено, що найбільш популярною серед споживачів є гречана крупа: 90 із 150 опитаних респондентів (60,0%) назвали її улюбленою. Другою за популярністю виявилася рисова крупа – 38 опитаних (25,3%). На третьому місці опинилися вівсяна і перлова види круп із результатом 15,0% (10 опитаних); пшенична крупа набрала 4,7% голосів (7 опитаних). Тільки 5 із опитаних респондентів (3,3%) віддають перевагу пшону (рис. 5.9).

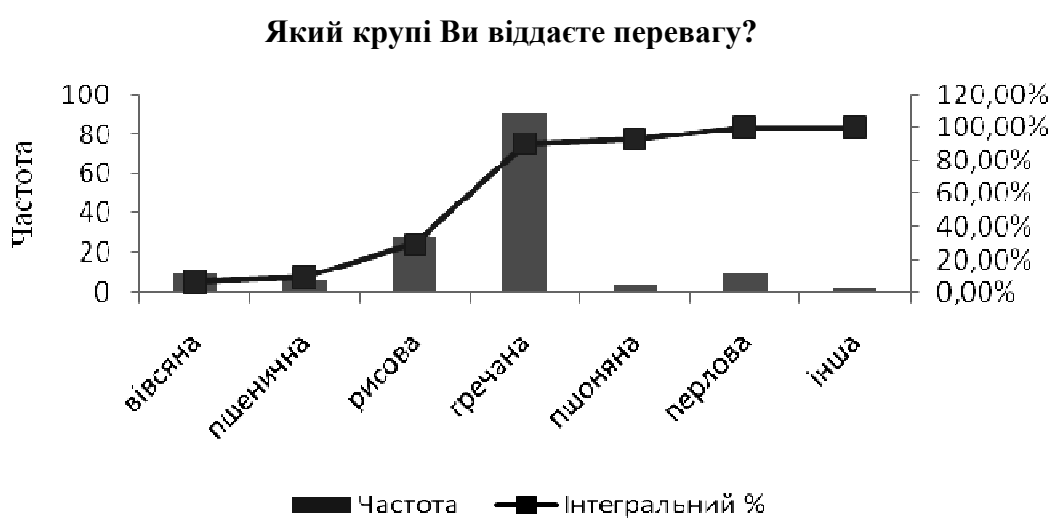


Рис. 5.9. Гістограма визначення споживчих переваг під час купівлі круп

Як бачимо, незважаючи на високу харчову і споживну цінність, пшоно не користується особливим попитом, що зумовлює необхідність його широкої популяризації для виробництва функціональних продуктів.

Для маркетингового обґрунтування виведення на споживчий ринок нових видів продуктів на основі гречаної крупы та пшона визначальною є інформація про частоту їх споживання. У ході дослідження встановлено таке: 81 респондент (54,0%) купує гречану крупу постійно; 48 опитаних (32,0%) купують її іноді; невелика частка респондентів – 18 (12,0%) купує її дуже рідко і 3 респонденти (2,0%) зовсім не купують гречаної крупы. Інші дані отримано щодо пшона: лише 12% споживачів (18 респондентів) купують пшоно постійно; при цьому іноді й дуже рідко пшоняну крупу купують

34,7% та 46,7% (відповідно 52 і 70 респондентів); 6,6% (10 опитаних) відповіли, що не купують пшоняної крупи ніколи. Результати анкетування підтвердили доцільність використання гречаної крупи та пшона у виробництві продуктів спеціального призначення.

Слід зазначити, що 73% опитаних знають і регулярно купують зернові продукти спеціального призначення, 27% респондентів відповіли, що ніколи не споживали такої продукції. У результаті визначення вподобань споживачів встановлено, що найбільш популярними серед цієї категорії продуктів є сухі сніданки: їм надають перевагу 34% опитаних. Також користуються попитом функціональні хлібобулочні та кондитерські вироби (25% та 18% респондентів відповідно), збагачені крупи (10% опитаних), зернові хлібці (9,0% респондентів) та енергетичні батончики (4% респондентів) (рис. 5.10).

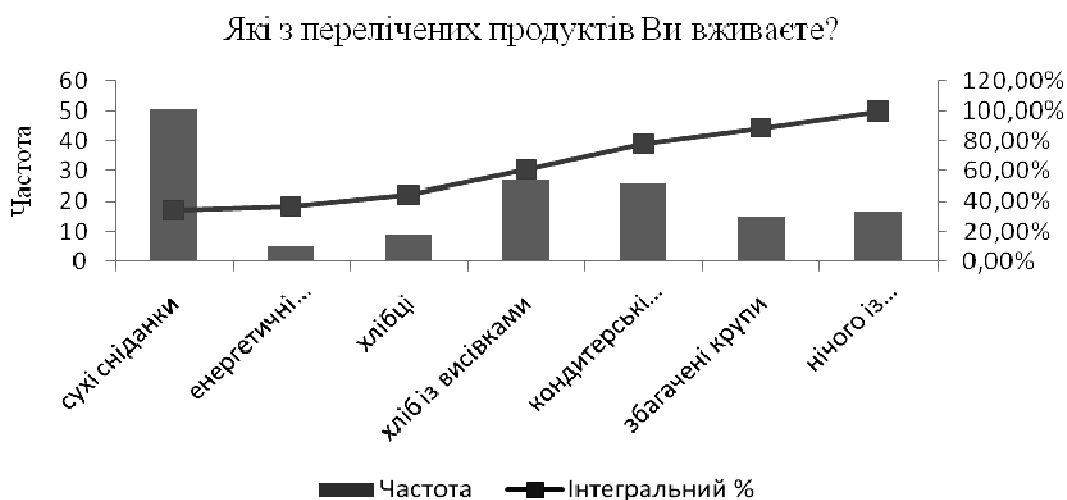


Рис. 5.10. Гістограма визначення вподобань споживачів щодо асортиментного переліку зернових продуктів спеціального призначення

Анкетне опитування дало можливість визначити обізнаність споживачів щодо продукції спеціального призначення на основі продуктів переробки гречки і проса. Виявлено, що значна частина опитаних (39%) не звертають уваги на нові продукти з гречаною крупою; 37% користуються такою продукцією і 24% зовсім не купують її. Значно гірша ситуація спостерігається щодо продуктів спеціального призначення на основі пшона: лише 10%

респондентів споживають таку продукцію; більша частина (25,3%) не мають жодного уявлення про дієтичні та лікувально-профілактичні властивості пшона; 64,7% респондентів відповіли, що зовсім не звертали уваги на асортимент нових продуктів харчування спеціального призначення на основі пшона.

Такий результат досліджень підтверджує неефективність рекламних кампаній із виробництва продуктів спеціального призначення, необізнаність і незацікавленість споживачів у використанні зазначеної продукції. Отже, необхідним є додаткове обґрунтування доцільності виведення на ринок нових продуктів на основі гречаної крупи та пшона.

Аналіз уподобань споживачів щодо популярності зернових продуктів спеціального призначення різних видів дозволяє рекомендувати використання продуктів переробки гречки і проса для виробництва хлібобулочних виробів, оскільки хліб є продуктом повсякденного попиту, одним із масових і найбільш доступних за ціною продуктів харчування, а отже, найбільш перспективним продуктом для корегування харчової й біологічної цінності раціону харчування людини.

Нові види хліба будуть затребувані споживачами тільки в тому випадку, якщо їх споживні властивості будуть відповідати очікуванням споживачів. Для отримання інноваційних продуктів неможливо здійснювати розробку нових видів хліба, ураховуючи тільки традиційні показники їх функціональності. Для створення нових видів хліба оздоровчого призначення необхідно враховувати наукові дані про харчування, сучасні технології виробництва, попит і толерантність споживачів [478]. Найбільш ефективним підходом під час розробки нових продуктів є проектування їх споживних властивостей. Такий підхід гарантує розробку продукції з очікуваними характеристиками, яка дійсно буде затребувана на ринку.

Для визначення можливого переліку ключових дескрипторів нових видів хліба із заданими споживними характеристиками був застосований метод ПАТТЕРН [479]. Оцінюючи дескриптори нових видів хліба, на

кожному рівні методом рейтингового оцінювання визначали домінантні (ДХ) і рецесивні (РХ) характеристики [478]. Експертами в цьому дослідженні були вчені – співробітники кафедри товарознавства та експертизи товарів, кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів Харківського державного університету харчування та торгівлі й представники підприємств хлібопекарської промисловості. Експертиза проводилася під методичним керівництвом модератора, який робив роз'яснення з метою уніфікації термінології й формування у фахівців єдиного підходу до понять і термінів. Результати експертного оцінювання значущості рецесивних і домінантних характеристик хліба, оцінених за 10-бальною шкалою, наведено в додатку М, рис М1.

За результатами евристичної експертизи визначено, що як домінантні характеристики обрано насиченість флейвора, еластичність/ пружність, водоутримування, вміст фітостеролів і токсичних елементів, ступінь розвиненості пор, кислотність м'якушки, вартість сировини та збереженість вологості під час зберігання. Отже, під час проектування нових видів хліба необхідно звернути увагу саме на ці споживні властивості в ролі ключових дескрипторів.

Для забезпечення зазначених ключових дескрипторів на товарознавчо-технологічному етапі проектування необхідно підбирати рецептурні компоненти, які характеризуються приємними смаковими властивостями, високою водоутримувальною здатністю, можливістю керувати текстурою хліба, підвищеним вмістом фітостеролів та інших біологічно активних речовин, здатністю до тривалого зберігання, порівняно невисокою ціною. Також для створення хліба оздоровчого призначення зазначені інгредієнти повинні мати певні профілактичні властивості та знижену здатність до накопичення токсичних речовин [478]. За умови досягнення всіх цих властивостей можливе створення нових високоякісних видів хліба підвищеної харчової цінності, що матимуть попит у споживачів.

5.5. Розробка рецептур та технологій виробництва хлібних виробів на основі продуктів переробки гречки та проса

Для створення нових хлібних виробів спеціального призначення з додаванням продуктів переробки гречки та проса було вирішено розробити рецептури бездріжджового хліба на заквасках. Відомо, що бездріжджові закваски і хліб, приготований на їх основі, збагачують організм органічними кислотами, вітамінами, мінеральними речовинами, ферментами, клітковиною, пектинами, біостимуляторами тощо. Хліб, приготований таким методом, краще зберігається і не пліснявіє [480].

Ураховуючи складність виготовлення густих і рідких заквасок, було прийнято рішення про використання сухих заквасок фірми «Пуратос», які характеризуються широким асортиментом і можуть бути застосовані за будь-якого типу виробничого процесу.

Для гречаного хліба як прототип обрано рецептуру житньо-пшеничного хліба зі співвідношенням борошна житнього обдирного та борошна пшеничного 1-го гатунку 60:40; для хліба із пшоном – рецептуру хліба із пшеничного борошна 1-го гатунку. Такий вибір аналогів хліба оснований на кольорових характеристиках продуктів переробки гречки і проса. Вибір саме цих гатунків борошна обумовлений тим, що для створення хлібопродуктів із додаванням нетрадиційної сировини не рекомендовано використовувати житнє та пшеничне борошно вищого гатунку.

Із метою визначення доцільності застосування крупи або борошна з гречки і проса проведено низку пробних випікань. Експериментально встановлено, що хліб із додаванням гречаного борошна має значно кращі показники якості порівняно з хлібом із додаванням попередньо відвареної гречаної крупи. Сьогодні гречане борошно є достатньо розповсюдженим продуктом харчування і знаходиться в тому самому ціновому сегменті, що і гречана крупа. Ураховуючи ці факти, нами було прийнято рішення про розробку нового виду хліба з додаванням гречаного борошна.

Інші умови спостерігалися в разі використання пшона. Хліб із додаванням просяного борошна та хліб із відвареним до напівготовності пшоном характеризуються майже однаковою якістю, але черствіння хліба з борошном із проса відбувається значно швидше, що призводить до погіршення якісних показників хліба вже через 24 год після випікання. До того ж просяне борошно виробляється в дуже незначних обсягах і за ціною значно дорожче за пшоняну крупу. Тому ми вважаємо, що розробка нового хлібного виробу з додаванням пшона, попередньо відвареного до напівготовності, є більш доцільною.

На підставі результатів досліджень, викладених у четвертому розділі роботи, для розробки нових видів хліба обрано сорти гречки і проса, які отримали найвищу оцінку за комплексним показником якості, а саме: гречку сорту Квітник та просо сорту Козацьке. Дослідну партію круп та борошна вироблено на лабораторному устаткуванні Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва.

Із літературних джерел [305–313] відомо, що в разі використання нетрадиційної сировини в хлібопеченні зазвичай кількість добавок становить не більше 10–20% від маси борошна. Метою наших експериментальних досліджень була розробка нових видів якісного хліба з максимально можливим вмістом гречаного борошна і пшона для отримання продуктів спеціального призначення. Для приготування гречаного хліба частину житнього борошна заміняли гречаним у кількості 10, 20, 30, 40 і 50% відповідно. Аналогічно для дослідних зразків пшоняного хліба частину пшеничного борошна заміняли пшоном, попередньо відвареним до напівготовності, у дозуванні від 10% до 50% із кроком 10% відповідно.

Експериментально встановлено, що заміна житнього борошна гречаним у кількості 10% і 20% не впливає суттєво на якість хліба, але й не підвищує значною мірою його харчову цінність. Додавання 30, 40 та 50% гречаного борошна вносить зміни в хімічний склад хліба, значно підвищуючи його цінність, проте водночас спостерігається погіршення окремих показників якості виробу. Під час пробних випікань пшоняного хліба

виявлено, що погіршення структурно-механічних властивостей виробу спостерігається в разі додавання пшона в кількості 30% і 40%; у разі дозування 50% отримано зразок дуже низької якості, що дозволяє зробити висновок про недоцільність використання пшона в дозуванні більше ніж 40%.

Отже, для остаточного обґрунтування рецептурного складу нових видів хліба оздоровчого призначення вирішено проводити експериментальні дослідження із заміною житнього борошна на гречане в кількості 30, 40 та 50% та з дозуванням пшона 20%, 30% та 40% відповідно.

Оскільки гречка і просо не містять клейковини, то в разі додавання продуктів їх переробки в кількості більше 20% від загальної маси борошна спостерігається поступове погіршення структурно-механічних властивостей виробів. Для підвищення якості нових видів хліба нами запропоновано введення в тісто ферментних препаратів із геміцелюлолітичною активністю, які діють на нерозчинні високомолекулярні пентозани борошна, збільшують частку низькомолекулярних пентозанів, сприяючи утворенню більш міцного каркаса клейковини. Внесення таких препаратів сприяє збільшенню частки зв'язаної вологи в тісті, що приводить до збільшення вологопоглинальної здатності напівфабрикатів, а отже, до поліпшення структурно-механічних властивостей тіста [481].

Після ретельного аналізу ферментних препаратів із геміцелюлолітичною активністю, представлених на українському ринку, нами обрано як покращувач ферментний препарат Pentopan BG500. Крім поліпшення структурно-механічних властивостей тіста, покращення пористості й еластичності м'якушки хліба, збільшення питомого об'єму готових виробів Pentopan BG500 має позитивний вплив на γ -оризанол – речовину, що міститься в усіх зернових і являє собою суміш антиоксидантних сполук, зокрема фітостеринів та ферулової кислоти. За результатами наших досліджень, наведеними в розділі 3, встановлено, що під дією Pentopan BG500 γ -оризанол метаболізується з утворенням β -ситостерину, кампестерину та

інших фітостеролів [482]. Результати дослідження, наведені в розділі 3 свідчать про те, що препарат Pentopan BG500 покращує гідроліз γ -оризанолу шляхом регулювання концентрації ферментного препарату, температурних умов і тривалості процесу. Можна припустити, що його внесення до тіста сприятиме підвищенню вмісту фітостеролів у нових хлібопродуктах, що дозволить вважати їх виробами з холестеринознижуючими властивостями.

Для оцінювання якості нових видів хліба з гречаним борошном і пшоном застосовували вимоги ДСТУ-П 4588:2006 «Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови» [483].

Для створення нового гречаного хліба спеціального призначення використовували традиційну сировину: борошно пшеничне 1-го ґатунку, борошно житнє хлібопекарське обдирне, сіль кухонну кам'яну, воду питну. Для підвищення харчової цінності нового хліба частину житнього борошна заміняли на гречане, вміст пшеничного борошна не змінювали з метою збереження структурно-механічних властивостей тіста. На рис. 5.11 наведено технологічну схему виробництва хліба з гречаним борошном.

Хліб готували на сухій заквасці O-tentic Durum, яка використовується у виробництві житніх і житньо-пшеничних сортів хліба, дає можливість виготовляти продукцію стабільно високої якості з тривалим терміном зберігання. При цьому застосовували рекомендоване виробниками дозування закваски – 4,0% від маси борошна [484].

Контрольний зразок хліба готували із суміші житнього та пшеничного борошна у співвідношенні 60:40. Для приготування дослідних зразків частину житнього борошна заміняли на гречане в кількості 30, 40 та 50% із додаванням ферментного препарату Pentopan BG500 у кількості 5 г на 100 кг борошна (середнє дозування препарату за рекомендаціями з розділу 3 дисертації та виробника) [485]. Контрольний зразок тіста (вологістю 48%) та дослідні зразки виготовляли з однаковими параметрами технологічного процесу.

Із метою визначення вологості тіста контрольного і дослідних зразків проведено експериментальні дослідження з установлення водоутримувальної здатності різних видів борошна, що використовувались у роботі. Визначено, що цей показник для пшеничного борошна 1-го ґатунку становить 70–75%, житнього обдирного 110–115%, гречаного 185–190%. Ураховуючи підвищену водоутримувальну здатність гречаного борошна, вологість тіста дослідних зразків підвищували на 1–2% відносно контрольного зразка.

Для обґрунтування рецептурного складу гречаного хліба проводили пробні випікання, використовуючи технологію, яка включає такі операції: підготовка компонентів, замішування тіста, його вистоювання, розподіл тіста на шматки, формування тістових заготовок та їх вистоювання, випікання виробів, охолодження і зберігання хліба (рис. 5.11). Рецептурний склад контрольного та дослідних зразків гречаного хліба наведено в табл. 5.4.

Результати визначення показників якості контрольного та дослідних зразків гречаного хліба подано в табл. 5.5. Результати оцінювання якості контрольного та дослідних зразків хліба показують, що заміна житнього борошна гречаним у різних кількостях майже не впливає на форму виробів: усі вони характеризуються правильною формою відповідно до тієї, в якій проводили випікання, мають різного ступеня випуклості верхню скоринку, без бокових впливів.

Поверхня контрольного зразка є гладкою, без тріщин і великих підривів. Поверхня виробів із додаванням гречаного борошна трохи шорсткувата, нерівна, але без тріщин і великих підривів, без забруднення. Колір скоринки змінюється залежно від вмісту гречаного борошна від світло-коричневого (контрольний зразок) до коричневого (дослідні зразки).

М'якушка у всіх зразків м'яка, пропечена, без слідів непромісу, еластична, рівномірно забарвлена, з розвиненою пористістю. Але якщо в контрольного зразка та зразка з 30% гречаного борошна вона не волога на дотик, то в зразка з 40% добавки відчувається вже незначна липкість, у зразка з 50% добавки м'якушка волога, липка на дотик, що пов'язано з підвищеною водоутримувальною здатністю гречаного борошна та більшою вологістю тіста.

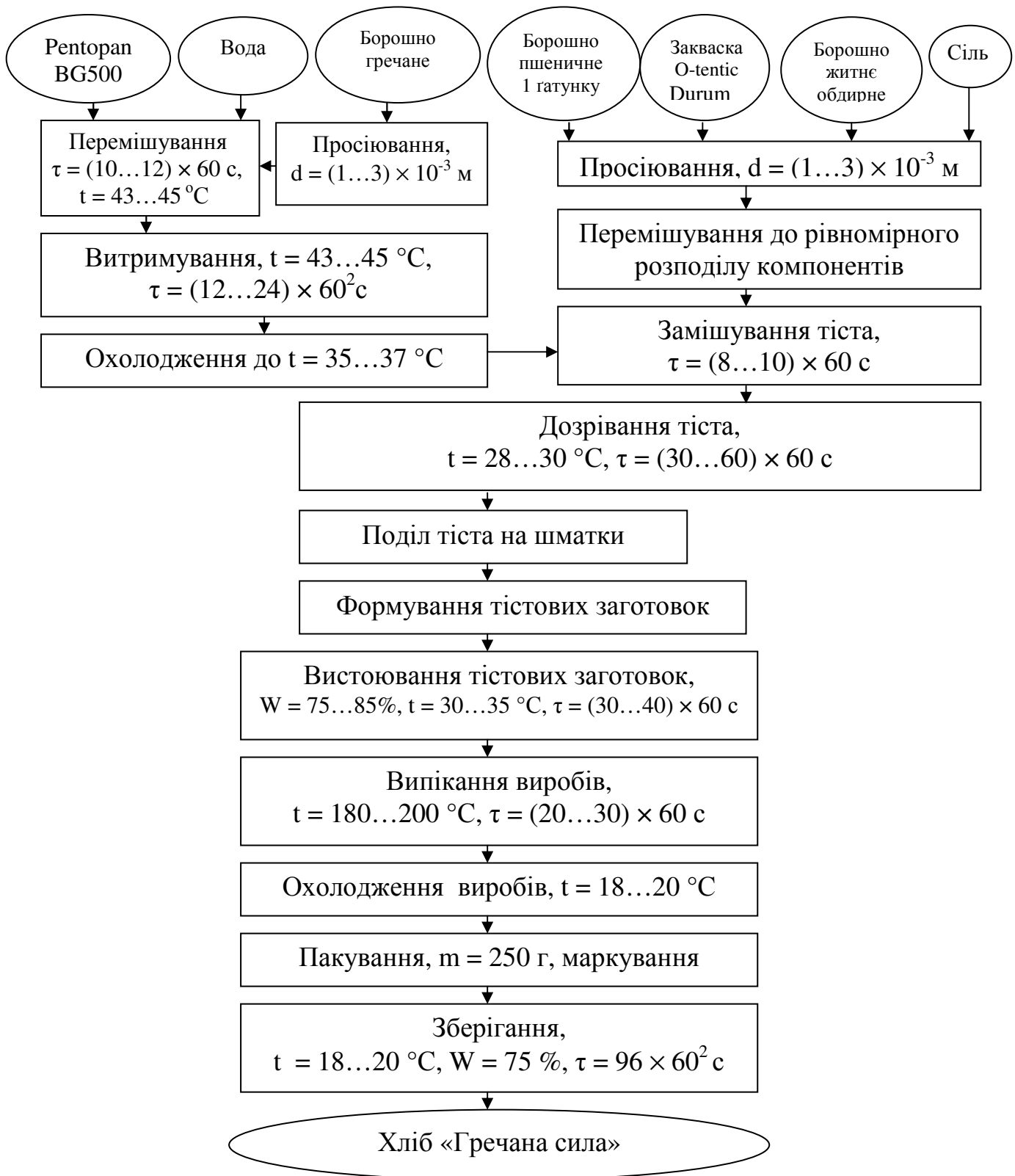


Рис. 5.11. Технологічна схема виробництва хліба на заквасках «Гречана сила»

Колір м'якушки змінюється залежно від кількості доданого гречаного борошна: від сірого (контрольний зразок) до сіруватого з ледь помітним коричневим відтінком (із 30% гречаного борошна), до сіруватого з добре вираженим коричневим відтінком (із 40% та 50%).

Серед дослідних зразків лише зразок із 50% гречаного борошна має недостатньо розвинену, менш рівномірну пористість, відрізняється тонкостінними, дуже дрібними порами. Інші зразки характеризуються добре розвиненою, рівномірною пористістю з тонкостінними, дрібними та середніми за розміром порами.

Таблиця 5.4

Рецептурний склад гречаного хліба

Сировина	Витрати сировини, кг			
	Хліб житньо-пшеничний (контроль)	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
Борошно пшеничне 1-го гатунку	40,0	40,0	40,0	40,0
Борошно житнє обдирне	60,0	30,0	20,0	10,0
Борошно гречане вищого гатунку	–	30,0	40,0	50,0
Закваски O-tentic Durum	4,0	4,0	4,0	4,0
Ферментний препарат Ренторан BG500	–	0,005	0,005	0,005
Сіль кухонна кам'яна	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода	За розрахунком			
Разом	105,500	105,505	105,505	105,505

Усі зразки характеризуються відсутністю крихкості й грудкуватості під час розжовування, окрім зразка з 50% гречаного борошна, в якому через підвищену липкість і вологість м'якушка недостатньо добре розжовується. Додавання гречаного борошна замість житнього приводить до появи гречаного присмаку та запаху, найбільш виражених і приємних у зразка із 40% гречаного борошна.

Таблиця 5.5

Показники якості хліба з додаванням гречаного борошна

Показник	Характеристика показників якості хліба				
	Вимоги ДСТУ-П 4588:2006	Контрольний зразок (без добавки)	із заміною житнього борошна на гречане, %		
			30,0	40,0	50,0
1	2	3	4	5	6
Органолептичні показники якості хліба					
Зовнішній вигляд					
форма	Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів	Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, з випуклою верхньою скоринкою, без бокових впливів	Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, із дещо випуклою верхньою скоринкою, без бокових впливів		Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, з недостатньо випуклою верхньою скоринкою
стан поверхні	Відповідає виду виробу, без забруднення	Гладка, без великих тріщин і великих підривів, без забруднення	Шорсткувата, нерівна, без великих тріщин і великих підривів, без забруднення		Шорстка, нерівна, без великих тріщин і великих підривів, без забруднення
колір скоринки	Від світло-жовтого до коричневого	Світло-коричневий, без підгорілості	Коричневий, без підгорілості		
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу	М'яка, добре пропечена, без слідів непромісу, не волога на дотик, еластична	М'яка, пропечена, без слідів непромісу, еластична, з незначною липкістю	Достатньо м'яка, пропечена, без слідів непромісу, достатньо еластична, з незначною липкістю	Недостатньо м'яка, дещо ущільнена, пропечена, недостатньо еластична, липка на дотик

Продовження табл. 5.5

1	2	3	4	5	6
Пористість	Добре розвинена, рівномірна	Добре розвинена, рівномірна, пори дрібні та середні за розміром, тонкостінні	Добре розвинена, рівномірна, стінки пор середньої товщини, пори дрібні та середні за розміром	Розвинена, пори дрібні та середні за розміром, тонкостінні, рівномірно розподілені по товщині	Менш розвинена, недостатньо рівномірна, пори дуже дрібні, тонкостінні
Смак	Властивий цьому виду виробу, без стороннього присмаку	Добре виражений, приємний, властивий цьому виду хліба	Виражений, властивий цьому виду хліба, з ледь відчутним присмаком гречки	Добре виражений, властивий цьому виду хліба, із приємним присмаком гречки	Властивий цьому виду хліба, із сильно вираженим присмаком гречки
Запах	Властивий цьому виду виробу, без стороннього запаху	Властивий цьому виробу, приємний, без стороннього запаху	Властивий цьому виробу, з ледь відчутним запахом гречки	Властивий цьому виробу, приємний, з добре вираженим запахом гречки	Властивий цьому виробу, із сильно вираженим запахом гречки
Розжовуваність м'якушки	Добре розжовується	Добре розжовується			Трохи відчувається грудкуватість під час розжовування
Вологість м'якушки, %	Не більше ніж 41,0–53,0	47,0±1,2	47,5±1,2	48,0±1,2	48,5±1,2
Кислотність м'якушки, град.	Не більше ніж 5,0–12,0	5,0±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
Пористість м'якушки, %	Не менше ніж 46,0	63,8±1,0	59,2±1,0	57,7±1,0	54,0±1,0
Питомий об'єм, см ³ /г	–	2,7±0,1	2,5±0,1	2,4±0,1	2,2±0,1

Показник вологості м'якушки хліба в дослідних зразків вище, ніж у контрольного, що пов'язано зі збільшенням вологості тіста в міру додавання гречаного борошна через його підвищену водоутримувальну здатність порівняно з пшеничним та житнім борошном. Кислотність виробів майже не змінюється і знаходиться в межах 4,9–5,0 град.

Пористість м'якушки дослідних зразків зменшується в міру додавання гречаного борошна, а саме на 7,2, 9,6 та 15,4% відповідно порівняно з контрольним зразком. Але якщо в зразків №2 та №3 цей показник незначно розрізняється, то в разі додавання 50% гречаного борошна пористість м'якушки значно знижується і становить усього 54%.

Аналогічна тенденція спостерігається і з показником питомого об'єму хліба. Зі збільшенням дозування гречаного борошна цей показник зменшується на 7,4, 11,1 та 18,5% відповідно.

Таким чином, проведені пробні випікання та отримані результати оцінювання якості нового хліба з різним дозуванням гречаного борошна дозволяють зробити висновок про доцільність заміни житнього борошна на гречане в кількості 30–40%. Такий хліб характеризується достатньо високими органолептичними та задовільними фізико-хімічними показниками. Додавання гречаного борошна в кількості 50% призводить до суттєвого зменшення пористості, питомого об'єму, погіршення стану м'якушки, смаку та запаху виробів.

Для створення нового хліба з пшоном використовували традиційну сировину: борошно пшеничне 1-го ґатунку, сіль кухонну кам'яну, воду питну.

На рис. 5.12 наведено технологічну схему виробництва хліба з пшоном.

Для підвищення харчової цінності нового виробу частину пшеничного борошна заміняли на пшоно, попередньо відварене до напівготовності. Для отримання натурального хлібного виробу без дріжджів хліб готували на двох сухих заквасках: O-tentic Durum та Sapore Rigoletto. Вибір цих заквасок пов'язаний із їх різними функціями та призначенням.

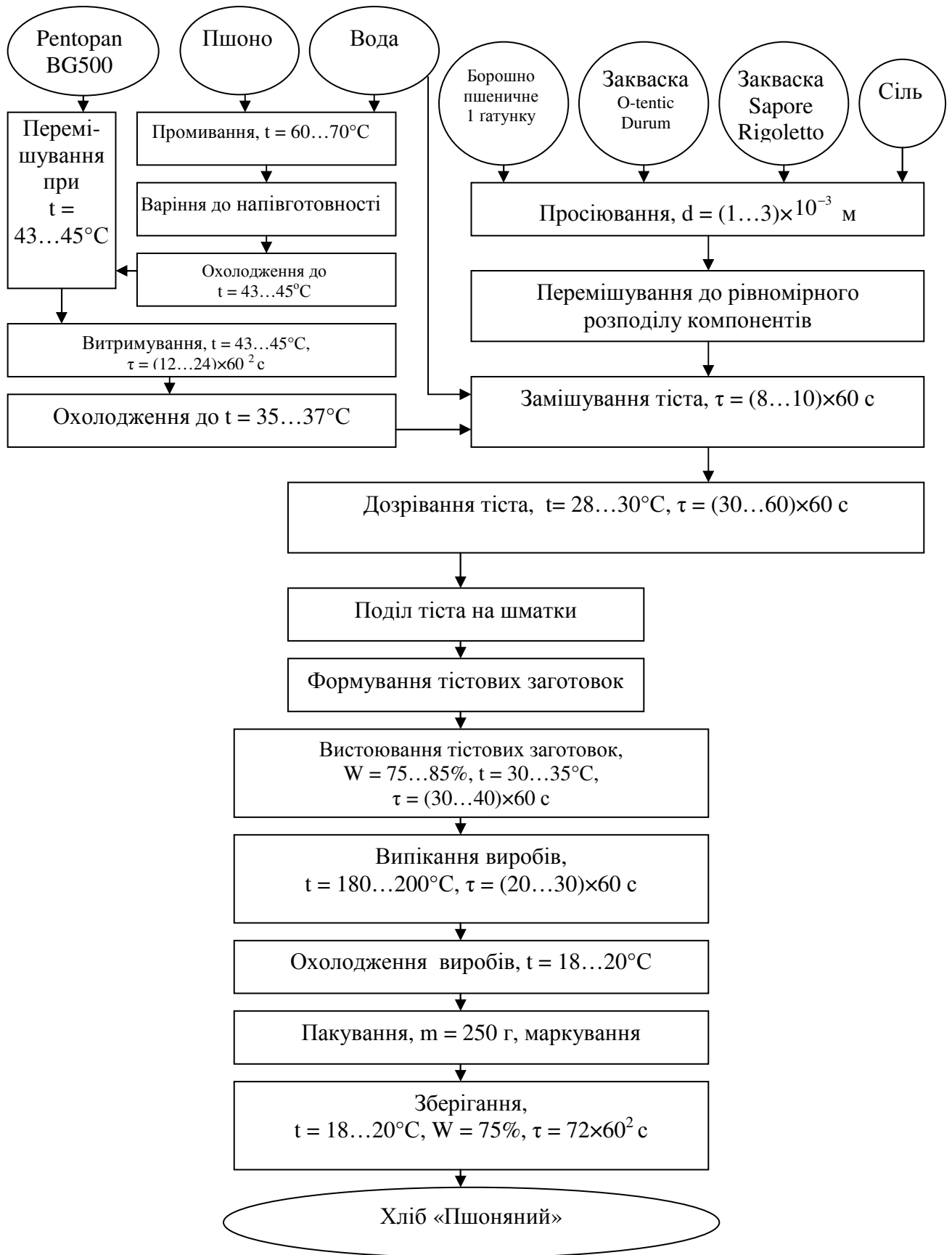


Рис. 5.12. Технологічна схема виробництва хліба на заквасках «Пшоняний»

Закваска O-tentic Durum рекомендується для виробництва пшеничного хліба за будь-якою тістоприготування, дозволяє досягти бажаної структури пористості м'якушки, сприяє утворенню хрусткої скоринки. Закваска Sapore Rigoletto використовується для поліпшення якості й аромату пшеничних сортів хліба, а саме: забезпечує значний об'єм, якісну структуру м'якушки, м'якість і свіжість виробів, надає готовій продукції насиченого смаку та унікального своєрідного аромату, властивого традиційному пшеничному хлібу, що особливо важливо для пшоняного хліба, оскільки пшоно майже не має характерного запаху.

Під час виробництва хліба з пшоном застосовували рекомендоване виробниками дозування заквасок: O-tentic Durum 4,0%; Sapore Rigoletto 1–3% від маси борошна [484, 485]. Із метою поліпшення структурно-механічних властивостей нового хліба та підвищення вмісту фітостеринів у рецептуру вводили ферментний препарат Pentopan BG500. Для обґрунтування рецептурного складу пшоняного хліба проводили пробні випікання. Контрольний зразок хліба готували із пшеничного борошна, сухих заквасок, солі кухонної та води питної (із розрахунку на 43% вологості тіста). Для приготування дослідних зразків частину пшеничного борошна заміняли на пшоно, відварене до напівготовності, у кількості 20, 30 та 40% із додаванням ферментного препарату Pentopan BG500 у кількості 5 г на 100 кг борошна. Рецептури контрольного та дослідних зразків хліба наведено в табл. 5.6.

Результати визначення показників якості контрольного та дослідних зразків хліба з пшоном подано в табл. 5.7. Отримані результати показують, що введення пшона в рецептуру хліба впливає на його зовнішній вигляд, а саме на форму верхньої скоринки.

У контрольного зразка вона має значно випуклішу форму. У міру додавання пшона вона змінюється: від добре випуклої форми (20% пшона) до майже пласкої (40% пшона).

Поверхня контрольного зразка є гладкою, без тріщин і великих підривів. Поверхня виробів із додаванням пшона шорсткувата, причому ступінь

шорсткості зростає зі збільшенням вмісту пшона. Зразок із додаванням 40% пшона має шорстку, нерівну поверхню з невеликими тріщинами та підривами. Колір скоринки у всіх зразків є світло-коричневим, без підгорілості [486].

М'якушка контрольного зразка і зразків із 20% та 30% пшона м'яка, добре пропечена, еластична, не волога на дотик, рівномірно забарвлена, з добре розвиненою пористістю. Зразок із 40% пшона характеризується м'якою, пропеченою, але недостатньо еластичною, трохи вологою на дотик, дещо ущільненою м'якушкою. Колір м'якушки в контрольного зразка білий із сіруватим відтінком, дослідні зразки мали такий самий колір і відрізнялися лише різною кількістю жовтих краплень пшона залежно від вмісту добавки.

Таблиця 5.6

Рецептурний склад хліба з пшоном

Сировина	Витрати сировини, кг			
	Хліб пшеничний (контроль)	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
Борошно пшеничне 1-го гатунку	100,0	80,0	70,0	60,0
Пшоно	–	20/50*	30/75*	40/100*
Закваска O-tentic Durum	4,0	4,0	4,0	4,0
Закваска Sapore Rigoletto	2,0	2,0	2,0	2,0
Ферментний препарат Пентопан BG500	–	0,005	0,005	0,005
Сіль кухонна кам'яна	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода	За розрахунком			
Разом	107,500	137,505	152,505	167,505

* Маса відвареного пшона.

Таблиця 5.7

Показники якості хліба з додаванням пшона

Показник	Характеристика показників якості хліба				
	Вимоги ДСТУ-П 4588:2006	Контрольний зразок (без добавки)	із заміною пшеничного борошна на пшоно, %		
			20,0	30,0	40,0
1	2	3	4	5	6
Органолептичні показники якості хліба					
Зовнішній вигляд					
форма	Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів	Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, із сильно випуклою верхньою скоринкою, без бокових впливів	Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, з добре випуклою верхньою скоринкою, без бокових впливів	Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, з дещо випуклою верхньою скоринкою, без бокових впливів	Правильна, відповідає формі, в якій проводили випікання, з плоскою верхньою скоринкою, без бокових впливів
стан поверхні	Відповідає виду виробу, без забруднення	Гладка, без тріщин і підривів, без забруднення	Шорсткувата, із помірною кількістю пшона на поверхні, без великих тріщин і підривів, без забруднення		Шорстка, нерівна, зі значною кількістю пшона на поверхні, з невеликими тріщинами та підрива!
колір скоринки	Від світло-жовтого до коричневого	Світло-коричневий, без підгорілості			
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу	М'яка, добре пропечена, еластична, без слідів непромісу, не волога на дотик	М'яка, добре пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу	М'яка, добре пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу	М'яка, але дещо ущільнена, пропечена, недостатньо еластична, дещо волога, липка на дотик

Продовження табл. 5.7

1	2	3	4	5	6
Пористість	Добре розвинена, рівномірна	Добре розвинена, рівномірна, пори середні за розміром, тонкостінні	Добре розвинена, рівномірна, стінки пор середньої товщини, дрібні та середні за розміром		Недостатньо розвинена, пори дрібні з середньою товщиною стінок, нерівномірно розподілені по товщині
Смак	Властивий цьому виду виробу, без стороннього присмаку	Добре виражений, властивий цьому виду хліба, без стороннього присмаку	Добре виражений, властивий цьому виду хліба, з незначним присмаком пшона	Добре виражений, властивий цьому виду хліба, із приємним присмаком пшона	Властивий цьому виду хліба, із сильно вираженим присмаком пшона
Запах	Властивий цьому виду виробу, без стороннього запаху	Приємний, з ароматом вершкового масла і пивними нотками, без стороннього запаху	Властивий цьому виду виробу, приємний, з ароматом вершкового масла і пивними нотками, з ледь відчутним запахом пшона		
Розжовуваність м'якушки	Добре розжовується	Добре розжовується			Трохи відчувається грудкуватість під час розжовування
Фізико-хімічні показники якості хліба					
Вологість м'якушки, %	Не більше ніж 39,0–48,0	41,5±1,2	42,0±1,2	42,8±1,2	44,9±1,2
Кислотність м'якушки, град.	Не більше ніж 2,5–5,0	3,0 ±0,1	2,9±0,1	2,9±0,1	2,9±0,1
Пористість м'якушки, %	Не менше ніж 63,0	77,1±1,0	71,5±1,0	68,3±1,0	61,5±1,0
Питомий об'єм, см ³ /г	–	3,6±0,1	3,4±0,1	3,2±0,1	2,9±0,1

Контрольний зразок характеризується середніми та великими за розміром, тонкостінними, рівномірно розташованими порами. Дослідні зразки мають трохи дрібніші за розміром пори зі стінками середньої товщини. У зразках із 20% та 30% пшона вони розташовані рівномірно, зразок із 40% має нерівномірну пористість. Усі зразки характеризуються відсутністю крихкості й грудкуватості під час розжовування, крім зразка з 40% пшона, в якому через підвищену вологість м'якушки трохи відчувається грудкуватість під час розжовування. На смак контрольний і дослідні зразки відрізняються між собою. Внесення пшона замість пшеничного борошна приводить до появи пшоняного присмаку, ледь відчутного в зразка з 20% пшона і занадто сильно вираженого в зразка з 40%. Найбільш приємним присмаком пшона характеризується зразок із 30% добавки.

Оскільки пшоно майже не має характерного запаху, усі зразки хліба характеризуються майже однаковим приємним запахом з ароматом вершкового масла і легкими пивними нотками завдяки введенню в рецептуру закваски *Sapore Rigoletto*. У дослідних зразків наявний ледь відчутний запах пшона. Результати визначення фізико-хімічних показників показують, що вологість дослідних зразків вища за контрольний зразок (41,5%) і змінюється в межах від 42,0% до 44,9%, що відповідає встановленим вимогам. Кислотність м'якушки контрольного та дослідних зразків хліба (2,9–3,0 град) не має значних розбіжностей і знаходиться в межах установлених норм [486].

Погіршення якості дослідних зразків хліба порівняно з контрольним відзначається за показниками пористості м'якушки та питомого об'єму хліба. У міру збільшення дозування пшона пористість зменшується на 7,2, 11,8 та 20,2% і становить відповідно 71,5, 68,0 та 61,5%. Таким чином, зразок хліба з 40% пшона не відповідає встановленим вимогам. Аналогічна тенденція спостерігається й із показником питомого об'єму хліба, який у контрольного зразка становить 3,6 см³/г; у міру заміни борошна пшеничного на пшоно він знижується на 5,5, 11,1 та 19,4% відповідно.

Отже, проведені пробні випікання та результати визначення показників

якості пшеничного хліба з додаванням різної кількості пшона дозволяють зробити висновок про доцільність заміни борошна пшеничного на пшоно, попередньо відварене до напівготовності, у кількості 20–30%. Серед дослідних зразків саме цей хліб має органолептичні та фізико-хімічні показники, які повністю відповідають установленим вимогам стандарту. Внесення пшона в більшій кількості призводить до суттєвого зменшення пористості, питомого об'єму, погіршення стану м'якушки, верхньої скоринки, смакових властивостей хліба [486].

Таким чином, із метою забезпечення високої якості нових видів хліба з додаванням гречаного борошна і пшона необхідно провести математичне моделювання рецептурного складу та технологічних параметрів, що забезпечить поліпшення стану скоринки, м'якушки, смакових властивостей та сприятиме покращенню їх структурно-механічних характеристик.

Попередніми дослідженнями підтверджена доцільність уведення гречаного борошна замість житнього в кількості 30–40% (для хліба гречаного) та 20–30% пшона замість пшеничного борошна (для хліба пшоняного). Виявлено погіршення окремих органолептичних і фізико-хімічних показників якості нових виробів. Із метою досягнення відповідного рівня якості нової продукції необхідно провести математичне моделювання рецептурного складу та технологічних параметрів.

Для поліпшення якості та харчової цінності нових видів хліба нами запропоновано введення в рецептурний склад ферментного препарату Pentopan BG500. Відомо, що якість хліба суттєво залежить від кількості внесеного ферменту: у разі недостатнього додавання ферменту не можливо отримати позитивний технологічний ефект; передозування препарату призводить до погіршення якості хліба. Кількість внесених ферментів визначається способом тістоприготування, показниками якості клейковини, водопоглинальною здатністю борошна і багатьма іншими чинниками. Таким чином, кількість внесеного ферментного препарату вимагає ретельного обґрунтування й оптимального дозування для кожного конкретного виду виробу.

Важливим аспектом під час виробництва хлібобулочних виробів є також регулювання вологості тіста, оскільки це значною мірою впливає на вміст вільної вологи і, як наслідок, на структурно-механічні властивості тіста і якість готового виробу.

Для встановлення оптимальних дозувань препарату Pentoran BG500 та визначення необхідної вологості тіста для виробництва нових видів хліба використано математичний метод планування повного факторного експерименту. За критерій оптимізації обрано показник питомого об'єму готових виробів (Y , см³/г). На основі попередніх досліджень вибрані такі керівні чинники, що впливають на функцію відгуку: кількість ферментного препарату Pentoran BG500 (X_1) та вологість тіста (X_2). Рівні дозування ферменту визначено з урахуванням рекомендацій, викладених у розділі 3 дисертаційної роботи, та виробника, рівні вологості тіста – на основі проведених пробних випікань та вимог стандарту.

Показником якості для кожного виду хліба є максимальний питомий об'єм $Y_{1,2}$ за умови:

$$Y_{1,2} \xrightarrow{x \in \Omega} \max \quad (5.1)$$

де Y_i – значення i -ї вихідної величини;

Ω – дозволений діапазон зміни вхідних величин X_i .

Для знаходження максимальних значень показника питомого об'єму хліба була використана стандартна функція Maximize пакета Mathcad.

За результатами розрахунків знайдено, що для хліба з гречаним борошном максимальне значення Y_1 досягається при $X_1=0,142$ та $X_2=0,063$. Максимальний питомий об'єм дорівнює $Y_1=2,5$ ум. од.

Для хліба з пшоном максимальне значення Y_2 досягається при $X_1=0,176$ та $X_2=-0,015$. Максимальний питомий об'єм дорівнює $Y_1=3,3$ ум. од.

Процедуру обчислення математичної моделі, знаходження оптимальних значень вхідних параметрів, графічні ілюстрації знаходження значень вхідних параметрів наведено в додатку Д.

Обчислене значення математичної моделі має такий вигляд:

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_{1,1} + a_{1,2}x_1 + a_{1,3}x_2 + a_{1,4}x_1^2 + a_{1,5}x_2^2 + a_{1,6}x_1x_2; \\ Y_2 &= a_{2,1} + a_{2,2}x_1 + a_{2,3}x_2 + a_{2,4}x_1^2 + a_{2,5}x_2^2 + a_{2,6}x_1x_2. \end{aligned} \quad (5.2)$$

Коефіцієнти моделі мають такі числові значення:

$$\begin{aligned} a_{1,i} &= |2,47; 0,04; 0,02; -0,148; -0,163; 5 \cdot 10^{-3}|, \\ a_{2,i} &= |3,03; 0,108; -10 \cdot 10^{-3}; -0,278; -0,453; -0,025|. \end{aligned}$$

Коефіцієнти $a_{1,i}$ відносяться до гречаного хліба; $a_{2,i}$ – до пшоняного. Коефіцієнти моделі розраховано для кодovаних значень вхідних змінних.

У додатку Д також наведено дані математичної моделі в природних значеннях. Остаточна математична модель має такий вигляд:

$$\begin{aligned} Y_1e(x_1, x_2) &:= -422.673 + 126.333 x_1 + 16.636 x_2 - 16444.44 x_1^2 - 0.163 x_2^2 + 1.66 x_1 x_2 \\ Y_2e(x_3, x_4) &:= -917.42 + 781.66 x_3 + 40.81 x_4 - 30888.88 x_3^2 - .453 x_4^2 - 8.33 x_3 x_4 \end{aligned}$$

Оптимальні значення кількості внесеного ферменту та значення вологості тіста є такими:

- для хліба з гречаним борошном: $x_1=6,43 \times 10^{-3}$ кг; $x_2=50,1\%$;
- для хліба з пшоном: $x_3=6,0 \times 10^{-3}$ кг; $x_4=45,0\%$.

Дані були розраховані внаслідок математичного моделювання. Для їх перевірки та уточнення числових значень проведено додаткові дослідження, які показали, що знайдені значення дозування ферментного препарату та вологості тіста задовольняють технологічним вимогам до цих продуктів і не потребують додаткового корегування.

На основі комплексу експериментальних досліджень і результатів математичного моделювання розроблено рецептурний склад нових видів хліба оздоровчого призначення (табл. 5.8): «Гречана сила» – хліб із суміші пшеничного, житнього та гречаного борошна; «Пшоняний» – із пшеничного борошна з додаванням пшона, відвареного до напівготовності.

Таблиця 5.8

Рецептурний склад хліба з гречаним борошном і пшоном

Сировина	Витрати сировини, кг			
	Хліб житньо-пшеничний (контроль)	Хліб «Гречана сила»	Хліб пшеничний (контроль)	Хліб «Пшоняний»
Борошно пшеничне 1-го гатунку	40,0	40,0	100,0	70,0
Борошно житнє обдирне	60,0	20,0	–	–
Борошно гречане	–	40,0	–	–
Пшоно шліфоване 1-го гатунку	–	–	–	30,0/75,0*
Закваски O-tentic Slovia	4,0	–	–	–
Закваска O-tentic Durum	–	4,0	4,0	4,0
Закваска Sapore Rigoletto	–	–	2,0	2,0
Ферментний препарат Rentopan BG500	–	0,0064	–	0,006
Сіль кухонна кам'яна	1,5	1,5	1,5	1,5
РАЗОМ	105,500	105,506	107,500	152,506

*Маса відвареного пшона.

Результати досліджень органолептичних і фізико-хімічних показників якості нових видів хліба, виготовлених із використанням отриманих результатів оптимізації, підтвердили доцільність застосування обраних технологічних параметрів для підвищення якості хліба з додаванням гречаного борошна та пшона (табл. 5.9).

Розроблені вироби запропоновано виготовляти формовими масою 0,25 кг. Вихід нових видів хліба є таким: для хліба «Гречана сила» 143,0%, для хліба «Пшоняний» 151,0%, тоді як вихід контрольних виробів становить 139,0% та 138,0% відповідно. Отже, розроблені вироби характеризуються підвищеним показником виходу хліба – одного з найбільш важливих у хлібопекарському виробництві.

Таблиця 5.9

Показники якості нових видів хліба з гречаним борошном та пшоном

Показник	Хліб «Гречана сила»	Хліб «Пшоняний»
1	2	3
Органолептичні показники якості хліба		
Зовнішній вигляд		
форма	Правильна, відповідає формі, у якій проводили випікання, з дещо випуклою верхньою скоринкою, без бокових впливів	
поверхня	Шорсткувата, без великих тріщин і підривів, без забруднення	Шорсткувата, без великих тріщин і підривів, без забруднення, із помірною кількістю пшона на поверхні
колір скоринки	Коричневий, без підгорілості	Світло-коричневий, без підгорілості
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, з розвиненою пористістю, без слідів непромісу	Пропечена, еластична, з розвиненою пористістю, із вкрапленнями пшона на розрізі
Смак	Добре виражений, властивий цьому виду хліба, із приємним присмаком гречки, без стороннього присмаку	Добре виражений, властивий цьому виду хліба, із приємним присмаком пшона, без стороннього присмаку
Запах	Властивий цьому виду хліба, приємний, з добре вираженим запахом гречки, без стороннього запаху	Властивий цьому виду хліба, приємний, з ароматом вершкового масла і пивними нотками, з ледь відчутним запахом пшона
Фізико-хімічні показники якості хліба		
Вологість м'якушки, %, не більше ніж	48,5±1,2	43,5±1,2
Кислотність м'якушки, град., не більше ніж	4,9±0,2	2,9±0,1
Пористість м'якушки, %, не менше ніж	60,0±1,0	69,0±1,0
Питомий об'єм, см ³ /г, не менше ніж	2,5±0,1	3,3±0,1

5.6. Підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів

Підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів проводилось шляхом вивчення їх впливу на метаболічний статус тварин (сирійських хом'яків) в умовах часткової заміни раціону зі значним збільшенням добової калорійності та порівняння метаболічних змін з аналогічною за калорійністю дієтою, що валідовано призводить до розвитку ожиріння та порушень обміну вуглеводів і ліпідів (Додаток П).

Щоденне спостереження за експериментальними тваринами показало, що в усіх дослідних групах вони були активними, охайними, мали задовільний апетит, нормально реагували на звукові та світлові подразники, процеси сечовипускання і дефекації були в нормі, порушення дихання і судом не спостерігали. Упродовж терміну спостереження тварини дослідних груп, що знаходилися на модифікованому раціоні, мали задовільний апетит й охоче споживали їжу. Жодна з тварин не була виключена з експерименту.

У групі негативного контролю, де тварини отримували стандартизований комбінований корм для гризунів, не відзначалося жодних ознак атипового набору ваги. Параметри динаміки маси тіла відповідали віковим та фізіологічним особливостям для цього виду тварин [487]. За п'ять тижнів спостереження тварини набрали в середньому 12,2 г (табл. 5.10).

За умов модельної дієти з високим вмістом жирів та фруктози вірогідне збільшення ваги реєструвалося вже на четвертий тиждень дослідження. На останню добу експерименту показник середньої маси тіла в цій групі був вірогідно вищий на 9,2%, ніж аналогічний параметр у групі НК ($p < 0,05$). За п'ять тижнів дослідження середній приріст ваги в цій групі склав 28,4 г. Поступове збільшення ваги в цій групі співвідноситься зі збільшенням калорійності раціону майже в 1,5 разу, а також гіперфагією, пов'язаною з коректорами смаку та прогресуючою лептинорезистентністю [488].

Таблиця 5.10

Динаміка маси тіла сирійських хом'яків за умови вживання модифікованого раціону ($M \pm SEM$, $n = 7$)

Експериментальна група	Маса тіла, г					
	Вихідна	1-й тиждень	2-й тиждень	3-й тиждень	4-й тиждень	5-й тиждень
НК	160,1±2,5	163,1±2,7	165,7±3,2	167,3±2,9	168,9±2,7	172,3±2,7
ПК	159,7±1,9	164,3±1,6	169,3±1,4	174,4±1,3	180,7±1,6*	188,1±1,7*
Дієта №1	159,0±2,1	163,0±2,5	167,6±2,6	171,4±2,5	176,7±2,4	183,6±2,5
Дієта №2	160,1±2,3	165,0±2,2	169,0±2,4	172,1±2,5	175,4±2,5	178,4±2,6
Дієта №3	160,3±2,0	164,4±2,4	168,6±2,7	172,0±2,7	176,1±2,9	181,4±3,3
Дієта №4	160,4±2,3	165,1±2,9	168,7±3,3	172,3±3,4	176,7±3,7	182,1±4,0

* Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи НК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

Під час застосування модифікованих досліджуваними продуктами харчування дієт не реєстрували статистично значущих ознак ожиріння, проте в цих групах усе ж таки відзначалася слабка тенденція до зростання ваги, що пов'язано зі збільшенням вмісту калорій у добовому раціоні. Середня вага тварин в усіх групах на останній тиждень експерименту вірогідно не відрізнялася від аналогічного показника як у групі НК, так і в групі ПК. У разі застосування дослідної дієти №1 середня маса тіла тварин за період спостереження зросла на 24,6 г, дієти №2 – на 18,3 г, дієти №3 – на 21,1 г й дієти №4 – на 21,7 г від відповідних вихідних значень. Хоча статистично значущих відмінностей між цими значеннями в дослідних групах не спостерігалось, за абсолютним показником найбільш наближеною до значень негативного контролю була група, де використовували снекові продукти зі смаженого арахісу зі смаком куркуми та часнику. Такий результат може бути наслідком того, що консистенція інших сумішей була м'якою, що зменшувало час затримання харчової маси в защічних мішках. Разом із цим технологічні властивості суміші комбікорму та снєків сприяли їх запасанню в межах ротової порожнини, що відстрочувало поглинання схованої їжі та не сприяло переїданню.

У будь-якому разі харчування за всіма різновидами дослідних дієт протягом п'яти тижнів не приводило до статистично значущих відмінностей

середньої маси тіла тварин від показників групи негативного контролю. Водночас у групі позитивного контролю модельна дієта з аналогічним калоражем, як модифікованих, викликала у тварин статистично значуще збільшення маси тіла порівняно з негативним контролем.

Для визначення характеру набору ваги в експериментальних тварин розраховували масові коефіцієнти окремих сегментів вісцеральної жирової маси. Так, згідно з літературними джерелами збільшення вмісту вісцерального жиру є характерним для метаболічних порушень, зокрема ожиріння, метаболічного синдрому та цукрового діабету другого типу, причиною розвитку яких може стати незбалансоване харчування [489; 490].

Під час лапаротомії та хірургічного вилучення сегментів жирової тканини не помічено жодних макроскопічних патологічних ознак: жирова тканина мала нормальний вигляд і анатомічне розташування, була кремово-білого кольору, без осередків жовтизни, не спостерігалось ознак надмірного ангиогенезу, на місцях кріплення до черевної порожнини не було спайок або інших патологічних утворень.

За умови звичайного збалансованого харчування стандартним комбінованим кормом у тварин групи негативного контролю не спостерігали значного розростання вісцерального жиру: вміст ретроперитонеальної жирової тканини не перевищував 0,7%, мезентеральної – 0,8% (табл. 5.11).

Уживання модельної дієти експериментальними тваринами впродовж п'яти тижнів характеризувалося збільшенням вісцерального жиру на тлі загального ожиріння. Зокрема, масовий коефіцієнт ретроперитонеальної жирової тканини вірогідно зростав у 1,7 разу, а масовий коефіцієнт мезентеральної жирової тканини вірогідно зростав у 2,4 разу порівняно з аналогічними значеннями в групі НК ($p < 0,05$), що вказує на розвиток вісцерального ожиріння за абдомінальним типом. Такий вид ожиріння вважається патологічним і корелює з розвитком метаболічних патологічних станів, зокрема гіперглікемії, інсулінорезистентності й дисліпідемії [491].

Таблиця 5.11

Масові коефіцієнти сегментів вісцеральної жирової тканини сирійських хом'яків за умови вживання модифікованого раціону ($M \pm SEM$, $n = 7$)

Експериментальна група	Ретроперитонеальна жирова тканина, г/100 г	Мезентеральна жирова тканина, г/100 г
НК	0,7±0,0	0,8±0,04
ПК	1,2±0,03*	1,9±0,05*
Дієта №1	1,0±0,03*/**	1,3±0,04*/**
Дієта №2	0,9±0,06*/**	1,1±0,06*/**
Дієта №3	1,0±0,03*/**	1,3±0,06*/**
Дієта №4	1,0±0,05*/**	1,3±0,04*/**

* Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи НК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

** Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи ПК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

За умови вживання модифікованих дієт, що були ізокалорійними до модельної дієти, також відзначалося помірне збільшення вісцерального жиру, але значно менше, ніж у групі позитивного контролю. За умови вживання раціону з молочною арахісовою пастою масовий коефіцієнт ретроперитонеальної жирової тканини вірогідно зменшувався на 15,7%, а мезентеральної – на 33,9% порівняно з групою ПК. За умови вживання раціону зі снеками масовий коефіцієнт ретроперитонеальної жирової тканини був вірогідно менший на 20,9%, а мезентеральної – на 41,0% порівняно з аналогічними параметрами в групі ПК. Дієта №3, яка мала у своєму складі гречаний хліб і арахісову олію, приводила до зменшення вмісту ретроперитонеального жиру на 17,3% й мезентерального жиру на 31,2% на 100 г маси тіла порівняно з групою позитивного контролю. Застосування до експериментальних тварин дієти з пшоняним хлібом і арахісовою олією сприяло зменшенню масових коефіцієнтів ретроперитонеальної та мезентеральної жирової тканини на 17,1% та 33,6% відповідно відносно групи ПК ($p < 0,05$).

Слід зазначити, що в усіх дослідних групах, де використовували дослідні продукти харчування як компонент раціону, спостерігалися вірогідні відмінності в показниках масових коефіцієнтів сегментів вісцеральної жирової тканини як відносно групи НК, так і відносно аналогічних показників у групі ПК. Таким чином, вміст вісцерального жиру тварин у дослідних групах займав проміжне положення, й не може бути складовою патологічного ожиріння, а здебільшого є наслідком загального набору ваги за рахунок жирової тканини. Зменшення маси вісцеральних сегментів жирової тканини може вказувати на те, що розподіл жирової ваги (на тлі збільшеного вживання калорій за рахунок дослідних продуктів) відбувався переважно за епідермальним типом із запасанням жиру в підшкірній жировій клітковині. Такий тип відкладення жирової ваги вважається фізіологічним і не призводить до тяжких патологічних станів у разі вчасного дієтологічного обмеження добового вживання калорій [492]. Хоча калорійність модельного та дослідних раціонів була однаковою, збільшення калорійності за рахунок дослідних продуктів не призводило до патологічного вісцерального ожиріння, що є коморбідним фактором розвитку інсулінорезистентності і цукрового діабету другого типу. Між дослідними параметрами серед самих дослідних груп вірогідної різниці не спостерігали, проте найменше абсолютне числове значення було отримано в групі з дієтою №2. Як і попередні результати, це може бути пояснено зменшенням гіперфагії у тварин за рахунок технологічних властивостей суміші комбінованого корму та снєків.

Для загальної оцінки вуглеводного обміну визначали базальний рівень глюкози в сироватці дослідних тварин глюкозооксидазним методом. На тлі дієто-індукованих метаболічних порушень зменшується чутливість клітин до інсуліну, що виражається в перманентній гіперглікемії та може стати причиною розвитку цукрового діабету другого типу [493].

У нашому дослідженні за умов модельної дієти значно збільшувався рівень глікемії – в 1,7 разу порівняно з негативним контролем (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Концентрація глюкози в сироватці крові сирійських хом'яків на тлі вживання модифікованого раціону ($M \pm SEM$, $n = 7$)

Експериментальна група	Глюкоза, ммоль/л
НК	4,8±0,4
ПК	8,1±0,4*
Дієта №1	6,4±0,3*/**
Дієта №2	5,2±0,3**
Дієта №3	6,5±0,4*/**
Дієта №4	6,5±0,2*/**

* Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи НК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

** Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи ПК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

Такий рівень сироваткової глюкози натще може свідчити про значну інсулінорезистентність і переддіабетичний стан, що розвинувся на тлі гіперкалорійної дієти. Високий вміст калорій у раціоні (зокрема, у вигляді фруктози та ліпідів) призводив не лише до загальних порушень вуглеводного обміну, а й до систематичної гіперфагії, що також притаманно «дієти кафетерію» [488].

Незважаючи на однакову калорійність експериментальних дієт, застосування в раціоні досліджуваних продуктів не приводило до такого різкого збільшення вмісту глюкози в сироватці натще. На тлі застосування всіх модельних дієт глікемія була вірогідно менша за таку в групі позитивного контролю, хоча й відзначалося помірне збільшення концентрації глюкози, що є наслідком тривалого вживання висококалорійного раціону. Так, за умови вживання дієти №1 вміст глюкози зменшувався на 21,0%; дієти №2 – на 36,6%; дієти №3 – на 20,1%; дієти №4 – на 20,0% відносно аналогічного показника в групі ПК ($p < 0,05$). Помітне зменшення розладів вуглеводного обміну за умов ізокалорійних дієт може свідчити про їх більшу

збалансованість за пропорційним складом поживних речовин та про менший вміст моносахаридів та інших легкозасвоюваних вуглеводів.

Слід звернути увагу, що дієта №2 на основі снекових продуктів сприяла такому рівню глікемії, що вірогідно не відрізнявся від аналогічного показника в групі НК, хоча й мав тенденцію до збільшення. На нашу думку, це пов'язано з особливостями консистенції зазначеного раціону, що дозволяв тваринам певним чином контролювати кількість уживаної їжі та обмежити вживані калорії. Також є певні дані щодо властивостей біоактивних речовин у куркумі [494] та в арахісі [495], які мають антигіперглікемічний ефект та позитивно впливають на обмін вуглеводів. Крім того, у рамках рандомізованого контрольованого дослідження було продемонстровано, що включення арахісу в раціон пацієнтів із цукровим діабетом другого типу призводило до вірогідного зменшення базальної та постпрандіальної глікемії. Автори дослідження акцентують увагу на низькому глікемічному індексі арахісу, а також на зменшеному загальному пулі вживаних вуглеводів [496].

Для оцінки загальних проявів порушення обмінів речовин та ожиріння на тлі застосування нестандартних раціонів у експериментальних тварин визначали вміст ліпідних маркерів у сироватці крові. На тлі значного профіциту калорій збільшується постачання ліпідів з їжею, посилюється синтез ліпідів у печінці, а також через ожиріння зростає фоновий ліполіз, що разом призводить до значної гіперліпідемії [497]. У цьому експерименті п'ятитижневе застосування модельної дієти з високим вмістом жирів та фруктози сприяло вірогідному збільшенню вмісту сироватки загальних ліпідів у 1,8 разу, триацилгліцеролів у 2,7 разу й загального холестеролу в 1,8 разу, що є наслідком збільшення складової частки ліпідів у раціоні й набору жирової ваги за умови такої дієти. Крім того, слід зазначити, що на тлі модельної дієти зросли обидві фракції ЛПНЩ-ХС і ЛПВЩ-ХС. Це пов'язано з особливостями ліпідного метаболізму у гризунів і вважається проатерогенним фактором, хоча й хом'яки вважаються найбільш наближеними за ліпідним профілем до людини гризунами (табл. 5.13).

Аналізуючи показники маркерів ліпідного обміну, необхідно розуміти, що всі дієти дещо відрізнялися за загальним вмістом ліпідів та містили різні пропорції ліпідного складу, тому найбільшу увагу потрібно приділяти саме тому, що калорійність раціону була збільшена майже в 1,5 разу.

Застосування дієт на основі арахісової пасти та сумішей хліба з маслом (дієти №1, №3 і №4) не приводили до статистично значущих змін показника вмісту загальних ліпідів. Значення в цих групах не мали вірогідних відмінностей ані від позитивного, ані від негативного контролю й займали проміжне значення. Але в разі вживання тваринами дієти №2 (снеки з арахісу) відзначалося вірогідне зменшення сироваткового вмісту ліпідів на 29,10% від аналогічного значення у тварин у групі ПК ($p < 0,05$).

Усі дослідні дієти сприяли помірному, але вірогідному зменшенню вмісту ТГ у сироватці крові порівняно з групою позитивного контролю. Так, у разі вживання дієти №1 рівень ТГ був меншим на 31,2%, дієти №2 – на 41,7%, дієти №3 – на 29,9%, дієти №4 – на 29,9%, що може бути наслідком зменшення надходження загальної кількості насичених жирів порівняно з модельним раціоном.

Оцінюючи вміст загального холестеролу в сироватці крові хом'яків на тлі вживання модифікованих раціонів, необхідно зауважити, що жоден із дослідних продуктів харчування не містив додаткових жирів тваринного походження, тому й не мав додаткового холестеролу. На відміну від цього, модельна дієта містила тваринний жир, масло та інші продукти, що мають у своєму складі додатковий холестерол.

Слід розуміти, що частина холестерину, яка надходить із їжею, є несуттєвою порівняно з тією, що синтезується в печінці, особливо на тлі порушення обміну ліпідів та вуглеводів [498].

За умови вживання дослідних продуктів у складі дієт відзначалося помірне зменшення вмісту ХС у сироватці крові порівняно з тваринами групи ПК, що отримували модельну дієту.

Таблиця 5.13

Вміст маркерів обміну ліпідів у сироватці крові сирійських хом'яків на тлі вживання модифікованого раціону

($M \pm SEM$, $n = 7$)

Експериментальна група	Загальні ліпіди, г/л	Триацилгліцероли, ммоль/л	Загальний холестерол, ммоль/л	Холестерол ЛПНЩ, ммоль/л	Холестерол ЛПВЩ, ммоль/л
НК	2,9±0,3	1,3±0,1	3,8±0,1	1,2±0,1	1,5±0,1
ПК	5,0±0,3*	3,6±0,2*	6,9±0,2*	3,3±0,1*	2,8±0,1*
Дієта №1	4,0±0,3	2,4±0,2*/**	5,9±0,2*/**	2,5±0,12*/**	2,6±0,1*
Дієта №2	3,5±0,2**	2,0±0,1*/**	5,2±0,2*/**	2,4±0,12*/**	2,4±0,1*
Дієта №3	3,8±0,4	2,5±0,2*/**	5,8±0,2*/**	2,5±0,12*/**	2,8±0,1*
Дієта №4	3,9±0,2	2,5±0,1*/**	5,9±0,2*/**	2,7±0,2*/**	2,8±0,2*

* Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи НК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

** Відмінності вірогідні відносно відповідних значень групи ПК, Tukey HSD test, $p < 0,05$.

Таке зменшення досягалося переважно за рахунок зменшення вмісту ЛПНЦ-ХС, а на ЛПВЦ-ХС дослідні раціони майже не впливали. За умови вживання раціону з молочною арахісовою пастою вміст ХС вірогідно зменшувався на 15,03% (ЛПНЦ-ХС – на 24,1%) порівняно з групою ПК. За умови вживання раціону зі снеками з арахісу рівень ХС був вірогідно менший на 24,2% (ЛПНЦ-ХС – на 25,2%) порівняно з аналогічним показником у групі ПК. Дієта на основі гречаного хліба й арахісової олії приводила до зменшення вмісту загального холестеролу в сироватці на 16,1% (ЛПНЦ-ХС – на 24,8%) порівняно з групою позитивного контролю. Застосування до експериментальних тварин дієти з пшоняним хлібом і арахісовою олією сприяло зменшенню рівня ХС у крові на 14,58% (ЛПНЦ-ХС – на 18,5%) відносно групи ПК ($p < 0,05$).

Отримані позитивні відмінності в ліпідному профілі на тлі застосування раціонів на основі дослідних продуктів харчування порівняно модельною дієтою, що є аналогічною за сумарною кількістю калорій, у першу чергу пов'язані з їх різним ліпідним складом. Зокрема, у застосованих продуктах харчування переважають полі- та мононенасичені жирні кислоти, водночас у модельній дієті («дієта кафетерію») переважають насичені жири. Ненасичені жири легше окиснюються та метаболізуються до важливих есенціальних сполук, у тому числі регуляторного характеру, що також можуть впливати на тканинний обмін ліпідів. Насичені жирні кислоти здебільшого запасуються в жировій тканині як резервне джерело енергії [499]. Тому результати, отримані на цьому етапі дослідження, корелюють з іншими експериментальними даними й переважно є наслідком зменшення проявів ожиріння порівняно з модельною дієтою.

Щодо змін у фракціях холестеролу, то ще раз слід акцентувати увагу на тому, що обмін холестеролу у гризунів відрізняється від такого у людей [500], тому отримані дані можна інтерпретувати таким чином: дослідні раціони призводили до значущого зменшення рівня загального холестеролу

за рахунок ЛПНЩ-ХС та не призводили до зменшення ЛПВЩ-ХС, що за характером змін відповідає дієтологічній корекції рівня холестеролу [501].

Слід відзначити, що за сумою позитивних змін у ліпідному профілі піддослідних тварин продуктом-лідером були снеки з арахісом. Це також опосередковано вказує на ймовірно менші прояви гіперфагії в разі вживання модифікованого раціону. Клінічні дослідження продемонстрували, що вживання арахісу може призводити до зменшення індексу маси тіла, фракції холестеролу ліпопротеїнів низької щільності та триацилгліцеролів [496]. Крім того, велика кількість ненасичених жирних кислот у складі арахісу може впливати на швидкість випорожнення шлунку та швидкість усмоктування вуглеводів, зменшуючи глікемічний індекс супутніх продуктів харчування.

Таким чином, у ході дослідження жодна з чотирьох експериментальних дієт не приводила до метаболічних порушень, еквівалентних таким у групі позитивного контролю. На тлі застосування дослідних раціонів відзначалося таке:

- відсутність вірогідного збільшення маси тіла порівняно зі стандартним збалансованим нормакалорійним раціоном;
- вірогідне зменшення проявів вісцерального ожиріння, а саме зменшення масових коефіцієнтів ретроперитонеальної (на 15,7–20,9%) та мезентеральної (на 31,2–41,0%) жирової тканини порівняно з позитивним контролем;
- вірогідне зменшення вмісту глюкози в сироватці крові на 20,1–26,6% порівняно з позитивним контролем;
- вірогідне зменшення сироваткового рівня триацилгліцеролів (на 29,9–26,6%) та загального холестеролу (на 14,6–24,2%) переважно за рахунок холестеролу ліпопротеїнів низької щільності (на 18,5–25,2%);
- за сумою корегувальних відмінностей продуктом-лідером був арахіс смажений зі смаком куркуми та часнику (снековий продукт), уживання

якого додатково супроводжувалося зменшенням вмісту загальних ліпідів у сироватці крові тварин на 29,1% порівняно з позитивним контролем.

5.7. Розробка харчового раціону як харчової системи зниження холестеринового тиску на організм людини

Перш за все харчовий раціон має відповідати закону раціонального харчування, а саме: його енергетична цінність, кількісний і якісний склад мають відповідати енерговитратам організму, нутрієнтний склад має бути збалансованим, він повинен включати легкоперетравлювані та добре засвоювані продукти і страви (не менше 30 страв на тиждень) [392]. Раціон повинен мати ознаки харчової системи, бути спрямованим на зниження холестеринового тиску на організм людини і включати добовий вміст фітостеролів у кількості 800–900 мг.

Крім того, раціон харчування має бути таким, щоб його можна було використовувати як на підприємствах організованого харчування (санаторіях, підприємствах харчування в готелях та ін.), так і вдома.

Мета раціону – забезпечити фізіологічно повноцінне харчування, поліпшення вуглеводного та жирового обміну, підвищення захисних сил організму і профілактику холестеринемії.

Для розробки харчового раціону користувалися вимогами ФАО/ВОЗ [502; 503] та МОЗ України [392]. Раціон включає страви, наведені у збірнику рецептур [504] та розроблені нові продукти. Харчовий раціон наведено в табл. 5.14, а його характеристику в табл. 5.15.

Аналіз даних табл. 5.15 свідчить про те, що середня енергетична цінність запропонованого раціону коливається в межах 2342,1–2400,1 ккал, середня енергетична калорійність раціону становить 2373,4 ккал, що відповідає усередненим вимогам дієт 7–10, 15 [392]. Енергетична цінність забезпечена за рахунок білків (17,3% при нормі 10–13%), жирів (40% при нормі 20–27%) за зменшеної кількості легкозасвоюваних вуглеводів (44,7%,

Таблиця 5.14

Однотижневий харчовий раціон холестеринознижувального призначення

Назва продукту, страви	Вихід, г	Вміст білка, г		Вміст жиру, г		Вміст вуглеводів, г			Вміст фітостеролів, мг	Енергетична цінність, ккал
		загальний	незамінні амінокислоти	загальний	ПНЖК+МНЖК	загальний	моно- та дисахариди	харчові волокна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перший день										
Сніданок										
Свіжі овочі (огірок)	100	0,7	–	0,1	–	2,8	1,8	0,5	14,0	11,0
Омлет, фарширований зеленим горошком	175	10,6	5,5	8,5	5,4	7,7	4,4	4,9	40,7	149,7
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,5	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочнo-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6
Сік із м'якоттю (селера і яблуко) або свіжі фрукти	200	2,1	–	0,2	–	12,8	11,2	1,2	15,0	61,4
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 0	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9
Суп-пюре з грибів і перлової крупи	250	4,0	1,8	3,0	2,3	16,0	3,3	3,8	14,5	107,5
Каша гречана з печінкою	125	7,1	2,6	2,9	1,1	17,1	0,4	1,0	39,2	123,7
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Сік яблучний з м'якоттю	200	0,8	–	0	0	23,5	22,6	0,7	12,0	97,2

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вечеря										
Курка тушкована	75	18,8	11,1	7,4	4,5	0	0	0	0	141,8
Каша пшоняна	100	2,2	1,6	1,5	1,2	26,3	1,5	1,9	31,1	129,9
Капуста тушкована	120/15	2,4	1,0	4,0	3,0	11,0	10,6	2,9	13,2	89,6
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова паста молочна	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	0,3	–	0,1	3,5	2,0
Всього		102,6	49,3	107,5	79,5	261,5	73,6	40,4	827,4	2368,1
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	–	–	47,7%	–	73,9%	–	28,1%	15,5%	–	–
Другий день										
Сніданок										
Каша рисова з молоком	200	6,9	3,3	6,8	2,4	20,6	9,8	1,0	41,5	171,2
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,5	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочно-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6
Сік із м'якоттю (селера і яблуко) або свіжі фрукти	200	2,1	–	0,2	–	12,8	11,2	1,2	15,0	61,4
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 0	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9
Суп овочевий з квасолею	250	7,5	5,4	4,1	2,8	21,5	3,5	4,3	63,0	152,9
Тріска запечена	75	9,6	7,6	0,5	0,4	0	0	0	0	42,9
Пюре картопляне з пастернаком	150	2,4	1,3	5,9	4,8	16,8	2,1	5,2	10,3	78,2

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Компот із вишні	180	0,7	0,4	0,2	0,1	25,4	24,8	0,2	4,1	106,2
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Вечеря										
Ікра бурякова	75	1,7	0,9	5,1	4,5	8,8	8,6	2,0	18,8	87,9
Хек припущений	100	17,8	15,3	2,4	1,8	0	0	0	0	92,8
Каша гречана	100	3,1	0,6	2,2	1,1	17,1	0,4	1,0	39,2	98,7
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Паста арахісова молочна	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	–	–	0,1	3,5	2,0
Всього	–	105,7	60,5	107,5	79,2	266,4	78,2	38,4	839,6	2350,1
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	–	–	57,2%	–	73,7%	–	29,4%	14,0%	–	–
Третій день										
Сніданок										
Каша вівсяна з молоком	200	7,0	5,7	3,2	1,8	23,4	6,9	2,2	48,0	150,4
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,5	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочно-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6
Сік з м'якоттю (селера і морква) або свіжі фрукти	200	1,4	0,5	0	0	4,4	1,7	2,4	24,8	23,2
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 0	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9
Борщ із квасолею та картоплею	250	2,8	0,6	5,5	4,0	16,3	10,5	2,0		125,0

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Телятина тушкована	50	17,0	9,9	3,3	1,5	0,4	0	0	0	102,0
Каша гречана	100	3,1	0,6	2,2	1,1	17,1	0,4	1,0	39,2	98,7
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Сік виноградний	200	0,7	0	0	0	29,0	27,5	0	12,0	118,8
Вечеря										
Баклажани, фаршировані овочами	150	4,2	2,6	6,8	4,8	27,8	9,9	4,4	0	189,2
Курка тушкована	50	12,0	7,4	4,9	3,0	0	0	0	0	94,5
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова паста молочна	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	–	–	0,1	3,5	2,0
Всього	–	102,1	53,0	106,0	78,2	271,8	74,7	35,5	834,7	2400,6
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	–	–	51,9%	–	73,8%	–	27,5%	13,1%	–	–
Четвертий день										
Сніданок										
Запіканка з сиру зі сметаною	75/15	14,6	11,4	3,8	3,1	12,8	7,3	0,4	0	147,2
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,5	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочно-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6
Сік із м'якоттю (селера і яблуко) або свіжі фрукти	200	2,1	–	0,2	–	12,8	11,2	1,2	15,0	61,4
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 0	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Юшка рибна	250	11,3	7,7	5,5	4,3	14,0	0	2,0	10,0	176,01
Лосось запечений	50	9,3	5,3	1,9	1,4	0	0	0	0	57,0
Каша пшоняна	100	2,2	1,6	1,5	1,2	26,9	1,5	1,9	41,4	129,9
Сік вишневий	180	1,3	0,2	0,2	0,2	25,6	22,3	1,2	2,2	91,8
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Вечеря										
Фрикадельки рибні (сом)	50	5,9	5,2	1,0	0,6	3,4	1,6	0,4	3,0	47,5
Капуста цвітна відварна	50	0,7	0,6	4,3	1,1	2,1	1,1	0,9	9,0	91,4
Каша рисова	100	1,4	1,2	3,5	2,7	25,8	0,3	1,0	40,8	140,0
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочна паста	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	–	–	0,1	3,5	2,0
Всього	–	102,7	58,9	97,1	72,3	266,8	63,01	21,3	775,1	2400,1
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	–	–	57,4%	–	74,5%	23,7%	–	8,0%	–	–
П'ятий день										
Сніданок										
Сирники з морквою та сметаною	100	12,9	8,4	2,5	1,5	18,8	9,7	1,4	9,0	149,3
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,3	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочно-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6
Сік із м'якоттю (селера і яблуко) або свіжі фрукти	200	2,1	–	0,2	–	12,8	11,2	1,2	15,0	61,4

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 13,5	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9
Суп польовий	250	7,3	6,0	5,5	4,3	16,0	0,5	1,3	41,4	142,5
Бефстроганов	75	12,5	11,3	8,5	5,3	5,1	2,6	0,7	0	144,8
Каша гречана	100	3,1	0,6	2,2	1,1	17,1	0,4	1,0	39,2	98,7
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Напій з плодів шипшини	180	0,7	0,4	0,2	0	22,4	14,5	4,1	6,8	119,5
Вечеря										
Рагу овочеве з пшоняною кашею	235	4,5	1,1	5,6	3,9	24,9	11,3	4,3	41,4	168,0
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Арахісова молочна паста	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	-	-	0,1	3,5	2,0
Всього	-	97,0	53,5	104,8	78,1	260,5	68,0	37,3	800,5	2342,1
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	-	-	55,2%	-	74,5%	-	26,1%	14,3%	-	-
Шостий день										
Сніданок										
Омлет, фарширований зеленим горошком	175	10,6	5,5	8,5	5,4	7,7	4,4	4,9	40,7	149,7
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,5	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова молочно-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сік із м'якоттю (селера і яблуко) або свіжі фрукти	200	2,1	–	0,2	–	12,8	11,2	1,2	15,0	61,4
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 0	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9
Борщ з капустою та картоплею	250	2,5	1,1	2,8	2,0	13,5	11,3	2,3	63,0	90,0
Фрикадельки з курки	75	17,4	11,8	7,4	4,5	0	0	0	0	136,2
Пюре картопляне з пастернаком	150	2,4	1,3	5,9	4,8	16,8	2,1	5,2	10,3	78,2
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Сік сливовий	180	0,5	0,2	0,2	0,2	27,4	20,1	4,4	20,0	122,4
Вечеря										
Свіжі овочі (огірки або томати)	100	0,7	–	0,1	–	2,8	1,8	0,5	14,0	11,0
Плов із яловичини	200	14,9	11,6	4,9	2,2	36,7	6,4	1,0	47,5	250,5
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова паста молочна	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	–	–	0,1	3,5	2,0
Всього	–	105,0	57,2	110,1	81,1	261,1	75,1	43,0	858,2	2357,3
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	–	–	54,5%	–	73,7%	–	28,8%	16,5%	–	–
Сьомий день										
Сніданок										
Каша вівсяна з молоком	200	7,0	5,7	3,2	1,8	23,4	6,9	2,2	48,0	150,4
Напій з цикорію з молоком	130/50	1,3	0,7	1,6	0,9	1,2	0,1	0,5	10,0	24,4
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Арахісова молочно-шоколадна паста	25	6,5	1,8	11,2	8,5	5,9	3,8	1,3	80,6	149,8
Другий сніданок										
Арахісові снеки	60	14,3	12,7	29,0	23,8	11,6	2,5	5,6	321,2	364,6
Сік із м'якоттю (селера і морква) або свіжі фрукти	200	1,4	0,5	0	0	4,4	1,7	2,4	24,8	23,2
Обід										
Салат із селери та капусти з арахісовою олією	150/ 15	3,8/ 0	2,2/ 0	6,0/ 14,7	3,5/ 13,5	3,3/ 0	1,3/ 0	1,8/ 0	9,9/ 33,2	31,2/ 131,9
Суп-пюре із бобових	250	5,5	3,4	3,1	1,8	18,5	3,5	4,3	124,0	123,9
Курка тушкована	75	18,8	11,1	7,4	4,5	0	0	0	0	141,8
Каша гречана	100	3,1	0,6	2,2	1,1	17,1	0,4	1,0	39,2	98,7
Сік яблучний з м'якоттю	200	0,8	-	0	0	23,5	22,6	0,7	12,0	97,2
Хліб «Гречана сила»	140	10,6	3,1	2,0	1,4	55,8	3,1	8,7	70,1	282,9
Вечеря										
М'ясо тушковане	75	10,0	6,3	3,8	1,1	2,1	1,6	5,0	0	82,6
Капуста тушкована	120	2,4	1,0	4,0	3,0	11,0	10,6	2,9	13,2	89,6
Каша пшоняна	100	2,2	1,6	1,5	1,2	26,9	1,5	1,9	31,1	129,9
Хліб «Пшоняний»	70	5,5	1,7	2,2	0,8	29,8	1,5	2,2	18,8	160,9
Арахісова паста молочна	25	6,2	1,8	11,2	8,8	6,0	4,0	1,1	81,6	149,3
Чай з лимоном	200	0,2	0	0	0	-	-	0,1	3,5	2,0
Всього	-	105,1	55,9	105,3	76,5	270,3	66,6	43,9	940,0	2395,2
Б : Ж : В = 1 : 1 : 3	-	-	53,2%	-	72,6%	-	24,6%	16,2%	-	-

Таблиця 5.15

Характеристика харчового раціону холестеринознижувального призначення

Дні тижня	Енергетична цінність, щодобово (ккал)	Вміст нутрієнтів, г/% від добової калорійності							Вміст фітостеролів, мг	Формула харчового раціону (Б : Ж : В)
		білків		жирів		вуглеводів				
		загальний	у т. ч. незамінні АК	загальний	у т. ч. ПНЖК+МНЖК	загальний	у т. ч. моно- та дисахариди	у т. ч. харчові волокна		
1	2368,1	102,6/-	49,3/-	107,5/-	79,5/-	261,5/-	73,6/-	40,4/-	827,4/-	1 : 1 : 3
2	2350,1	105,7/-	60,5/-	107,5/-	79,2/-	266,4/-	78,2/-	38,4/-	839,6/-	1 : 1 : 3
3	2400,6	102,1/-	53,0/-	106,0/-	78,2/-	271,8/-	74,7/-	35,5/-	834,7/-	1 : 1 : 3
4	2400,1	102,7/-	58,9/-	97,1/-	72,3/-	266,8/-	63,01/-	21,3/-	775,1/-	1 : 1 : 3
5	2342,1	97,0/-	53,5/-	104,8/-	78,1/-	260,5/-	68,0/-	37,3/-	800,5/-	1 : 1 : 3
6	2357,3	105,0/-	57,2/-	110,1/-	81,1/-	261,1/-	75,1/-	43,0/-	858,2/-	1 : 1 : 3
7	2395,2	105,1/-	55,9/-	105,3/-	76,5/-	270,3/-	66,6/-	43,9/-	940,0/-	1 : 1 : 3
Середнє	2373,4	102,9/17,3	55,5/9,4	105,5/40	77,8/30	265,5/44,7	71,3/3,0	37,1/-	83,9/-	1 : 1 : 3
Вимоги ФАО/ВОЗ	2190,0	-/10...11	-/≥5	-/20-25	-/≥20	-/65-70	-/<10	30/	400/-	1 : 1 : 4,0...5,9
Вимоги МОЗ України	2400,0	-/11...13	-/≥6,5	-/25-27	-/≥20	-/60-64	-/<10	20...30/-	Не нормується	1 : 1 : 4,6...5,8

при нормі 60–70%) і тваринних жирів (10%).

Хімічний склад раціону: білки – 102,9 г, які на 55,5% складаються з незамінних амінокислот; жири – 105,5 г, які мають у своєму складі ПНЖК та МНЖК в кількості 77,8%; вуглеводи – 265,5 г, у тому числі 71,3 г моно- і дисахаридів (це становить 3% від добової калорійності при нормі не більше 10%) та 37,1 г харчових волокон. Вміст фітостеролів сягає 839,4 мг.

Крім того, аналіз даних табл. 5.15 свідчить про те, що розроблений раціон харчування за багатьма показниками перевершує вимоги FAO/ВОЗ та МОЗ України, а саме:

- за вмістом незамінних амінокислот (9,4% проти 5–6,5%);
- за вмістом ПНЖК та МНЖК (30% проти 20%);
- за вмістом харчових волокон (37,1 г проти 30 г);
- за вмістом фітостеролів (839,4 мг проти 400 мг).

Усі ці речовини мають значення в профілактиці атеросклерозу та інших хвороб. Фітостероли перешкоджають усмоктуванню холестерину в кишечнику. Харчові волокна адсорбують холестерин, гальмують його резорбцію в тонкій кишці. ПНЖК стимулюють окиснення холестерину.

Формула раціону має такий вигляд: Б:Ж:В = 1:1:3.

Режим харчування: уживання їжі чотири рази на день.

Із раціону виключені вироби зі здобного тіста, цукор, солодоші, концентровані жирні бульйони, жирні сорти м'яса, птиці, солоні та мариновані овочі, напої з цукром, жирні соуси, копчення, шоколад, натуральна кава.

У раціон уведено нові продукти: арахісові пасти, олії, снеки, хліб «Пшоняний» та хліб «Гречана сила». Арахісові олії введені в раціон у натуральному вигляді у зв'язку з наявністю в них ліпотропних речовин. Кількість тваринних жирів, багатих на холестерин, обмежено.

У раціоні рекомендовано використовувати нежирні види м'яса та риби, птицю, молоко, сир та страви з нього, сметану, яйця, крупи, макаронні

вироби, овочі (картопля, морква, буряк, капуста, гарбуз, селера, пастернак, цибуля та ін.), фрукти, ягоди свіжі та соки з них, чай, напій з цикорію.

До недоліків раціону харчування відноситься збільшена частка жиру, але цей жир на 73,7% складається із ПНЖК та МНЖК. Уживання такого жиру, як свідчать результати клінічних досліджень, не приводить до метаболічних порушень, зменшуються прояви вісцелярного ожиріння, знижується вміст глюкози в сироватці крові та загального холестерину переважно за рахунок холестерину невеликої щільності. Усі ці процеси сприятимуть профілактиці серцево-судинної патології та підсилять синергетичну антиоксидантну дію раціону.

У раціоні також підвищений вміст білка, але він переважно рослинний, хоча вміст незамінних амінокислот сягає 53,9%. Засвоєння білків рослинного походження становить 83–85%. Це зумовлено значним вмістом харчових волокон, які, підсилюючи перистальтику кишечника сприяють більш швидкому виведенню з організму амінокислот, що не всмокталися. Завдяки цьому підвищений вміст білка в раціоні можна вважати неважливим недоліком.

Зменшення вмісту білка та жиру в раціоні можливе лише за рахунок зниження вмісту фітостеролів. А це для розробленого раціону недопустимо: 800–900 мг фітостеролів на добу – мінімальна профілактична доза, яка має ефективність. Підвищення вмісту фітостеролів можливе тільки з використанням запропонованого нами методу ферментативного гідролізу стероїдного комплексу рослинної сировини. Таку технологічну операцію можна провести з крупами, бобовими, овочами. Це збільшить вміст фітостеролів у раціоні харчування та дасть можливість зменшити використання продуктів з арахісу, багатих на білок та жир.

Аналіз мінерального та вітамінного складу продуктів з арахісу, гречки та проса, уведених у раціон, які представлені в розділі 4, свідчить про те, що споживання нових продуктів повністю задовольняє денну потребу за вітамінно-мінеральним комплексом.

Таким чином, розроблений раціон можна використовувати як харчову систему зниження холестеринового тиску на організм людини як на підприємствах харчування готельного та ресторанного господарств, так і вдома. Як свідчать дані розділу 1, щоденний прийом фітостеролів у кількості 800–900 мг зменшує вміст «поганого» холестерину на 5%.

Висновки за розділом

1. Із позиції системного підходу розроблено модель корегування дефіциту фітостеролів у раціоні харчування з використанням продуктів з арахісу, гречки та проса. Ця модель може бути використана під час розробки інших продуктів із холестеринознижувальними властивостями інших однорідних груп.

2. На підставі дослідження споживчих мотивацій і вподобань встановлено, що споживачі все частіше звертають увагу на продукти здорового харчування, зокрема зерноборошняні продукти та продукти з арахісу. Результати анкетного опитування дали можливість встановити, що споживачі найчастіше купують такі продукти з арахісу: нерафіновану олію, солоний арахіс, арахіс із різними смако-ароматичними добавками і пасти, серед яких найбільшим попитом користуються паста з додаванням молочних інгредієнтів та горіхово-шоколадна. Найбільш популярними серед зерноборошняних продуктів є сухі сніданки, хлібобулочні та кондитерські вироби, збагачені крупи, зернові хлібці.

3. Із метою зменшення вмісту токсичних і антипоживних речовин запропоновано спосіб теплової обробки арахісу (гідротермічна обробка протягом 30–40 хв із наступним обсмаженням за температури 120°C протягом 30–35 хв), який забезпечує зниження вмісту щавлевої кислоти та її солей на 67,2–76,0%, солей Міді – на 28,8–38,0%. Перетравність білка підвищується на 20 мг тирозину.

4. Розроблено технологію отримання арахісових паст. За допомогою математичного моделювання розроблено рецептурний склад арахісових паст:

- паста арахісово-молочна: арахіс – 76,5%; сухе знежирене молоко – 10%; цукрова пудра – 10%; лляна олія – 3,5%;
- паста арахісова молочно-шоколадна: арахіс – 74,0%; сухе знежирене молоко – 10,0%; цукрова пудра – 10,0%; лляна олія – 3,5%; какао-порошок – 2,5%.

5. Розроблено технологію отримання арахісових олій. Уведення операцій детоксикації сировини, макухи, а також стадії купажування з лляною олією та олійними екстрактами з листя чорної смородини, або листя шавлії, або плодів шипшини, або часнику дає змогу отримати екологічно чисту продукцію заданого складу з високим вмістом фітостеролів.

За допомогою математичного моделювання встановлено, що для створення купажованої олії з оптимізованим жирнокислотним складом необхідне таке співвідношення олій, мас. %: арахісова – 86, лляна – 14. Для стабілізації розробленого купажу додавали олійні екстракти листя шавлії, листя чорної смородини, часнику та плодів шипшини в кількості 5% до маси купажу, що дає змогу підвищити його окисну стабільність в 1,2–1,7 разу.

6. Розроблено технологію отримання снєків з арахісу. Органолептично визначено концентрації рецептурних компонентів смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками:

- арахіс смажений зі смаком «Куркума та часник»: арахіс – 94,5%, арахісова олія – 0,5%; хлорид натрію – 1,5%; порошок куркуми – 1,5%; порошок сушеного часнику – 2%;
- арахіс смажений зі смаком «Паприка та червоний перець»: арахіс – 94,5%, арахісова олія – 0,5%; хлорид натрію – 1,5%; паприка мелена – 3,0%; порошок червоного перцю – 0,5%;
- арахіс смажений зі смаком «Васабі та орегано»: арахіс – 94,5%, арахісова олія – 0,5%; хлорид натрію – 1,5%; порошок васабі – 2,5%; орегано – 1,0%.

7. Науково обґрунтовано технології виробництва бездріжджового хліба з використанням продуктів переробки гречки й проса та ферментативного препарату Pentopan BG500. Показано, що гідролітичне розщеплення стероїдного комплексу гречки та пшона активно відбувається за режимами, які були відпрацьовані на модельних системах і рекомендовані до використання. Встановлено раціональну кількість додавання до сировини ферментного препарату Pentopan BG500: $6,43 \times 10^{-3}$ кг (для хліба з гречаним борошном) та $6,0 \times 10^{-3}$ кг (для хліба з пшоном).

Проведені пробні випікання та результати визначення показників якості нових видів хліба дозволили встановити оптимальне дозування гречаного борошна в кількості 30–40% від загальної маси борошна та пшона, попередньо відвареного до напівготовності, у кількості 20–30%. На основі комплексу експериментальних досліджень та результатів математичного моделювання розроблено рецептурний склад нових видів хліба оздоровчого призначення – «Гречана сила» та «Пшоняний».

8. Медико-біологічними дослідженнями підтверджено профілактичну ефективність розроблених продуктів. Доведено, що їх уживання не призводить до метаболічних порушень. При цьому показано: відсутність вірогідного збільшення маси тіла, зменшення проявів вісцерального ожиріння, зменшення вмісту глюкози в сироватці крові, зменшення загального холестерину за рахунок «поганого» холестерину. Установлено, що за сумою корегувальних відмінностей продуктом-лідером був арахіс смажений зі смако-ароматичними добавками.

9. Розроблено раціон харчування як харчову систему зниження холестеринового тиску на організм людини, який можна використовувати і на підприємствах харчування, і вдома. Показано, що розроблений раціон харчування перевершує вимоги ФАО/ВОЗ та МОЗ України за вмістом незамінних амінокислот, ПНЖК та МНЖК, харчових волокон, фітостеролів. Доведено припущення, що за умови вживання раціону вміст «поганого» холестерину знижується на 5%.

РОЗДІЛ 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ НОВИХ ХОЛЕСТЕРИНОЗНИЖУЮЧИХ ПРОДУКТІВ З АРАХІСУ, ГРЕЧКИ ТА ПРОСА

6.1. Оцінка якості арахісових паст і зміни під час зберігання

Для оцінки органолептичних показників якості нових паст на основі арахісу було застосовано дескрипторно-профільний метод дегустаційного аналізу [505]. Було складено експертну комісію з шести викладачів кафедри товарознавства та експертизи товарів ХДУХТ. За результатами описів сенсорних відчуттів експертів був складений глосарій дескрипторів. Після уточнення термінів дескрипторів експерти продегустували зразки нових продуктів і оцінили в них інтенсивність кожного запропонованого терміна за шкалою від 0 до 5 (0 – ознака відсутня; 1 – лише впізнавана або відчувається; 2 – слабка інтенсивність; 3 – помірна інтенсивність; 4 – сильна інтенсивність; 5 – дуже сильна інтенсивність). Арахісові пасту оцінювалися за зовнішнім виглядом, кольором, запахом, смаком і консистенцією. Отримані результати дегустації подано у вигляді профілограм на рис. 6.1.

Зовнішній вигляд арахісових паст не мав проявів негативних властивостей. Дескриптори «пастоподібна маса», «однорідний колір поверхні», «маса без ознак розшарування», «дрібнодисперсна маса» мали дуже сильну інтенсивність у всіх зразках. «Блискучість поверхні» характеризувалася дуже сильною інтенсивністю в арахісово-молочній пасті, а в молочно-шоколадній пасті цей дескриптор мав сильну інтенсивність за рахунок додавання какао-порошку. Дескриптор «гладкість поверхні» в обох пастах був сильної інтенсивності.

За кольором пасту відрізняються таким чином: в арахісово-молочній пасті наявні жовтий та кремовий відтінки помірної інтенсивності та світло-коричневий відтінок сильної інтенсивності. У пасті з додаванням какао-порошку колір однорідний, темно-коричневий, сильної інтенсивності.

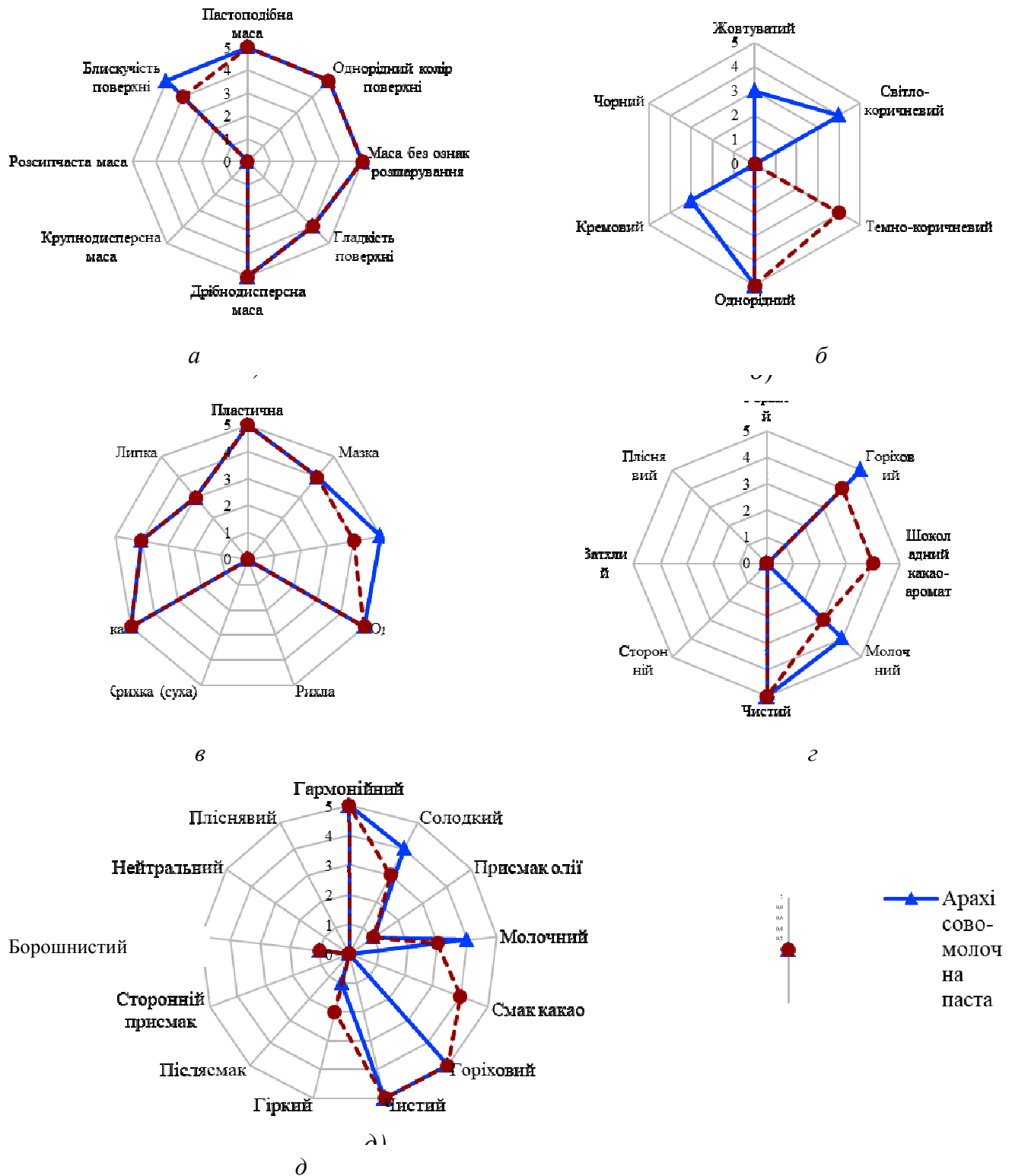


Рис. 6.1. Сенсорний профіль зовнішнього вигляду (а), кольору (б), консистенції (в), запаху (г) і смаку (д) арахісових паст

За консистенцією арахісові пасти мали дуже виражену пластичність, однорідність і в'язкість. Дескриптор ніжності мав дуже сильну інтенсивність в арахісово-молочній пасті, на відміну від молочно-шоколадної (сильної інтенсивності). Уведення до складу пасти какао-порошку дещо зменшує інтенсивність цього дескриптора. Обидві пасти характеризуються мазкою та в'язкою консистенцією сильної інтенсивності та липкістю помірної інтенсивності.

Аромат арахісових паст не мав проявів негативних властивостей і характеризувався чистим запахом дуже сильної інтенсивності. Також найвищою інтенсивністю характеризується горіховий запах в арахісово-молочній пасті, дещо меншу інтенсивність цей дескриптор має в пасті з додаванням какао, адже в ній наявний також сильний шоколадний аромат і помірний молочний.

Для характеристики смаку дегустатори відзначили дескриптори «гармонійний», «чистий», «горіховий» як дуже інтенсивні. Дескриптори «солодкий» та «молочний» більше виражені в арахісово-молочній пасті, ніж у молочно-шоколадній. Пастам властиві ледь помітні гіркуватий присмак лляної олії та борошністий присмак за рахунок сухого молока, що зовсім не псує загального враження. За результатами дослідження встановлено характеристики органолептичних показників якості нових арахісових паст, наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Органолептичні показники арахісових паст

Показник	Характеристика	
	Паста арахісово-молочна	Паста арахісова молочно-шоколадна
Зовнішній вигляд	Пастоподібна однорідна маса з гладкою та блискучою поверхнею	
Смак і запах	Горіховий, чистий, гармонійний, у міру солодкий, із молочним присмаком, без стороннього присмаку та запаху	Горіховий, чистий, гармонійний, у міру солодкий, із шоколадно-молочним присмаком, без стороннього присмаку та запаху
Колір	Світло-коричневий із кремово-жовтим відтінком	Темно-коричневий
Консистенція	Пластична, однорідна, в'язка, ніжна, помірно мазка	

Таким чином, на основі аналізу отриманих профілограм встановлено, що всі пасти за органолептичними показниками наближені до гіпотетичного еталона.

Під час проектування складу арахісових паст слід ураховувати, що застосування молочної сировини та лляної олії з арахісом дозволяє отримувати композиції, що характеризуються покращеним амінокислотним, жирнокислотним, вітамінним, мінеральним складом порівняно з окремо взятими компонентами. Тому подальшим завданням було визначення хімічного складу та біологічної цінності нових паст (табл. 6.2–6.6).

Таблиця 6.2

Загальний хімічний склад арахісових паст, % ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 5$)

Харчова речовина	Дослідний зразок		
	Арахісова паста «Класична» ТМ «Good energy» (контроль)	Арахісово- молочна паста	Арахісова молочно- шоколадна паста
Вода	3,1	3,1	3,2
Білки	26,1	24,7	25,8
Жири	51,8	44,8	44,7
Моно- та дицукри	5,7	16,1	15,0
Клітковина	3,3	2,4	3,1
Крохмаль	4,3	3,2	3,3
Пектинові речовини	2,3	2,1	2,0
Зольні елементи	2,7	3,0	2,4
Енергетична цінність, ккал	633,0	597,2	599,1

Основу хімічного складу арахісових паст становлять жири (44,7–44,8%) та білки (24,7–25,8%). Вуглеводи представлені моно- та дицукрами (за рахунок уведення до складу цукрової пудри), клітковиною, крохмалем і пектиновими речовинами, що містяться переважно в арахісі. Загальна кількість вуглеводів коливається в межах 23,4–23,8%.

Таблиця 6.3

Амінокислотний склад білків арахісових паст (n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 10)

Амінокислота	Дослідний зразок		
	Арахісова паста «Класична» ТМ «Good energy» (контроль)	Арахісово- молочна паста	Арахісова молочно- шоколадна паста
Незамінні амінокислоти, мг/100 г			
Лейцин	1325	1465	1514
Валін	1200	1160	1231
Ізолейцин	864	783	827
Лізин	835	1000	1030
Метіонін	182	267	293
Треонін	1066	1146	1154
Триптофан	269	248	262
Фенілаланін	1286	983	1017
Усього	7027	7052	7328
Замінні амінокислоти, мг/100 г			
Цистин	317	233	243
Аланін	1027	1117	1108
Аргінін	2976	2251	2507
Аспарагінова кислота	3514	2874	2998
Гістидин	605	458	452
Гліцин	1459	1597	1578
Глутамінова кислота	5088	4534	4882
Пролін	1632	2413	2463
Серин	1267	1228	1216
Тирозин	1008	845	842
Усього	18893	17550	18289

Таблиця 6.4

Оцінка якості білка арахісових паст і їх біологічна цінність

Незамінна амінокислота	Еталон ФАО/ВОЗ	Арахісова паста «Класична» ТМ «Good energy» (контроль)		Арахісово- молочна паста		Арахісова молочно- шоколадна паста	
		С	ΔРАС	С	ΔРАС	С	ΔРАС
Лейцин	7	72,5	17,9	84,7	25,7	83,8	24,4
Валін	5	92,0	37,4	93,9	34,9	95,4	36,0
Ізолейцин	4	82,8	28,2	79,3	20,3	80,1	20,7
Лізин	5,5	58,2	3,6	73,6	14,6	72,6	13,2
Метіонін + цистин	3,5	54,6*	0,0	59,0*	0,0	59,4*	0,0
Треонін	4	102,1	47,5	116,0	57,0	111,8	52,4
Триптофан	1	103,0	48,4	100,4	41,4	101,6	42,2
Фенілаланін + тирозин	6	146,5	91,9	123,3	64,3	120,1	60,7
ΣΔРАС, %	□	□	274,8		258,3		249,6
КРАС, %	□	□	34,4		32,3		31,2
БЦ, %	□	□	65,6		67,7		68,8

Білок нових паст із арахісу містить усі 8 незамінних та 10 замінних амінокислот. Розрахована БЦ білка паст (67,7% та 68,8%) вказує на її підвищення порівняно з БЦ білка арахісу сорту Темно-червоний (60,5%) та контрольного зразка пасти (65,5%), хоча загальний вміст білка в контролі більший, ніж у пастах, тобто введення в рецептуру сухого знежиреного молока та какао-порошку сприяє покращенню амінокислотного складу готових паст.

Біологічна цінність нових арахісових паст характеризується не лише кількісним та якісним складом білка, а й жирнокислотним складом жиру.

Таблиця 6.5

Жирнокислотний склад жиру арахісових паст ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 10$)

Жирна кислота	Дослідний зразок		
	Арахісова паста «Класична» ТМ «Good energy» (контроль)	Арахісово-молочна паста	Арахісова молочно- шоколадна паста
Насичені жирні кислоти, г/100 г			
Міристинова	1,6	0,9	1,0
Лауринова	0,4	0,2	0,2
Пальмітинова	7,8	6,4	6,3
Стеаринова	1,4	2,1	2,6
Усього	11,2	9,7	10,1
Мононенасичені жирні кислоти, г/100 г			
Олеїнова	25,6	21,1	20,3
Пальмітолеїнова	0,1	0,1	0,1
Усього	25,7	21,2	20,4
Поліненасичені жирні кислоти, г/100 г			
Лінолева	13,8	11,8	11,7
Ліноленова	0,05	2,1	2,0
Усього	13,9	13,9	13,7
НЖК:МНЖК:ПНЖК	0,44:1:0,54	0,46:1:0,66	0,49:1:0,67
ω-6:ω-3	276:1	5,6:1	5,6:1

Жирнокислотний склад жиру нових арахісових паст представлений здебільшого мононенасиченими (46–47%) та поліненасиченими (30...31%) жирними кислотами. Насичені становлять лише 21–22% від загальної суми кислот. Визначено, що МНЖК представлені дієтичною олеїновою кислотою, яка добре засвоюється організмом і допомагає у профілактиці серцево-

судинних захворювань. Серед ПНЖК переважає ліолева кислота, а баланс між ω -6 та ω -3 кислотами в нових пастах становить 5,6:1, на відміну від контролю (276:1), що наближено до продуктів, призначених для лікувального харчування (ідеальним є співвідношення від 3:1 до 5:1). Таке оптимальне співвідношення було досягнуто за рахунок додавання лляної олії, що є джерелом ω -3 жирних кислот. Співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК у нових пастах становить 0,46:1:0,66 (для арахісово-молочної пасти) та 0,49:1:0,67 (для арахісової молочно-шоколадної пасти), що свідчить про те, що нові продукти є хорошим джерелом ненасичених жирних кислот. А баланс між кислотами ω -6 та ω -3 дає підставу рекомендувати їх не тільки людям для повсякденного харчування, але й для профілактичних цілей.

Таблиця 6.6

Вітамінний, мінеральний і стероїдний комплекс арахісових паст

(n = 3, P \geq 0,95, $\epsilon \leq$ 5)

Харчова речовина	Дослідний зразок		
	Арахісова паста «Класична» ТМ «Good energy» (контроль)	Арахісово-молочна паста	Арахісова молочно- шоколадна паста
Мінеральні речовини, мг/100 г			
Натрій	32,1	60,1	58,3
Калій	632	653	799
Кальцій	73,2	168	165
Магній	174,7	160	171
Фосфор	336	338	401
Залізо	4,8	2,26	3,75
Вітаміни, мг/100 г			
B ₁	0,3	0,53	0,58
B ₂	0,14	0,28	0,20
PP	12,8	10,5	10,4
C	4,7	5,1	4,8
E	8,7	10,8	10,6
Стероїдний комплекс, мг/100 г			
Кампестерин	16,1	44,2	43,6
Стигмастерин	10,4	18,9	18,7
Ситостерин	86,7	225,3	222,5
5-Авеностерин	14,2	32,0	31,6
7-Стигмастерин	1,8	5,9	5,8
Сумарний вміст	128,2	326,3	322,2

Вміст золи в нових пастах становить 2,4–3,0%. Вона представлена макро- та мікроелементами, із яких найбільшу питому вагу мають Калій, Фосфор і Магній. В арахісово-молочній пасті вміст Калію складає 653 мг/100 г, а в арахісовій молочно-шоколадній пасті – 799 мг/100 г, задовольняючи добову потребу на 26–32%. Арахісові паста за вмістом Фосфору задовольняють 34–40% добової потреби, а за вмістом Магнію – 53–57%.

Вітамінний склад паст із арахісу представлений жиророзчинним вітаміном Е, що задовольняє до 70% добової потреби в ньому, та вітамінами групи В – тіаміном і нікотиною кислотою, задовольняючи добову потребу в них на 35–38% та 50–70% відповідно.

Стероїдний комплекс нових арахісових паст значно багатший, ніж класичної арахісової паста (майже у три рази). Стероїдний комплекс арахісових паст складається здебільшого з біологічно активних фітостеролів, серед яких найбільший відсоток має β -ситостерин (69%), його вміст коливається в межах 222,5–225,3 мг/100 г продукту. При фізіологічній потребі людини у фітостеролах 300 мг на добу нові арахісові паста повністю задовольняють добову потребу в цих речовинах та майже на третину – лікувально-профілактичну дозу (1000 мг на добу), що сприятиме зниженню рівня холестерину в крові людини.

Таким чином, ураховуючи підвищену біологічну цінність білка розроблених арахісових паст і збалансований вміст у них ненасичених жирних кислот, а також багатий вітамінний та мінеральний склад, можна віднести ці продукти до групи фортифікованих і рекомендувати їх для дієтичного та профілактичного харчування осіб, до раціону яких входять продукти зі зниженим вмістом холестерину.

Під час дослідження перетравності білкового компонента розроблених арахісових паст відзначено зростання цього показника порівняно із сирим арахісом від 39,6 мг до 92,6 мг тирозину на 1 г білка як на етапі пепсинолізу (8,7 мг тирозину на 1 г білка), так і на етапі трипсинолізу (83,9 мг тирозину на 1 г білка).

Контроль якості нових арахісових паст за показниками безпечності проводили згідно з вимогами ТУ У 10.8-01566330-302:2014 «Паста арахісові», розробленими та затвердженими в установленому порядку.

З огляду на результати дослідження, викладені в розділі 3, арахіс може акумулювати різні токсичні речовини. Тому нашим завданням було встановлення відповідності нових арахісових паст за вмістом токсичних речовин показникам безпеки. Результати досліджень наведено в табл. 6.7.

Вміст оксалатів у пастах нормативною документацією не нормується, але порівняно із сировиною (146 мг/кг) цей показник значно нижчий для обох паст, хоча в арахісовій молочно-шоколадній пасті він дещо вищий, що зумовлено введенням какао-порошку, який також належить до високооксалатних продуктів.

Таблиця 6.7

Вміст залишкової кількості токсичних речовин в арахісових пастах, мг/кг

Показник	Вимоги нормативної документації	Арахісово-молочна паста	Арахісова молочно-шоколадна паста
Свинець	< 1,0	0,10	0,12
Кадмій	< 0,1	0,02	0,02
Арсен	< 0,5	Не виявлено	Не виявлено
Ртуть	< 0,01	Не виявлено	Не виявлено
Мідь	< 15,0	10,2	11,0
Цинк	< 30,0	21,6	20,8
Афлатоксин В ₁	< 0,005	Не виявлено	Не виявлено
Cs-137, Бк/кг	< 70	2,8	2,9
Sr-90, Бк/кг	< 10	5,9	6,1
Оксалати	–	87,6	96,4
Оксалатний індекс	≤ 1	0,52	0,58

Значення оксалатного індексу обох паст не перевищує 1, що свідчить про відсутність їх антипоживної дії. Ці результати підтверджують доцільність попередньої обробки арахісу за запропонованими режимами.

Мікробіологічну безпечність арахісових паст контролювали за такими показниками, як кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФМ), наявність бактерій групи кишкової палички

(БГКП), наявність патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій роду *Salmonella*, кількість пліснявих грибів і дріжджів. Дані, наведені в табл. 6.8, отримано за результатом санітарно-мікробіологічного дослідження (додаток П).

Таблиця 6.8

Мікробіологічні показники арахісових паст

Зразок	Мікробіологічні показники				
	МАФAM, КУО в 1 г	БГКП в 0,1 г	Патогенні м/о, у т.ч. <i>Salmonella</i> в 25 г	Плісняві гриби, КУО/г	Дріжджі, КУО/г
Арахісово-молочна паста	$2,7 \times 10^2$	Не виявлені	Не виявлені	< 10	< 10
Арахісова молочно-шоколадна паста	$3,5 \times 10^2$	Не виявлені	Не виявлені	< 10	< 10
Допустимі рівні за НД	5×10^4	Не допускаються	Не допускаються	< 50	< 50

Доведено, що дослідні зразки паст не містять бактерій групи кишкової палички та сальмонели. Усі інші показники коливаються в допустимих межах.

Отже, вміст токсичних речовин і мікроорганізмів у нових пастах не перевищує встановлених ГДК, що вказує на їх абсолютну безпечність.

У процесі зберігання багатих на жир харчових продуктів, якими є арахісові паста, основним видом їх псування є процес згіркнення жиру, що супроводжується утворенням альдегідів, кетонів, перекисів, погіршуючи органолептичні властивості.

Зразки арахісових паст зберігалися згідно з нормативною документацією у скляних банках за температури 5...25°C та відносної вологості повітря не більше 75%. Зміну якості арахісових паст контролювали за органолептичними (консистенція, смак, запах, колір), фізико-хімічними (вологість, перекисне число, кислотне число) та мікробіологічними показниками відразу після виготовлення паст і впродовж п'яти місяців зберігання (табл. 6.9).

Таблиця 6.9

Органолептичні показники арахісових паст під час зберігання

Показник	Тривалість зберігання паст, міс.					
	0	1	2	3	4	5
Арахісово-молочна паста						
Зовнішній вигляд	Пастоподібна однорідна маса з блискучою поверхнею					Незначне відшарування олії
Смак і запах	Горіховий, чистий, гармонійний, у міру солодкий, із молочним присмаком, без стороннього присмаку та запаху					Наявність гіркуватого присмаку
Колір	Світло-коричневий із кремово-жовтим відтінком					
Консистенція	Пластична, однорідна, в'язка, помірно мазка					Ущільнена маса з відшаруванням олії, що зникає під час перемішування
Арахісова молочно-шоколадна паста						
Зовнішній вигляд	Пастоподібна однорідна маса з блискучою поверхнею					Незначне відшарування олії
Смак і запах	Горіховий, чистий, гармонійний, у міру солодкий, із шоколадно-молочним присмаком, без стороннього присмаку та запаху					Гіркуватий присмак
Колір	Темно-коричневий					
Консистенція	Пластична, однорідна, в'язка, помірно мазка					Ущільнена маса з відшаруванням олії, що зникає під час перемішування

Видно, що зберігання арахісових паст протягом чотирьох місяців за встановлених температурних режимів не чинить негативного впливу на їх органолептичні показники. Видимі зміни спостерігалися після чотирьох місяців: відбувалася зміна консистенції (ущільнення та незначне відшарування олії на поверхні) та з'явився гіркуватий присмак.

Основними показниками, які значно впливають на зміну якості під час зберігання, є кислотне (КЧ) і перекисне (ПЧ) числа жиру. Хоча нормативною документацією ці показники не нормуються, контроль їх зміни дасть можливість визначити термін придатності паст. Показник КЧ характеризує кількісний вміст у продукті вільних жирних кислот, накопичення яких зумовлено головним чином гідролітичним розщепленням гліцеридів і, зокрема, окисними перетвореннями, що відбуваються під час окиснення. Показник ПЧ визначає вміст перекисів і гідроперекисів, що утворюються в

продукті, тому є важливим індикатором якості під час контролю продуктів окиснення. Динаміку КЧ і ПЧ паст під час зберігання наведено в табл. 6.10.

Таблиця 6.10

Динаміка КЧ і ПЧ під час зберігання арахісових паст ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\epsilon \leq 5$)

Паста	Період зберігання, міс.					
	0	1	2	3	4	5
Кислотне число, мг КОН/г						
Арахісово-молочна паста	0,48	0,52	0,63	0,76	0,96	1,36
Арахісова молочно-шоколадна паста	0,53	0,58	0,67	0,82	0,99	1,52
Перекисне число, $\frac{1}{2} O$ ммоль/кг						
Арахісово-молочна паста	2,51	2,93	3,37	4,82	7,66	10,47
Арахісова молочно-шоколадна паста	2,63	3,1	3,64	5,0	8,12	10,93

Жировою складовою паст є арахісова та лляна олія, тому значення КЧ та ПЧ порівнювали з вимогами стандарту на ці види олії. Так, кислотне число для арахісової олії має бути не більше 1,0 мг КОН/г, для лляної – не більше 2,5 мг КОН/г. Із таблиці 6.10 видно, що в дослідних зразках паст спостерігається зростання КЧ та ПЧ упродовж всього терміну зберігання. Упродовж перших двох місяців зберігання КЧ арахісових паст підвищується незначно. Від другого до четвертого місяця КЧ зростає більш активно і наближається до 1 мг КОН/г, а на кінець зберігання спостерігається стрімке підвищення КЧ до 1,36 мг КОН/г та 1,52 мг КОН/г для арахісово-молочної та арахісової молочно-шоколадної паст відповідно.

Згідно зі стандартами ПЧ для арахісової та лляної олії не має перевищувати $10 \frac{1}{2} O$ ммоль/кг. Результати досліджень ПЧ арахісових паст свідчать про перевищення цієї норми після четвертого місяця зберігання. Таким чином, зберігання паст більше чотирьох місяців призводить до сильних окисних процесів і псування продукту.

Мікробіологічну безпечність арахісових паст упродовж зберігання контролювали за такими показниками: кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, наявність бактерій групи

кишкової палички, наявність патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій роду *Salmonella*, кількість пліснявих грибів і дріжджів (табл. 6.11).

Таблиця 6.11

Мікробіологічні показники арахісових паст під час зберігання

Зразок	Мікробіологічні показники					
	Тривалість зберігання, міс.	МАФAM, КУО в 1 г	БГКП в 0,1 г	Патогенні м/о, у т.ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г	Плісняві гриби, КУО/г	Дріжджі, КУО/г
Арахісово-молочна паста	0	$2,7 \times 10^2$	Не виявлені	Не виявлені	< 10	< 10
	3	$4,3 \times 10^2$				
	5	$5,0 \times 10^3$				
Арахісова молочно-шоколадна паста	0	$3,5 \times 10^2$	Не виявлені	Не виявлені	< 10	< 10
	3	$5,8 \times 10^2$				
	5	$4,6 \times 10^3$				
Допустимі рівні за НД		5×10^4	Не допускаються	Не допускаються	< 50	< 50

Дослідження мікрофлори арахісових паст протягом усього терміну зберігання довели їх мікробіологічну безпечність.

На підставі отриманих даних про зміну органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників якості арахісових паст встановлено гарантійні терміни їх зберігання. Пасту рекомендовано зберігати не більше чотирьох місяців у сухих, добре вентиляваних приміщеннях за температури від 5°C до 25°C і відносної вологості повітря не більше 75%.

6.2. Оцінка споживних властивостей арахісових купажованих олій та їх зміни під час зберігання

Купажовані олії з екстрактами листя шавлії та чорної смородини, а також часнику і плодів шипшини оцінювалися експертами-дегустаторами за зовнішнім виглядом, кольором, смаком і запахом. Отримані результати дегустації наведені у вигляді профілограм на рис. 6.2.

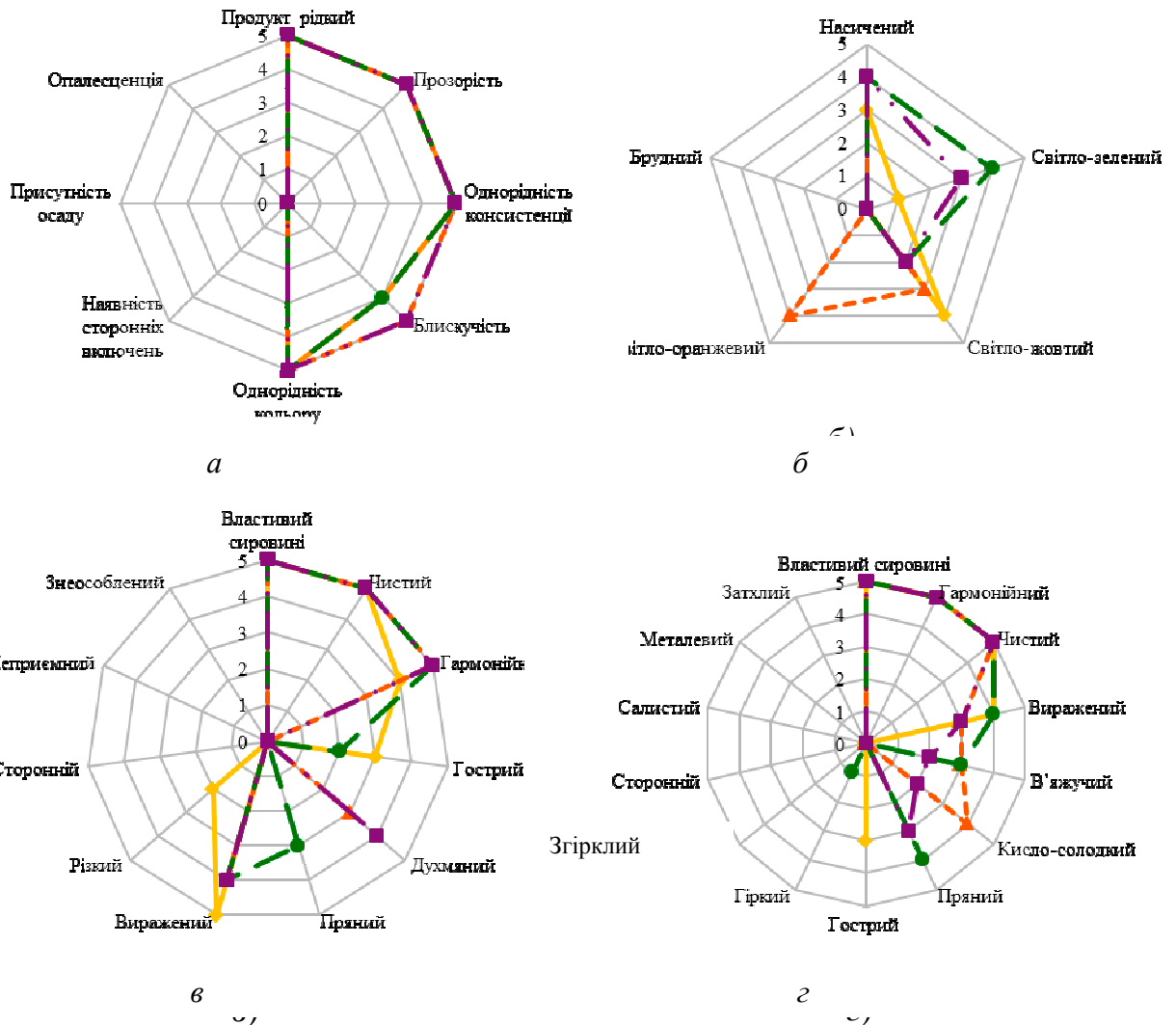


Рис. 6.2. Сенсорний профіль зовнішнього вигляду (а), кольору (б), запаху (в) і смаку (г) купажованих арахісово-лляних олій з екстрактами:

- часнику;
- плодів шипшини;
- шавлії;
- листя чорної смородини

За зовнішнім виглядом усі зразки олії – це прозорі, однорідні, рідкі продукти, що мають найвищу інтенсивність цих дескрипторів. Дескриптор «блискучість» олій з екстрактами часнику та шавлії був сильної інтенсивності, на відміну від інших, у яких цей показник був дуже сильної інтенсивності. Усі зразки не мали осаду, опалесценції та сторонніх включень.

Колір олії з екстрактом шипшини насичений із дескриптором «світло-жовтий» помірної інтенсивності та дескриптором «світло-оранжевий»

сильної інтенсивності. Олія з екстрактом часнику мала дещо меншу насиченість порівняно з іншими. Основне забарвлення цієї олії – світло-жовте (сильної інтенсивності) та ледь присутній світло-зелений відтінок. Колір олії з екстрактом шавлії мав дескриптор «світло-зелений» сильної інтенсивності з дескриптором «світло-жовтий» помірної інтенсивності, а олія з екстрактом листя чорної смородини характеризувалася дескрипторами «світло-зелений» помірної інтенсивності та «світло-жовтий» зі слабкою інтенсивністю. Колір усіх зразків був без брудних тонів.

Усі чотири зразки мали дуже сильну інтенсивність дескрипторів запаху «властивий сировині» та «чистий». Також найвищу інтенсивність дескриптора «гармонійний» мали всі зразки, окрім олії з екстрактом часнику, який мав дуже сильно виражений аромат, адже завдяки його специфічності він не всім подобається. Також цьому зразку притаманні дескриптори «гострий» помірної інтенсивності та слабко відчутний «різкий». У зразку олії з екстрактом шавлії виявлено пряний аромат помірної інтенсивності та гострий – слабкої. Олії з екстрактом плодів шипшини притаманний духмяний аромат помірної інтенсивності, а в олії з екстрактом листя чорної смородини цей дескриптор мав сильну інтенсивність. Негативні оцінки за запахом відсутні.

Дескриптори смаку «властивий сировині», «гармонійний» та «чистий» мали найвищу інтенсивність у всіх зразках олій. Сильно виражений смак притаманний оліям з екстрактами часнику та шавлії, в інших зразків цей показник помірної інтенсивності. Також олія з екстрактом часнику мала гострий смак помірної інтенсивності. Олія з екстрактом плодів шипшини мала добре виражений кисло-солодкий та помірний в'язучий смак. Олія з екстрактом шавлії у своєму смаку мала ледь помітну гірчинку, сильно пряний і помірний в'язучий смак. Олія з екстрактом листя чорної смородини мала кисло-солодкий дескриптор слабкої інтенсивності з помірним пряним і слабким в'язучим. На думку експертів, такі негативні дескриптори, як

«згірклий», «сторонній», «салистий», «металевий» та «затхлий» були відсутні.

Таблиця 6.12

Органолептичні показники купажованих олій

Показник	Арахісово-лляна олія з екстрактом			
	часнику	плодів шипшини	листя шавлії	листя чорної смородини
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна рідина з блиском, без осаду та сторонніх включень			
Смак та запах	Чистий, гармонійний, із вираженим гострим і різким, притаманним компонентам суміші смаком та запахом, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти	Чистий, гармонійний, із вираженим духмяним ароматом і кисло-солодким в'яжучим смаком, притаманним компонентам суміші, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти	Чистий, гармонійний, із вираженим пряним, ледь в'яжучим смаком, притаманним компонентам суміші, без стороннього запаху, із ледь відчутним присмаком гіркоти	Чистий, гармонійний, із досить вираженим духмяним ароматом і кисло-солодким, пряним та злегка в'яжучим смаком, притаманним компонентам суміші, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти
Колір	Світло-жовтий із зеленуватим відтінком	Світло-оранжевий із жовтуватим відтінком	Світло-зелений із жовтуватим відтінком	Світло-зелений із жовтуватим відтінком

Установлені в результаті профільного методу характеристики органолептичних показників якості дослідних олій наведено в табл.6.12.

Однією з найголовніших функціональних властивостей нових арахісових олій є вміст фітостеролів. У табл. 6.13 наведено характеристику стероїдного комплексу дослідних олій.

Аналіз даних таблиці 6.13 свідчить про те, що всі види арахісової олії мають приблизно однаковий стероїдний комплекс. Це пояснюється тим, що всі вони отримані за однаковою рецептурою та з одного сорту арахісу.

Таблиця 6.13

Стероїдний комплекс нових арахісових олій, мг/100 г (n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 10)

Стероїд	Арахісово-лляна олія з екстрактом			
	часнику	плодів шипшини	листя шавлії	листя чорної смородини
Кампестерин	27,4	25,0	25,5	25,7
Стигмастерин	17,8	16,2	16,6	16,7
β-ситостерин	148,2	135,0	137,8	138,8
Δ5-авеностерин	24,2	22,1	22,5	22,7
Δ7-стигмастерин	3,1	2,8	2,9	2,9
Δ7-авеностерин	0,6	0,7	0,6	0,6
Сумарний вміст	221,3	207,8	205,9	207,4

Відрізняються вони тільки видом внесеного в кількості 5% олійного екстракту. І це спричиняє невелику розбіжність за вмістом стероїдів. При цьому стероїди, які визначалися, є біологічно активними фітостеролами. У дослідних зразках олії найбільшим є вміст одного з найактивніших фітостеролів – β-ситостерину. Залежно від виду олії його вміст коливається в межах 135,0–148,2 мг/100 г продукту. Загальний вміст фітостеролів у оліях становить 201,8–221,3 мг/100 г продукту, що на 67,3–73,8% задовольняє добову потребу людини в цих речовинах та складає 20,2–22,1% від лікувально-профілактичної дози. У разі постійного вживання цих олій у крові людини буде знижуватися вміст холестерину.

Базовим критерієм харчової цінності розроблених олій є також їх жирнокислотний склад, наведений у табл. 6.14. Нові купажовані олії характеризуються низьким вмістом НЖК, що становить 7,92–8,15 г/100 г олії. МНЖК представлені олеїною (44,93–45,60 г/100 г), пальмітолеїною (0,20–0,42 г/100 г) кислотами. У незначній кількості виявлено ерукову кислоту, вміст якої коливається в межах 0,03–0,04 г/100 г. ПНЖК представлені лінолевою (35,83–36,72 г/100 г) та ліноленою (7,3–7,43 г/100 г) кислотами. Загальний вміст ненасичених кислот у купажованих оліях становить 88,63–89,76%, із них ПНЖК 43,13–44,15%, при цьому співвідношення ω-6:ω-3 =

4,9:1, а співвідношення МНЖК:ПНЖК=1:1, що відповідає нормам здорового харчування.

Таблиця 6.14

Жирнокислотний склад жиру арахісових купажованих олій

(n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 10)

Жирна кислота	Арахісово-лляна олія з екстрактом			
	часнику	плодів шипшини	листя шавлії	листя чорної смородини
Насичені жирні кислоти, г/100 г				
Міристинова	0,58	0,38	0,33	0,34
Пальмітинова	4,63	4,52	4,91	4,80
Стеаринова	2,42	2,90	2,39	2,62
Лауринова	0,23	0,24	0,18	0,17
Бегенова	0,04	0,06	0,03	0,04
Арахінова	0,05	0,05	0,08	0,07
Усього	7,95	8,15	7,92	8,05
Мононенасичені жирні кислоти, г/100 г				
Олеїнова	45,26	44,93	45,17	45,60
Ерукова	0,03	0,04	0,03	0,03
Пальмітолеїнова	0,32	0,34	0,42	0,20
Усього	45,61	45,31	45,62	45,83
Поліненасичені жирні кислоти, г/100 г				
Лінолева	36,72	36,0	36,33	35,83
Ліноленова	7,43	7,32	7,38	7,30
Усього	44,15	43,32	43,71	43,13
НЖК:МНЖК:ПНЖК	0,17:1:1	0,18:1:1	0,17:1:1	0,18:1:1
ω-6:ω-3	4,9:1	4,9:1	4,9:1	4,9:1

Контроль якості нових арахісових купажованих олій за показниками безпечності проводили згідно з вимогами ТУ У 10.4-01566330-301:2014 «Олії арахісові купажовані», розробленими та затвердженими в установленому порядку. Контролювали вміст в оліях токсичних елементів, пестицидів, мікотоксинів і радіонуклідів. Результати досліджень наведено в табл. 6.15.

Вміст токсичних елементів, пестицидів, мікотоксинів і радіонуклідів у оліях купажованих не перевищує гранично допустимих концентрацій, установлених у МБВ № 5061 та ГН 6.6.1.1-130, що свідчить про безпечність нових розробок.

Таблиця 6.15

Вміст залишкової кількості токсичних речовин в арахісових
купажованих оліях, мг/кг

Показник	Вимоги нормативної документації	Арахісово-лляна олія з екстрактом			
		часнику	плодів шипшини	листя шавлії	листя чорної смородини
ГХЦГ-гамма ізомер	< 0,05	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Гептахлор	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
ДДТ, мг/кг	< 0,1	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Афлатоксин В ₁	< 0,005	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Зеараленон	< 1,0	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Цезій-137, Бк/кг	< 30	4,23	3,66	4,98	4,82
Стронцій-90, Бк/кг	< 100	10,95	12,27	12,81	11,94
Свинець	< 0,1	0,04	0,013	0,03	0,04
Кадмій	< 0,05	0,003	0,004	0,004	0,003
Арсен	< 0,1	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Ртуть	< 0,03	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Мідь	< 0,5	0,32	0,30	0,28	0,23
Цинк	< 5,0	2,1	1,82	1,90	1,43
Залізо	< 5,0	2,5	2,8	3,0	2,2

Для визначення змін споживних властивостей арахісових купажованих олій під час зберігання було досліджено зразки арахісово-лляної олії без додавання екстрактів і з дослідними екстрактами. Усі зразки зберігали в пляшках із темного скла в затемненому приміщенні за температури не вище 25°C та відносної вологості повітря не вище ніж 85% протягом 14 місяців.

Зміну якості контролювали за органолептичними (зовнішній вигляд, колір, смак і запах) та фізико-хімічними (перекисне число, кислотне число) показниками. У табл. 6.16 наведено дані про зміну органолептичних показників арахісових купажованих олій під час зберігання.

Аналіз даних таблиці 6.16 засвідчує, що купажована олія з екстрактами відразу після розливу та через 12 місяців зберігання мала властиві компонентам суміші запах і смак, без сторонніх запахів, присмаків і гіркоти, світло-жовтий колір із зеленуватим відтінком, а купаж із екстрактом плодів шипшини – з оранжевим відтінком. В оліях, що зберігалися протягом 9–12 місяців, з'являвся слабкий осад, що не є бракувальним фактором. Поява слабого осаду є наслідком осадження найдрібніших частинок воскоподібних речовин, які можуть залишатися в олії під час її виробництва. Олія без екстрактів, що зберігалася більше 12 місяців, набула слабозатхлого запаху і присмаку легкої гіркоти, що є причиною перебігу в ній процесу згіркнення. Арахісово-лляна олія з екстрактом листя шавлії від початку зберігання й до кінця не змінила смаку та запаху, а ледь відчутний присмак гіркоти властивий для доданого екстракту.

Колір олії без екстрактів став дещо світлішим. Знебарвлення олії зазвичай відбувається внаслідок розпаду каротиноїдів під час тривалого зберігання. Згідно з наведеними даними в олії без екстрактів, що зберігалася більше 12 місяців, з'явилося легке помутніння над осадом, яке може бути причиною якого може бути самогідратація олії за умови тривалого зберігання. Олія без додавання екстрактів зберігала свої високі органолептичні властивості протягом восьми місяців, а потім почала псуватися, водночас олії з додаванням екстрактів протягом усього терміну зберігання мали високі органолептичні показники.

Важливими показниками, які впливають на зміну якості олій під час їх зберігання, є кислотне (КЧ) і перекисне (ПЧ) числа жиру.

Нормативною документацією на купажовані олії встановлено норми цих показників під час випуску з підприємства (КЧ не більше 2,5 мг КОН/г; ПЧ не більше 6,0 $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг) та наприкінці зберігання (КЧ не більше 4,0 мг КОН/г; ПЧ не більше 10,0 $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг).

Динаміку КЧ і ПЧ арахісових купажованих олій під час зберігання наведено в табл. 6.17.

Таблиця 6.16

Органолептичні показники арахісових купажованих олій під час зберігання

Показник	Тривалість зберігання олій, міс.		
	0–8	9–12	13–14
Арахісово-ляна олія без додавання екстрактів (контроль)			
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна масляниста рідина без осаду та сторонніх включень	Масляниста рідина зі слабким осадом	Масляниста рідина з легким помутнінням над осадом
Колір	Світло-жовтий із зеленуватим відтінком		Блідий із ледь жовтуватим відтінком
Смак і запах	Притаманний компонентам суміші, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти		Слабозатхлий запах із присмаком легкої гіркоти
Арахісово-ляна олія з екстрактом часнику			
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна масляниста рідина без осаду та сторонніх включень	Масляниста рідина зі слабким осадом	
Колір	Світло-жовтий із зеленуватим відтінком		
Смак і запах	Притаманний компонентам суміші, з вираженим гострим та різким, притаманним компонентам суміші смаком і запахом, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти		
Арахісово-ляна олія з екстрактом плодів шипшини			
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна масляниста рідина без осаду та сторонніх включень	Масляниста рідина зі слабким осадом	
Колір	Світло-оранжевий із жовтуватим відтінком		
Смак і запах	Притаманний компонентам суміші, з вираженим духмяним ароматом та кисло-солодким в'язучим смаком, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти		
Арахісово-ляна олія з екстрактом листя шавлії			
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна масляниста рідина без осаду та сторонніх включень	Масляниста рідина зі слабким осадом	
Колір	Світло-зелений із жовтуватим відтінком		
Смак і запах	Притаманний компонентам суміші, з вираженим пряним, ледь в'язучим смаком, без стороннього запаху, з ледь відчутним присмаком гіркоти		
Арахісово-ляна олія з екстрактом листя чорної смородини			
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна масляниста рідина без осаду та сторонніх включень	Масляниста рідина зі слабким осадом	
Колір	Світло-зелений із жовтуватим відтінком		
Смак і запах	Притаманний компонентам суміші, з досить вираженим духмяним ароматом та кисло-солодким, пряним і ледь в'язучим смаком, без стороннього запаху, присмаку та гіркоти		

Таблиця 6.17

Динаміка КЧ і ПЧ під час зберігання арахісових купажованих
олій ($n = 3, P \geq 0,95, \varepsilon \leq 5$)

Арахісово- лляна олія	Період зберігання, міс.														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кислотне число, мг КОН/г															
Без додавання екстрактів	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,9	3,2	3,7	4,1	4,7	5,5	6,2
З екстрактом часнику	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,7
З екстрактом плодів шипшини	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,8	4,1	4,4
З екстрактом листя шавлії	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	3,1	3,4	3,6	3,7	4,1	4,4
З екстрактом листя чорної смородини	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,4	4,8
Перекисне число, $\frac{1}{2} O$ ммоль/кг															
Без додавання екстрактів	2,4	2,7	3,1	3,6	4,2	4,9	5,6	6,7	7,5	8,7	9,6	10,8	12,0	13,6	14,9
З екстрактом часнику	2,3	2,5	3,0	3,5	3,8	4,1	4,7	5,3	6,2	7,0	7,8	8,9	10,0	11,9	13,2
З екстрактом плодів шипшини	2,3	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,1	4,7	5,2	6,0	6,8	7,9	9,0	10,2	11,7
З екстрактом листя шавлії	2,2	2,4	2,7	3,1	3,4	3,6	3,9	4,4	5,0	5,7	6,5	7,3	8,2	9,1	10,2
З екстрактом листя чорної смородини	2,3	2,5	2,9	3,4	3,7	4,0	4,5	5,1	5,9	6,8	7,6	8,7	9,8	11,6	13,0

Видно, що збільшення КЧ до критичної межі в олії без додавання екстрактів спостерігається на кінець десятого місяця зберігання, тоді як цей показник в усіх оліях з екстрактами через 12 місяців зберігання не перевищує норми. Збільшення кислотного числа зумовлено здебільшого гідролізом

тригліцеридів у результаті біологічного окиснення ненасичених жирних кислот гліцеридів під дією ліпоксигеназ.

Вміст перекисів в олії виявляється раніше, ніж поява гіркуватого присмаку, що підтверджується проведеними органолептичними дослідженнями. Так, збільшення перекисного числа спостерігалось в купажі без додавання рослинних екстрактів уже через 10 місяців зберігання, його рівень знаходився на верхній межі норми. В олійних купажах із додаванням природних антиоксидантів перекисні сполуки перевищили свій рівень тільки після 12 місяців зберігання, окрім купажу з екстрактом листя шавлії, який досяг верхньої межі лише на чотирнадцятому місяці зберігання – $10,2 \frac{1}{2}$ О ммоль/кг.

На підставі результатів дослідження можна зробити висновок, що арахісові купажовані олії з рослинними екстрактами мають більш тривалий термін зберігання, ніж без екстрактів, який становить 12 місяців у пляшках із темного скла в затемненому приміщенні за температури не вище 25°C та відносної вологості повітря не вище ніж 85%.

Таким чином, ці купажовані олії являють собою харчові продукти підвищеної біологічної цінності, які мають збалансований склад поліненасичених жирних кислот та є стабільними до окиснювального псування. Розроблені купажі можна рекомендувати для людей із підвищеним рівнем холестерину в крові для запобігання розвитку атеросклерозу, захворювань шлунково-кишкового тракту, серцево-судинних і шкірних захворювань. Крім того споживання купажованих олій дасть змогу вирішити проблеми профілактики дефіциту ПНЖК ω -3 групи, а також надлишкової ваги та передчасного старіння.

Використання зазначених олійних екстрактів у складі арахісово-лляного купажу дозволяє розширити асортиментний перелік олій із високими споживними властивостями.

6.3. Якість і безпечність смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками та їх зміни під час зберігання

Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками з натуральної сировини «Куркума та часник», «Паприка та червоний перець», «Васабі та орегано» оцінювалися експертами-дегустаторами за зовнішнім виглядом, кольором, смаком і запахом. Результати дегустації наведено у вигляді профілограм на рис. 6.3.

Дескриптор зовнішнього вигляду «цілісність ядра» в усіх трьох зразків мав сильну інтенсивність, за рівномірністю покриття добавкою й однорідністю забарвлення зразки зі смаком «Куркума та часник», «Паприка та червоний перець» мали найвищу інтенсивність. Це пояснюється тим, що куркума та паприка добре забарвлюють жировмісні продукти, тому додавання арахісової олії сприяло кращому розподіленню смако-ароматичної добавки. Ці зразки мають покриття сильної інтенсивності. У зразка арахісу зі смаком «Васабі та орегано» ці показники дещо менше виражені. Дескриптор «інтенсивність покриття смако-ароматичною добавкою» в цього зразка також менш значущий порівняно з іншими. Смако-ароматична добавка, обсипана з горіхів, в усіх зразках наявна в незначній кількості. Сторонніх домішок дегустаторами не виявлено.

За кольором усі зразки різнилися між собою. Дескриптор «насичений» був дуже сильної інтенсивності у зразків зі смаком «Куркума та часник», «Паприка та червоний перець» і помірної інтенсивності у зразка арахісу зі смаком «Васабі та орегано». Колір арахісу зі смаком «Куркума та часник» був світло-жовтий дуже сильної інтенсивності, «Паприка та червоний перець» – світло-червоний з цегляним відтінком помірної інтенсивності, «Васабі та орегано» – світло-зелений сильної інтенсивності.

Як свідчать профілі, усі зразки мають приємний, властивий сировині запах. За насиченістю більшою інтенсивністю відзначилися зразки арахісу зі смаком «Куркума та часник» та «Паприка та червоний перець», на відміну від арахісу зі смаком «Васабі та орегано».

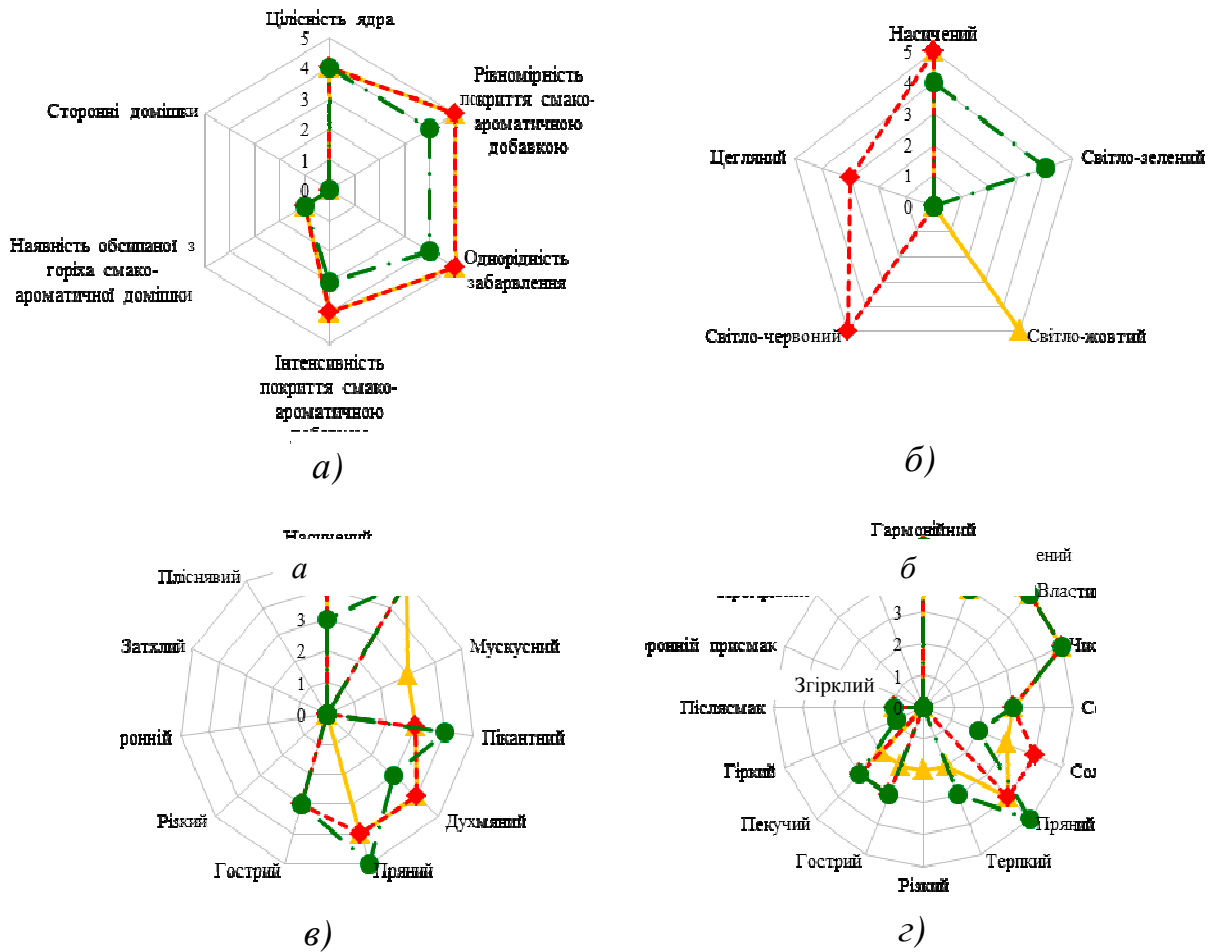


Рис. 6.3. Сенсорний профіль зовнішнього вигляду (а), кольору (б), запаху (в) і смаку (г) смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками:

- ▲— «Куркума та часник»
- ◆— «Паприка та червоний перець»
- «Васабі та орегано»

Зразок арахісу зі смаком «Куркума та часник» характеризувався також духмяним та пряним запахом сильної інтенсивності з помірним пікантним і мускусним. Арахіс зі смаком «Паприка та червоний перець» відзначився пряним та духмяним ароматом сильної інтенсивності та помірним гострим і пікантним. Найбільший імпульс дескриптора «пряний» відзначено в зразка арахісу зі смаком «Васабі та орегано», дескриптор «пікантний» у ньому мав сильну інтенсивність, а «гострий» та «духмяний» – помірну. Різкого,

стороннього, затхлого та пліснявого запаху в зразках дегустаторами відзначено не було.

Під час дегустації всі експерти відзначили відсутність негативних ознак смаку в дослідних зразках арахісу. Навпаки, такі хороші властивості, як «гармонійний», «чистий», «властивий сировині» смак притаманні всім трьом зразкам і мають дуже сильну інтенсивність. Дескриптор «насичений» мав у зразках сильну інтенсивність, «солоний» – помірну. Дескриптор «солодкий» був більш притаманний арахісу зі смаком «Паприка та червоний перець», а «пряний» – притаманний більше арахісу зі смаком «Васабі та орегано». Терпкий, різкий, гострий та пекучий смак зі слабкою інтенсивністю дегустатори відзначили в зразка зі смаком «Куркума та часник». Гострий та пекучий смак із помірною інтенсивністю більш притаманний арахісу зі смаком «Паприка та червоний перець» та «Васабі та орегано». Ледь відчутний гіркуватий смак притаманний арахісу зі смаком «Васабі та орегано». Також дегустатори відзначили для всіх трьох зразків ледь відчутний приємний післясмак.

За результатами профільного методу встановлені характеристики органолептичних показників якості дослідженого смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками, які наведено в табл. 6.18.

Хімічний склад нових продуктів близький до складу арахісу-сировини, але є деякі відмінності, зумовлені введенням додаткових інгредієнтів і впливом технологічних чинників, які впливають на харчову та біологічну цінність одержаного продукту. Результати досліджень загального хімічного складу смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками наведено в табл. 6.19.

Таблиця 6.18

Органолептичні показники смаженого арахісу зі смако-ароматичними
добавками

Показник	Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками		
	«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	«Васабі та орегано»
Зовнішній вигляд	Ядра горіхів цілі, з однорідним забарвленням, рівномірно притрушені смако-ароматичними добавками, без сторонніх домішок		
Смак та запах	Насичений, чистий, гармонійний, пікантний, у міру солоний, властивий застосовуваній сировині, пряний, мускусний, злегка пекучий, терпкуватий та різкуватий, без сторонніх присмаків і запахів	Насичений, чистий, гармонійний, пікантний, у міру солоний, властивий застосовуваній сировині, пряний, солодкуватий, злегка гострий і пекучий, без сторонніх присмаків та запахів	Насичений, чистий, гармонійний, пікантний, у міру солоний, властивий застосовуваній сировині, пряний, гіркуватий, злегка гострий і пекучий, терпкуватий, без сторонніх присмаків та запахів
Колір	Світло-жовтий	Світло-червоний із цегляним відтінком	Світло-зелений

Таблиця 6.19

Загальний хімічний склад смаженого арахісу зі смако-ароматичними
добавками, % (n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 5)

Харчова речовина	Смажений арахіс без добавок (контроль)	Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками		
		«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	«Васабі та орегано»
Волога	3,2	3,2	3,2	3,3
Білки	24,1	23,8	24,0	23,7
Жири	48,5	48,3	48,2	48,2
Моно- та дицукриди	4,5	4,2	4,4	4,3
Крохмаль	5,8	5,7	5,6	5,5
Клітковина	4,3	4,8	5,1	4,9
Пектинові речовини	5,1	4,6	4,4	4,3
Зола	3,5	4,5	4,3	4,8

Таблиця 6.20

Характеристика стероїдного комплексу смаженого арахісу
зі смако-ароматичними добавками ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 10$)

Харчова речовина	Смажений арахіс без добавок (контроль)	Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками		
		«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	«Васабі та орегано»
Мінеральні речовини, мг/100 г				
Натрій	320	217	215	211
Калій	706	704	702	698
Кальцій	82	106	108	110
Магній	176	181	183	188
Фосфор	376	388	376	378
Залізо	1,52	3,76	3,88	4,06
Вітаміни, мг/100 г				
B ₁	0,08	0,83	0,78	0,76
B ₂	0,09	0,09	0,11	0,07
PP	13,9	13,0	14,2	13,9
C	0,8	6,0	5,0	5,8
E	6,1	6,3	6,7	6,2

Основні речовини хімічного складу розроблених продуктів зі смаженого арахісу – це жири (48,2–48,3%) та білки (23,7–24,0%), що містяться безпосередньо в арахісі. Вуглеводи представлені моно- та дицукрами, клітковиною, крохмалем і пектиновими речовинами загальною кількістю 19,0–19,5%. Масова частка золи коливається в межах 4,3–4,8%.

Із мінеральних речовин переважають Калій, Фосфор та Магній, із вітамінів – B₁, PP та E (табл. 6.20).

У таблиці 6.21 надано характеристику стероїдного комплексу смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками.

Аналіз даних таблиці 6.21 свідчить про те, що нова снекова продукція багата на фітостероли. При цьому між видами продукції різниця невелика. Це пов'язано з тим, що для їх виробництва використовується однаковий сорт арахісу. Найбільший вміст серед визначених фітостеролів має β -ситостерин – 370,0–375,4 мг/100 г залежно від виду продукції. Загальний вміст фітостеролів у нових видах снекової продукції коливається в межах 527,7–535,3 мг/100 г, що на 175,9–178,4% задовольняє добову потребу людини в цих речовинах та складає більше 50% від лікувально-профілактичної дози.

Отримані результати дозволяють рекомендувати нову снекову продукцію для людей із підвищеним рівнем холестерину в крові.

Таблиця 6.21

Характеристика стероїдного комплексу смаженого арахісу
зі смако-ароматичними добавками ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 10$)

Стероїд	Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками, мг/100 г		
	«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	«Васабі та орегано»
Кампестерин	63,7	63,2	62,8
Стигмастерин	27,4	27,2	26,9
β -ситостерин	375,4	372,5	370,0
$\Delta 5$ -авеностерин	53,2	52,8	52,5
$\Delta 7$ -стигмастерин	9,9	9,9	9,8
$\Delta 7$ -авеностерин	5,7	5,7	5,7
Сумарний вміст	535,3	531,3	527,7

Варто зазначити, що гідротермічна обробка арахісу з наступним обсмаженням покращує перетравність білків порівняно із сирим арахісом та становить 59,6 мг тирозину на 1 г білка. Численні біологічно активні компоненти обраної пряно-ароматичної сировини забезпечують її високий антиоксидантний потенціал. Тому метою цього блоку досліджень було визначення окисної стабільності розроблених продуктів зі смаженого арахісу.

Час повільного окиснення жирів називається періодом індукції. У цей час антиоксиданти захищають жирні кислоти від впливу окиснювальних факторів.

Кінетика поглинання кисню зразками олій, вилучених зі смаженого арахісу, зі смако-ароматичними добавками наведена на рис. 6.4.

Найбільшим періодом індукції характеризується зразок олії зі смаженого арахісу зі смако-ароматичною добавкою «Куркума та часник». Це свідчить про найбільший вміст у ньому антиоксидантів, що гальмують окиснення. За ним слідують зразки олії зі смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками «Васабі та орегано» і «Паприка та червоний перець». Найменший період індукції зафіксовано в олії зі смаженого арахісу

без добавок, що вказує на найменшу антиоксидантну здатність порівняно з іншими зразками.

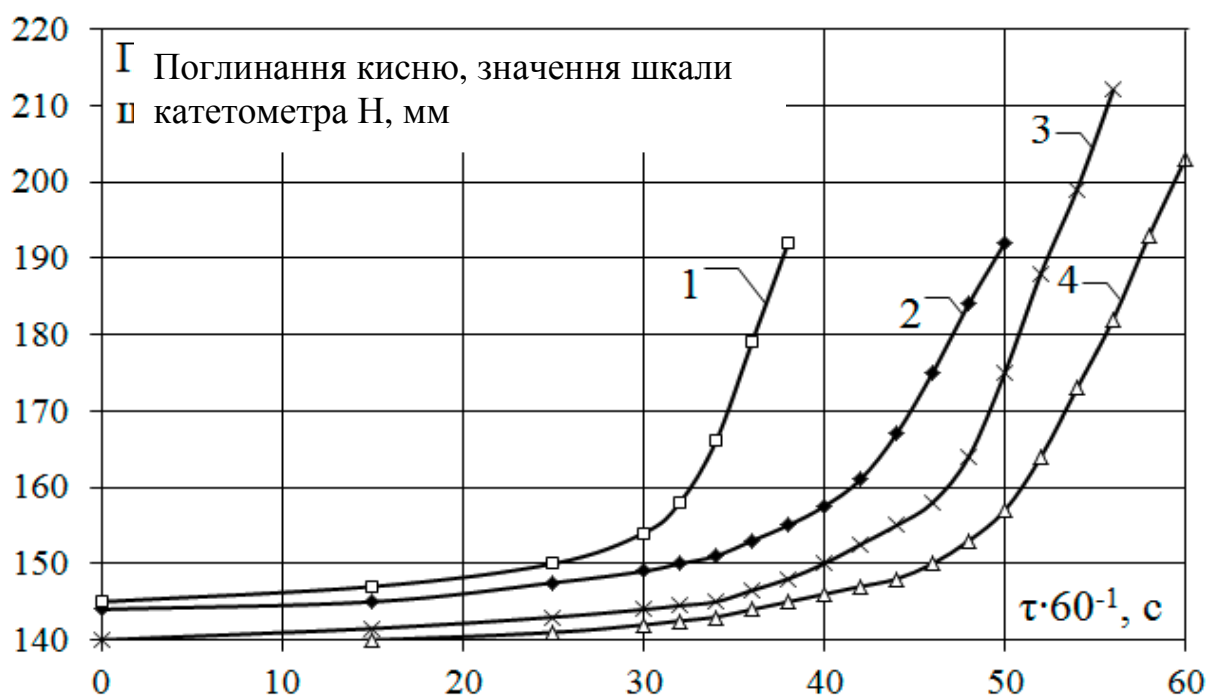


Рис. 6.4. Кінетика поглинання кисню зразками олій, виготовлених зі смаженого арахісу, зі смако-ароматичними добавками: 1 – контроль (смажений арахіс без добавок); 2 – «Паприка та червоний перець»; 3 – «Васабі та орегано»; 4 – «Куркума та часник»

У табл. 6.22 наведено кінетичні параметри окиснення дослідних зразків олії зі смаженого арахісу з добавками з натуральної пряно-ароматичної сировини.

За відношенням періодів індукції можемо характеризувати відносну стійкість до окиснення. Так, дослідні зразки смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками мають інгібуючий ефект і можуть підвищувати окисну стабільність жиру продукту в 1,29–1,51 разу. За вмістом антиоксидантів і відносною стійкістю до окиснення дослідні зразки арахісу залежно від уведених смако-ароматичних добавок можна поставити в такий ряд: «Куркума та часник» > «Васабі та орегано» > «Паприка та червоний перець».

Таблиця 6.22

Кінетичні параметри ініційованого 0,1 М АІБН окиснення олії
зі смаженого арахісу за 75°C із додаванням смако-ароматичних добавок

Зразок	Період індукції, τ, с	Концентрація антиоксидантів (у перерахунку на токоферол), мг%	Відносна стійкість до окиснення
Зразок №1 – контроль (смажений арахіс без добавок)	1920	80,2	1,00
Зразок №2 – «Паприка та червоний перець»	2520	103,4	1,29
Зразок №3 – «Васабі та орегано»	2820	114,8	1,43
Зразок №4 – «Куркума та часник»	3000	121,4	1,51

Контроль якості смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками за показниками безпечності проводили згідно з вимогами ТУ У 10.3-01566330-303:2014 «Арахіс смажений зі смако-ароматичними добавками», розробленими та затвердженими в установленому порядку. Результати дослідження вмісту токсичних елементів, пестицидів, мікотоксинів і радіонуклідів наведено в табл. 6.23. Показано, що пестицидів, мікотоксинів, арсену та ртуті в смаженому арахісі з добавками виявлено не було. Радіонукліди та солі важких металів не перевищували значень, установлених нормативною документацією. Вміст оксалатів у арахісі нормативною документацією не нормується, але, порівнюючи результати із сировиною (175 мг/кг), бачимо, що цей показник значно нижчий, а за рахунок попередньої обробки сировини оксалатний індекс коливається в межах 0,51–0,52 та не перевищує 1.

Мікробіологічну безпечність смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками контролювали за такими показниками, як наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) та кількість пліснявих грибів (табл. 6.24).

Результати свідчать, що мікробіологічні показники смаженого арахісу знаходяться в нормі (додаток П). Отже, всі три види смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками є безпечними для вживання.

Таблиця 6.23

Вміст залишкової кількості токсичних речовин у смаженому арахісі
зі смако-ароматичними добавками, мг/кг

Показник	Вимоги нормативної документації	Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками		
		«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	«Васабі та орегано»
ГХЦГ-гамма ізомер	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Гептахлор	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
ДДТ	< 0,1	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Афлатоксин В ₁	< 0,005	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Зеараленон	< 1,0	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Цезій-137, Бк/кг	< 70	4,96	4,58	4,37
Стронцій-90, Бк/кг	< 10	6,23	6,0	5,89
Свинець	< 0,5	0,12	0,13	0,12
Кадмій	< 0,1	0,015	0,013	0,014
Арсен	< 0,3	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Ртуть	< 0,05	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Мідь	< 15,0	10,3	11,0	10,8
Цинк	< 100,0	30,3	30,8	30,0
Оксалати	–	55,6	56,2	56,4
Оксалатний індекс	≤ 1	0,52	0,52	0,51

Таблиця 6.24

Мікробіологічні показники смаженого арахісу зі смако-ароматичними
добавками

Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками	Мікробіологічні показники	
	БГКП в 0,1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г
«Куркума та часник»	Не виявлено	< 10
«Паприка та червоний перець»	Не виявлено	< 10
«Васабі та орегано»	Не виявлено	< 10
Допустимі рівні за НД	Не допускаються	< 1×10 ³

Таблиця 6.25

Органолептичні показники смаженого арахісу зі смако-ароматичними
добавками під час зберігання

Показник	Тривалість зберігання смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками, міс.		
	3	6	9
Зовнішній вигляд	Арахіс смажений зі смаком куркуми та часнику; зі смаком паприки та червоного перцю; зі смаком васабі та орегано		
	Ядра горіхів цілі, з однорідним забарвленням, рівномірно притрушені смако-ароматичними добавками, без сторонніх домішок	Ядра горіхів цілі, з неоднорідним забарвленням, наявність на дні пакування незначної кількості обсіпаної смако-ароматичної добавки	
Смак і запах	Арахіс смажений зі смаком куркуми та часнику		
	Насичений, чистий, гармонійний, пікантний, у міру солоний, властивий застосовуваній сировині, пряний, мускусний, злегка пекучий, терпкуватий та різкуватий, без сторонніх присмаків і запахів	Наявний незначний гіркуватий післясмак і затхлий запах	
	Арахіс смажений зі смаком паприки та червоного перцю		
	Насичений, чистий, гармонійний, пікантний, у міру солоний, властивий застосовуваній сировині, пряний, солодкуватий, злегка гострий і пекучий, без сторонніх присмаків і запахів	Наявний незначний гіркуватий післясмак і затхлий запах	
	Арахіс смажений зі смаком васабі та орегано		
	Насичений, чистий, гармонійний, пікантний, у міру солоний, властивий застосовуваній сировині, пряний, гіркуватий, злегка гострий і пекучий, терпкуватий, без сторонніх присмаків і запахів	Наявний незначний гіркуватий післясмак і затхлий запах	
Колір	Арахіс смажений зі смаком куркуми та часнику світло-жовтий		
	Арахіс смажений зі смаком паприки та червоного перцю світло-червоний із цегляним відтінком		
	Арахіс смажений зі смаком васабі та орегано світло-зелений		

Разом із дослідженнями споживних властивостей смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками велике значення має питання тривалості зберігання, під час якого в них відбуваються фізичні, хімічні, біохімічні та

мікробіологічні процеси, зумовлені взаємодією складових частин продукту, температурними та іншими умовами, що призводять до погіршення органолептичних показників якості, зниження харчової й біологічної цінності та інших небажаних процесів. Тому метою подальшої роботи було вивчення цих змін, виявлення залежностей між ними, встановлення науково-обґрунтованих умов і термінів зберігання нових продуктів.

Зміни споживних властивостей смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками під час зберігання досліджували за органолептичними (зовнішній вигляд, колір, смак і запах), фізико-хімічними (перекисне число, кислотне число) та мікробіологічними показниками. Дослідні зразки зберігали в герметичних пакетах із біаксіально орієнтованого поліпропілену за температури не вище ніж ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) та відносної вологості повітря не більше 75% протягом дев'яти місяців. Зміни органолептичних показників смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками наведено в табл. 6.25. Протягом шести місяців зберігання колір, смак і запах арахісу майже не змінилися. На кінець зберігання незначно обсипалася смако-ароматична добавка з поверхні та з'явився незначний гіркуватий післясмак і затхлий запах, що свідчить про прогресуючі окисні процеси.

Динаміку КЧ і ПЧ смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками під час зберігання наведено в табл. 6.26.

Збільшення кислотного та перекисного чисел свідчить про гідролітичні та окисні процеси жирів, що відбуваються під час зберігання арахісу. За 9 місяців зберігання кислотне число всіх зразків збільшилося в 1,4–1,5 рази та залишалось нижче граничної межі (2,3 мг КОН/г). Показано, що найшвидше окисні процеси відбуваються у зразку арахісу зі смаком васабі та орегано. У кінці зберігання його ПЧ збільшилося у 2,1 рази порівняно з початком зберігання і становило $13,8 \frac{1}{2}$ О ммоль/кг. Найменше окисним процесам піддавався арахіс зі смаком куркуми та часнику. Його ПЧ досягло верхньої межі норми ($10 \frac{1}{2}$ О ммоль/кг) лише на восьмому місяці зберігання. Високу стійкість до окиснення цього зразка можна пояснити наявністю у складі

арахісу зі смако-ароматичною добавкою «Куркума та часник» куркуміну та аліцину – потужних антиоксидантів природного походження. Інші ж зразки за цим показником перевищили норму вже після шостого місяця зберігання.

Таблиця 6.26

Динаміка КЧ і ПЧ під час зберігання смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 5$)

Смажений арахіс із добавками	Період зберігання, міс.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кислотне число, мг КОН/г										
«Куркума та часник»	1,34	1,39	1,43	1,50	1,58	1,65	1,73	1,80	1,91	2,05
«Паприка та червоний перець»	1,40	1,46	1,51	1,59	1,67	1,76	1,88	1,97	2,06	2,12
«Васабі та орегано»	1,55	1,61	1,69	1,76	1,81	1,90	1,98	2,05	2,14	2,21
Перекисне число, $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг										
«Куркума та часник»	4,9	5,1	5,5	5,8	6,2	6,9	7,8	8,7	10,0	12,2
«Паприка та червоний перець»	6,5	6,8	7,1	7,5	8,0	8,7	9,6	10,7	11,9	13,0
«Васабі та орегано»	6,6	6,9	7,2	7,8	8,3	9,0	9,9	11,2	12,4	13,8

Мікробіологічні дослідження зразків проводилися за такими показниками, як наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) і кількість пліснявих грибів (табл. 6.27).

Результати дослідження довели, що дослідні зразки відповідають вимогам мікробіологічної безпеки.

Отже, на підставі результатів досліджень смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками під час його зберігання були встановлені рекомендовані умови та гарантовані терміни зберігання, а саме зберігання в пакетах із біаксіально орієнтованого поліпропілену за температури ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) та відносної вологості повітря не більше 75% упродовж шести місяців.

Таким чином, можна відзначити, що розробка нових продуктів з арахісу високої якості та з доступною ціною сприятиме розширенню асортименту та створенню альтернативного попиту на товари підвищеної біологічної цінності.

Із метою дослідження перспективи впровадження нових продуктів у виробництво науковцями кафедр технічного напрямку ХДУХТ і фахівцями підприємства ТОВ «Торгівельний дім «СВАТ» були проведені дегустації. Їх результати затверджено протоколами, які наведено в додатку Р. Вони свідчать про високі органолептичні властивості нової продукції на основі арахісу та позитивні рекомендації спеціалістів щодо виведення їх на ринок.

Таблиця 6.27

Мікробіологічні показники смаженого арахісу
зі смако-ароматичними добавками

Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками	Тривалість зберігання, міс.	Мікробіологічні показники	
		БГКП в 0,1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г
«Куркума та часник»	0	Не виявлені	< 10
	3		
	6		
	9		
«Паприка та червоний перець»	0	Не виявлені	< 10
	3		
	6		
	9		
«Васабі та орегано»	0	Не виявлені	< 10
	3		
	6		
	9		
Допустимі рівні за НД		Не допускаються	< 1×10 ³

6.4. Визначення харчової цінності нових видів хліба та їх зміни під час зберігання

Споживну цінність нових видів хліба з гречаним борошном та пшоном визначали за їх харчовою, біологічною та енергетичною цінністю, ступенем перетравлюваності білкових речовин, збереженням свіжості під час зберігання. У табл. 6.28 наведено результати розрахунку хімічного складу нових видів хліба з гречаним борошном та пшоном на 100 г готового виробу та дані про покриття добової потреби організму людини в основних харчових речовинах та енергії. Енергетичну цінність розроблених видів хліба

розраховували, виходячи з їх хімічного складу. Для оцінювання ступеня забезпечення добової потреби людини у важливих фізіологічно-функціональних інгредієнтах визначали інтегральний скор дослідних хлібних виробів за умови вживання встановленої денної норми хліба – 277 г [436].

Для розрахунку обрано категорію населення I групи інтенсивності праці віком 30–39 років (жінки). Біологічну цінність білків нових видів хліба з додаванням гречаного борошна і пшона визначали за скором незамінних амінокислот.

Із наведених даних видно, що внесення гречаного борошна та пшона підвищує вміст білка в нових видах хліба на 18,1% (хліб «Гречана сила») та 8,5% (хліб «Пшоняний») порівняно з контрольними зразками, що дозволяє за умови вживання денної норми хліба забезпечити добову потребу людини в білку на 40,6% та 41,5% проти 34,5% та 38,2% відповідно в контрольних зразках.

Завдяки підвищеному вмісту жиру в гречаному борошні та пшоні (порівняно з житнім і пшеничним борошном відповідно) нові види хліба характеризуються дещо більшим його вмістом (1,37 г проти 1,07 г для гречаного хліба), а деякі види – суттєвим збільшенням цього показника (у три рази для пшоняного хліба). Загальний вміст вуглеводів нових видів хліба порівняно з контрольними знижується на 5,6% (у гречаному) та на 9,2% (у пшоняному).

Покращується співвідношення білків і вуглеводів: у контрольних зразках воно становить 1,0:6,5; у хлібі «Гречана сила» – 1,0:5,2; у хлібі «Пшоняний» – 1,0:5,4 за оптимального співвідношення від 1,0:4,0 до 1,0:5,0.

Вміст харчових волокон у хлібі «Гречана сила» майже не відрізняється від вмісту контрольного зразка і становить 6,22 г/100 г. Внесення пшона замість пшеничного борошна збільшує цей показник на 24,6%, який становить 3,13 г/100 г. Таким чином, нові хлібні вироби можна вважати джерелом харчових волокон, оскільки їх вміст перевищує 3 г/100 г продукту, тобто задовольняє більше 10% добової потреби людини в цьому важливому

Харчова цінність нових видів хліба та покриття добової потреби організму людини
за умови вживання 277 г виробів ($n = 3, P \geq 0,95, \varepsilon \leq 5$)

Складові	Добова потреба, г	Вміст поживних та біологічно активних речовин			
		у 100 г хліба		Покриття добової потреби організму людини за умови вживання 277 г хліба, %	
		Хліб житньо-пшеничний (контроль)	Хліб «Гречана сила»	Хліб пшеничний (контроль)	Хліб «Пшоняний»
Вода, г	–	42,8 / –	44,1 / –	41,5 / –	42,6 / –
Білки, г	52,0	6,45 / 34,5	7,62 / 40,6	7,18 / 38,2	7,79 / 41,5
Жири, г	53,0	1,07 / 5,6	1,37 / 7,2	1,04 / 5,4	3,06 / 16,3
Вуглеводи, г	304,0	42,2 / 38,4	39,8 / 36,3	46,7 / 42,7	42,5 / 38,7
Харчові волокна, г	30,0	6,53 / 60,3	6,22 / 57,4	2,52 / 23,3	3,14 / 29,0
Мінеральні речовини, мг					
Кальцій	1100,0	25,56 / 6,4	20,92 / 5,3	21,4 / 5,4	31,39 / 7,9
Магній	350,0	38,80 / 30,7	76,87 / 60,8	32,12 / 25,4	45,55 / 36,0
Фосфор	1200,0	115,50 / 26,7	142,75 / 33,0	84,15 / 19,4	120,54 / 27,8
Ферум	17,0	2,14 / 35,4	2,98 / 48,6	1,55 / 25,3	1,83 / 29,8
Вітаміни, мг					
В ₁	1,3	0,142 / 30,3	0,191 / 40,7	0,16 / 34,1	0,19 / 40,5
В ₂	1,6	0,05 / 8,7	0,08 / 13,9	0,037 / 6,4	0,038 / 6,6
РР	16,0	0,77 / 13,3	1,64 / 28,4	1,35 / 23,4	1,28 / 22,2
Е	15,0	0,97 / 17,9	0,84 / 15,5	1,11 / 20,5	1,51 / 27,9
Каротиноїди, мг	5,0	–	0,04 / 2,3	–	0,06 / 3,3
Фітостерини, мг	300	24,54 / 22,7	50,06 / 46,2	12,63 / 11,7	26,81 / 24,7
Енергетична цінність, кДж	1900	862 / 30,0	846 / 29,6	945 / 32,9	962 / 33,5

функціональному інгредієнті. Нові види хліба характеризуються підвищеною біологічною цінністю, а саме підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних сполук, фітостеролів. Зокрема, заміна житнього борошна на гречане приводить до підвищення вмісту вітаміну В₁ на 34,5%; вітаміну В₂ – на 60,0%; вітаміну РР – на 113,0%, забезпечуючи добову потребу людини в цих вітамінах на 40,7%; 13,9% та 28,4% відповідно. Хліб «Пшоняний» порівняно з контрольним зразком характеризується збільшенням кількості вітаміну В₁ на 18,8%; вітаміну В₂ – на 2,7%; вітаміну Е – на 36,0%.

У нових хлібних виробках значно покращується мінеральний склад, особливо за вмістом Магнію, Фосфору та Феруму. За умови вживання денної норми хліба «Гречана сила» добова потреба людини в Магнії задовольняється на 60,8%; Ферумі – на 48,6%; Фосфорі – на 33,0%, що значно перевищує ці показники в контрольному зразку – 30,7%; 35,4% та 26,7% відповідно. Установлено збільшення вмісту мінеральних сполук у хлібі «Пшоняний» порівняно з контрольним зразком: Магнію – на 41,8%; Феруму – на 18,1%; Фосфору – на 43,2%.

Унаслідок розрахунку енергетичної цінності виробів виявлено приблизно однакову калорійність нових видів хліба порівняно з контрольними зразками. Уживання денної норми хліба «Гречана сила» дозволяє задовольнити добову потребу в енергії на 29,6%, хліба «Пшоняний» – на 33,5%.

У результаті визначення якісного і кількісного складу стероїдного комплексу виробів (табл. 6.29) установлено, що нові види хліба за вмістом фітостеролів більше ніж у 2 рази перевищують контрольні зразки.

У хлібі «Гречана сила» їх сумарна кількість складає 50,06 мг/100 г проти 24,54 мг/100 г у контрольному зразку; у хлібі «Пшоняний» – 26,81 мг/100 г проти 12,63 мг/100 г відповідно. Основним фітостеролом хлібних виробів є β-ситостерин, який має холестеринознижувальний ефект. Його вміст від сумарної кількості стеролів становить 78,1% (для хліба «Гречана сила») та 70,0% (для хліба «Пшоняний»)

Таблиця 6.29

Стероїдний комплекс нових видів хліба (n = 3, P ≥ 0,95, ε ≤ 10)

Стероїди, мг/100 г	Хліб житньо- пшеничний (контроль)	Хліб «Гречана сила»	Хліб пшеничний (контроль)	Хліб «Пшоняний»
Кампестерин	7,3	9,49	3,47	5,59
Стигмастерин	0,43	0,38	0,096	1,87
β-ситостерин	16,45	39,09	8,63	18,78
Δ5-авеностерин	0,36	1,1	0,43	0,57
Сумарний вміст	24,54	50,06	12,63	26,81

Споживання нових видів хліба дозволяє забезпечити добову потребу на 46,2% (хліб «Гречана сила») та 24,7% (хліб «Пшоняний»). За умови щоденного споживання хлібобулочних виробів нові види хліба на основі продуктів переробки гречки і проса можна розглядати як поширене та доступне джерело рослинних стероїдів, вироби з холестеринознижувальним ефектом і використовувати в оздоровчому і лікувально-профілактичному харчуванні для підтримання здорового стану серце-судинної системи.

Оскільки нові види хліба з гречаним борошном та пшоном характеризуються підвищеним вмістом білка, ми вважали за доцільне визначити біологічну цінність білка нових виробів за його амінокислотним скором. У табл. 6.30 та 6.31 наведено дані щодо амінокислотного складу білка та розрахунки його біологічної цінності.

Установлено, що білок нових видів хліба містить усі 8 незамінних та 10 замінних амінокислот. Білок хліба «Гречана сила» лімітований за такими амінокислотами: валін (90,8%), ізолейцин (91,5%), лейцин (91,1%), лізин (69,3%) та треонін (81,8%); білок хліба «Пшоняний» – за валіном (84,8%), ізолейцином (92,5%), лізином (65,6%) та треоніном (87,3%).

Слід відзначити, що порівняно з контрольними зразками нові вироби характеризуються більшими значеннями амінокислотного скору за ізолейцином, лізином, метіоніном, цистином, треоніном, триптофаном,

Таблиця 6.30

Амінокислотний склад білків нових видів хліба ($n = 3$, $P \geq 0,95$, $\varepsilon \leq 10$)

Амінокислота	Вміст амінокислот, мг/100 г хліба			
	Хліб житньо-пшеничний (контроль)	Хліб «Гречана сила»	Хліб пшеничний (контроль)	Хліб «Пшоняний»
Незамінні амінокислоти				
Валін	289	346	311	330
Ізолейцин	235	279	263	288
Лейцин	423	486	500	638
Лізин	225	290	230	281
Метіонін	100	145	115	155
Треонін	208	249	250	272
Триптофан	85	105	96	111
Фенілаланін	290	349	321	365
Усього	1855	2249	2086	2440
Замінні амінокислоти				
Цистин	146	181	147	145
Аланін	253	306	235	428
Аргінін	303	489	317	322
Аспарагінова кислота	373	520	347	398
Гістидин	134	171	146	162
Гліцин	265	363	291	268
Глутамінова кислота	1756	1769	1991	1902
Пролін	602	533	675	657
Серин	277	347	329	401
Тирозин	196	250	237	265
Усього	4205	4929	4715	4948
Загальна кількість амінокислот	6060	7178	6801	7388

Оцінка якості білка нових видів хліба та їх біологічна цінність

Незамінна амінокислота	Еталон ФАО/ВООЗ	Хліб житньо-пшеничний (контроль)			Хліб «Гречана сила»			Хліб пшеничний (контроль)			Хліб «Пшоняний»		
		Вміст, мг/100 г білка	АКС, %	ΔРАС	Вміст, мг/100 г білка	С, %	ΔРАС	Вміст, мг/100 г білка	С, %	ΔРАС	Вміст, мг/100 г білка	С, %	ΔРАС
Валін	50	44,8	89,6	26,1	45,4	90,8	21,5	43,3	86,6	28,4	42,4	84,8	19,2
Ізолейцин	40	36,3	90,8	27,3	36,6	91,5	22,2	36,6	91,5	33,3	37,0	92,5	26,9
Лейцин	70	65,6	93,6	30,1	63,8	91,1	21,8	69,6	99,4	41,2	81,9	117,0	51,4
Лізин	55	34,9	63,5*	0,0	38,1	69,3*	0,0	32,0	58,2*	0,0	36,1	65,6*	0,0
Метіонін + цистин	35	38,1	108,9	45,4	42,8	122,3	53,0	36,5	104,3	46,1	38,5	110,0	44,4
Треонін	40	32,2	80,5	17,0	32,7	81,8	12,5	34,8	87,0	28,8	34,9	87,3	21,7
Триптофан	10	13,2	132,0	68,5	13,8	138,0	68,7	13,4	134,0	75,8	14,2	142,0	76,4
Фенілаланін + тирозин	60	75,3	125,5	62,0	78,6	131,0	61,7	77,7	129,5	71,3	80,9	134,8	69,2
ΣΔРАС, %	□	□	□	276,4	□	□	261,4	□	□	324,9	□	□	309,2
КРАС, %	□	□	□	34,6	□	□	32,7	□	□	40,6	□	□	38,6
БЦ, %	□	□	□	65,4	□	□	67,3	□	□	59,4	□	□	61,4

Примітка. АКС – амінокислотний скор, %; ΔРАС – розбіжність амінокислотного скору, %; БЦ – біологічна цінність.

* Перша лімітуюча кислота.

фенілаланіном та тирозином, а також валіном (для хліба «Гречана сила») та лейцином (для хліба «Пшоняний»). Дещо знижується цей показник за лейцином (для хліба з додаванням гречаного борошна) та за валіном (для хліба із пшоном). Першою лімітуючою незамінною амінокислотою в усіх виробках є лізин, проте в нових виробках його скор вищий, ніж у контрольних зразках: для гречаного хліба він становить 69,3% проти 63,5%; для пшоняного – 65,6% проти 58,2%. Отже, амінокислотний склад білка нових видів хліба більшою мірою, ніж контрольні зразки, відповідає складу еталонного білка, підтверджуючи його вищу біологічну цінність (БЦ). Розрахована біологічна цінність білка хліба «Гречана сила» та хліба «Пшоняний» становить 67,3% та 61,4% відповідно, що перевищує цей показник у контрольних зразків – 65,4% та 59,4% відповідно.

Споживна цінність хліба залежить від його засвоюваності. Швидкість перетравлення складових хліба в шлунково-кишковому тракті є одним із чинників, що визначає фізіологічну цінність продукту. Ступінь засвоюваності хліба залежить від багатьох чинників, зокрема від сорту борошна, рецептури виробів, технології приготування та ін. Тому ми вважали за доцільне визначити ступінь засвоюваності в організмі людини нових видів хліба шляхом дослідження ферментативної атакованості білків виробів травними ферментами *in vitro*. Метод полягає в послідовному впливі на білкові речовини досліджуваного об'єкта системою протеїназ, що складається з пепсину і трипсину. Про ступінь перетравлення білка роблять висновок за накопиченням продуктів гідролізу, що визначають за кольоровою реакцією Лоурі й виражають в умовних одиницях (мг тирозину на 1 г білка в продукті). Результати дослідження перетравлення білків зразків хліба наведено на рис. 6.5.

Установлено, що білкові речовини хліба «Гречана сила» більш податливі до дії травних ферментів, ніж білки житньо-пшеничного хліба (контролю), на що вказує більша на 6,8% кількість розчинних продуктів гідролізу білка. Це пояснюється, на нашу думку, тим, що білки гречаного

борошна легкокорозчинні й краще засвоюються організмом людини порівняно з білками інших злакових культур, що пов'язано з переважною наявністю водорозчинних білків альбумінів, які становлять приблизно 70% загальної кількості білків гречки.

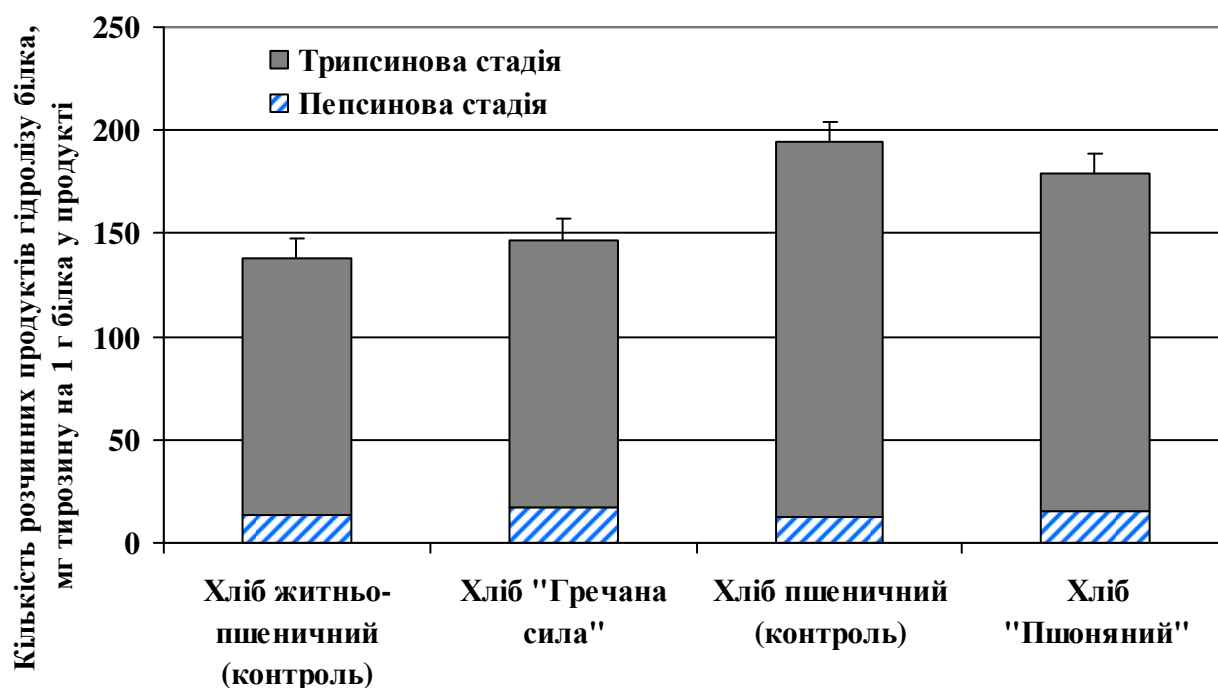


Рис. 6.5. Результати дослідження перетравлення білків зразків хліба *in vitro*

Хліб «Гречана сила» порівняно з контролем характеризується більш повноцінним білком, дещо меншим вмістом харчових волокон, виробляється з додаванням ферментного препарату Pentopan BG500, що приводить до інтенсивнішого гідролізу білкових речовин харчотравними ферментами.

Відомо, що на ступінь засвоюваності хлібних виробів значний вплив має вміст харчових волокон. Саме харчові волокна, особливо розчинні, сприяють збільшенню в'язкості субстрату й обмеженню доступу до нього травних ферментів. Ураховуючи значно менший вміст цього компонента в пшеничному хлібі та хлібі з додаванням пшона (у 2,0–2,5 рази) порівняно з житньо-пшеничним хлібом і хлібом із додаванням гречаного борошна, встановлено значно вищий показник перетравлюваності білків у хліба

«Пшоняний» та його контрольного зразка (179,1 мг та 194,1 мг тирозину на 1 г білка проти 147,0 мг та 137,7 мг тирозину на 1 г білка відповідно).

Проте заміна частини пшеничного борошна на пшоно, попередньо відварене до напівготовності, призводить до зменшення інтенсивності гідролізу білків хліба, про що свідчить зниження показника вмісту тирозину на 1 г білка в хлібі «Пшоняний» на 7,7% порівняно з контрольним зразком. Це є наслідком дії кількох чинників. Перш за все, це пояснюється більшим вмістом харчових волокон (на 24,6%) у новому хлібі. Також відомо, що переважаючими білками пшона є нерозчинні у воді глобуліни і проламіни, що ускладнює процес ферментолізу в шлунково-кишковому тракті й призводить до зниження перетравлюваності білкового компонента хліба «Пшоняний».

Хліб є одним із основних продуктів харчування, тому має бути забезпечена його нешкідливість для організму людини. Небезпечні для людини речовини та мікроорганізми можуть надходити в хліб із сировиною або накопичуватись у ньому під час зберігання. Тому нашим завданням було визначення відповідності нових видів хліба показникам безпеки за вмістом токсичних речовин. Результати досліджень наведено в табл. 6.32. Аналіз даних цієї таблиці показує, що вміст контамінантів у нових хлібопродуктах знаходиться в межах допустимих норм.

Таким чином, розроблені нові види хліба «Гречана сила» та «Пшоняний» за кількістю білка, його амінокислотним складом, вмістом жиру, вітамінів, фітостеринів, окремих мінеральних речовин, зокрема магнію, фосфору та заліза, перевершують контрольні аналоги; за вмістом токсичних речовин відповідають показникам безпеки. *In vitro* встановлено, що заміна житнього борошна на гречане сприяє інтенсифікації ферментативного гідролізу білкових речовин виробу; внесення пшона замість пшеничного борошна дещо сповільнює процес перетравлення білкових речовин хліба. Ураховуючи зазначене вище, нові види хліба можна вважати виробами підвищеної харчової та біологічної цінності з

холестеринознижувальним ефектом і рекомендувати для масового споживання, оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування.

Таблиця 6.32

Вміст залишкової кількості токсичних речовин у нових видах хліба

Показник	Вимоги нормативної документації	Хліб «Гречана сила»	Хліб «Пшоняний»
Токсичні елементи			
Свинець, мг/кг	< 0,3	0,02	0,03
Кадмій, мг/кг	< 0,05	0,003	0,005
Арсен, мг/кг	< 0,1	Не виявлено	Не виявлено
Ртуть, мг/кг	< 0,01	Не виявлено	Не виявлено
Мідь, мг/кг	< 5,0	2,6	2,1
Цинк, мг/кг	< 25,0	16,7	18,1
Мікотоксини			
Афлатоксин В ₁ , мг/кг	< 0,005	Не виявлено	Не виявлено
Дезоксиніваленол, мг/кг	< 0,5	Не виявлено	Не виявлено
Зеараленон, мг/кг	< 1,0	Не виявлено	Не виявлено
Радіонукліди			
Cs-137 (Цезій-137), Бк/кг	< 20,0	1,1	0,5
Sr-90 (Стронцій-90), Бк/кг	< 5,0	2,4	2,1

Однією з важливих характеристик споживних властивостей хлібобулочних виробів є термін, протягом якого вони зберігають свіжість. Під час зберігання хліба змінюються його споживні властивості, що пов'язано з процесами усихання та черствіння, які обумовлені втратами вологи, старінням клейстеризованого крохмалю і денатурованих білків, зміною форм зв'язку води у виробках. Інтенсивність цих процесів значною мірою залежить від умов зберігання, технологічного режиму приготування, вологості виробів, виду пакування тощо. Проте не менш важливу роль у збереженості свіжості хліба відіграють хімічний склад та функціонально-технологічні властивості рецептурних компонентів [487]. Відомо, що внесення до рецептури хліба нетрадиційної сировини з високими показниками водопоглинальної та водоутримувальної здатності сприяє збільшенню кількості зв'язаної води в м'якушці хліба під час його зберігання і її меншій втраті, зменшенню швидкості черствіння виробів. Оскільки

запропоновані нами нові види хліба передбачають внесення гречаного борошна і пшона (нетрадиційної сировини), що також може впливати на показники черствіння й усихання хліба, ми вважали за необхідне дослідити їх вплив на процеси зберігання.

У цій серії експериментів визначали зміну вмісту води у виробках, а також структурно-механічних і гідрофільних властивостей м'якушки хліба під час зберігання. Дослідження проводили після повного остигання виробів (через 3×60^2 с), а потім через кожні 24×60^2 с протягом 96×60^2 с (для гречаного хліба) та 72×60^2 с (для пшоняного хліба). Згідно з вимогами стандартів виробу запаковували в полімерну поліетиленову плівку та зберігали за температури $18 \dots 20^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря $65\text{--}75\%$. На рис. 6.6 наведено результати досліджень із визначення зміни вологості та крихкості виробів під час зберігання.

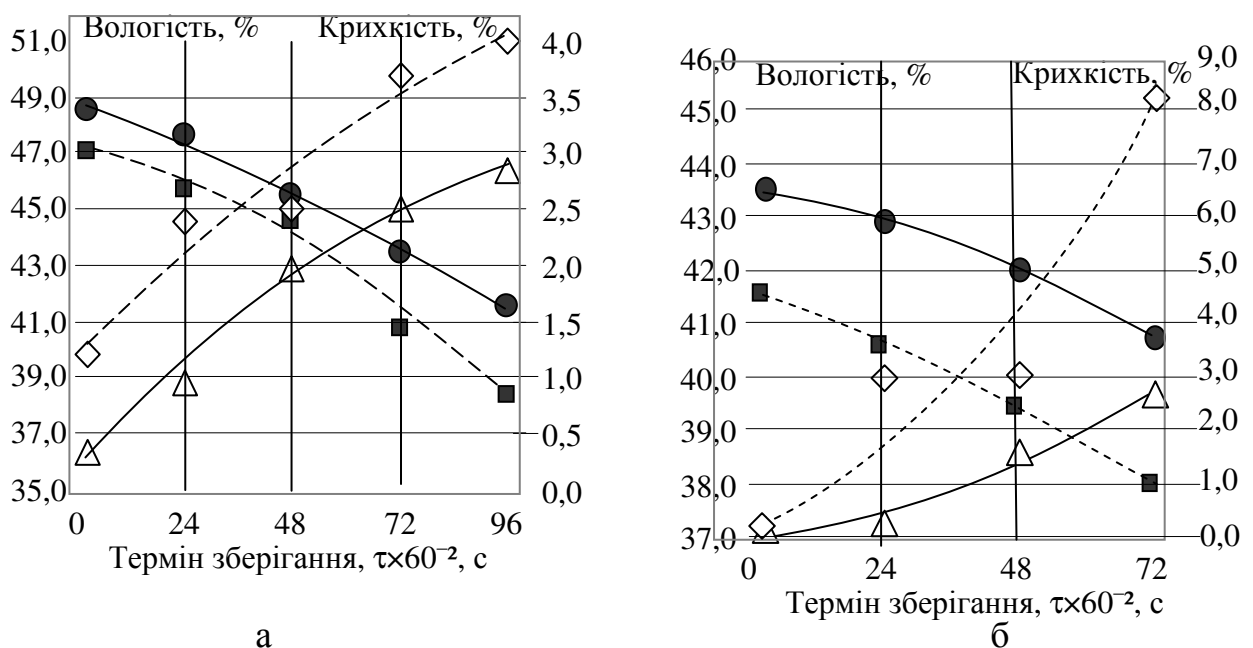


Рис. 6.6. Зміна вологості та крихкості нових видів хліба під час зберігання: а – хліб «Гречана сила»; б – хліб «Пшоняний»; ● – вологість нових видів хліба; ■ – вологість контрольних зразків хліба; ▲ – крихкість нових видів хліба; ◇ – крихкість контрольних зразків хліба

Отримані результати свідчать, що втрати вологи хлібом «Гречана сила»

протягом усього експериментального періоду (96×60^2 с) відбуваються менш інтенсивно, ніж у контрольного зразка: вологість хліба з гречаним борошном знизилася на 14,4%, вологість хліба без добавки – на 18,3%. Аналогічна зміна цього показника спостерігалась і в хлібі «Пшоняний»: його вологість протягом дослідного періоду (72×60^2 с) зменшилась на 6,4%, контрольного зразка – на 8,7%. Отже, менша втрата вологи в нових видах хліба порівняно з контрольними зразками сприяє кращому збереженню їх свіжості. Із наведених даних видно, що крихкість нових видів хліба менша, ніж у контрольних зразків. Під час зберігання спостерігається збільшення цього показника, але в дослідних зразках цей процес відбувається значно повільніше, ніж у контрольних. Крихкість хліба «Гречана сила» та «Пшоняний» після завершення експерименту становить 2,87% та 2,58% проти 6,89% та 11,21% відповідно, що підтверджує менший ступінь черствіння розроблених видів хліба.

Гідрофільні властивості м'якушки виробів (намочуваність) протягом усього терміну зберігання досліджували за зміною кількості води, що поглинає хліб (рис. 6.7). Відомо, що під час зберігання хлібних виробів за рахунок зниження гідрофільності колоїдів хліба погіршується здатність м'якушки до набухання та поглинання води [487]. Виявлено, що початковий показник намочуваності хлібних виробів із додаванням гречаного борошна та пшона на 27,6% та 49,2% менший, ніж у контрольних зразків. Протягом усього експериментального періоду завдяки меншій інтенсивності процесів черствіння цей показник у зразків хліба «Гречана сила» і «Пшоняний» знижується на 37,3% і 30,1%, тоді як гідрофільні властивості в контрольних зразків – на 43,0% і 49,2% відповідно.

Мікробіологічні показники якості нових видів хліба з гречаним борошном та пшоном через 72×60^2 с зберігання наведено в табл. 6.33.

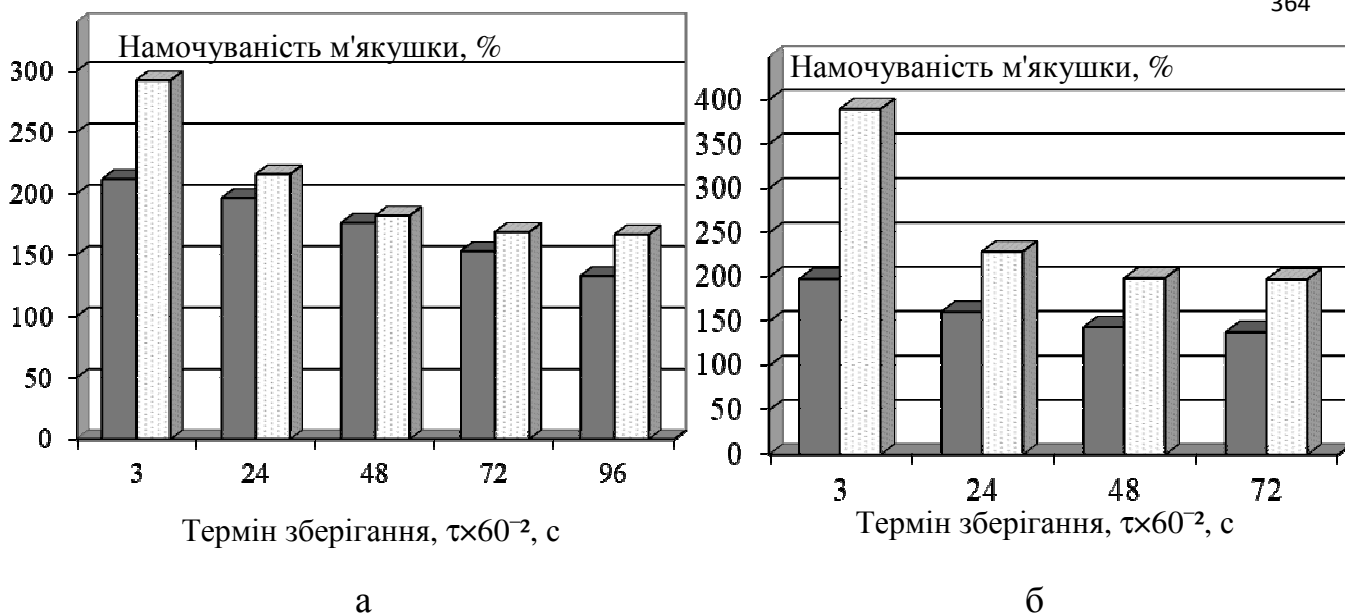


Рис. 6.7. Зміна гідрофільних властивостей м'якушки нових видів хліба під час зберігання: а – хліб «Гречана сила»; б – хліб «Пшоняний»; ■ – нові види хліба; □ – контрольні зразки хліба

Таблиця 6.33

Мікробіологічні показники якості нових видів хліба
«Гречана сила» та «Пшоняний»

Найменування показника	Допустимі рівні за медичними вимогами [281]	Фактичний вміст у хлібі	
		«Гречана сила»	«Пшоняний»
Загальна кількість мезофільних анаеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більше	$1,0 \times 10^3$	90	70
БГКП (коліформи), в 1 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонели, в 25,0 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено
Плісняві гриби та дріжджі, КУО /г, не більше	$1,0 \times 10^2$	< 10	< 10

Таким чином, дослідження динаміки змін вологості, крихкості та гідрофільних властивостей м'якушки під час зберігання, мікробіологічні показники нових видів хліба підтвердили доцільність внесення гречаного борошна та пшона з метою сповільнення процесу черствіння та збереження свіжості хліба.

Висновки за розділом

1. Під час комплексного дослідження визначено, що за органолептичними показниками, амінокислотним складом білка та жирнокислотним складом жиру, вмістом біологічно активних фітостеролів (322,2–326,3 мг/100 г) нові арахісові пасти більш збалансовані, ніж аналог; доведено їх високу перетравність і відсутність антипоживних властивостей. За показниками хімічної та мікробіологічної безпеки нові пасти відповідають вимогам нормативної документації. Установлено умови та гарантійний термін їх зберігання: не більше чотирьох місяців у сухих, добре вентиляваних приміщеннях за температури від 5°C до 25°C і відносної вологості повітря не більше 75%.

2. За результатами профільного методу встановлені характеристики органолептичних показників якості купажованих олій. Доведено високий вміст у них біологічно активних фітостеролів (201,8–221,3 мг/100 г), їх високу біологічну цінність за рахунок збалансованого жирнокислотного складу жиру, що дає можливість рекомендувати їх для застосування з профілактичними цілями. За показниками хімічної та радіаційної безпеки нові види олії не перевищують гранично допустимих концентрацій. Умови та гарантійний термін їх зберігання: не більше 12 місяців у пляшках із темного скла в затемненому приміщенні за температури не вище 25°C та відносної вологості повітря не більш ніж 85%.

3. За результатами профільного методу визначено характеристики органолептичних показників якості смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками. Хімічний склад нових продуктів близький до складу арахісу-сировини, але внаслідок попередньої обробки вміст оксалатів у них знижується до значень, що не провокують антипоживної дії. Виявлено високий вміст біологічно активних фітостеролів (527,7–535,3 мг/100 г). Доведено високу перетравність і стійкість до окиснення смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками. За показниками безпеки та мікробіології

нові продукти відповідають вимогам нормативної документації. Рекомендовані умови та гарантований термін зберігання смаженого арахісу зі смако-ароматичними добавками в пакетах із біаксіально орієнтованого поліпропілену є такими: протягом шести місяців за температури ($20\pm 2^\circ\text{C}$) та відносної вологості повітря не більше 75% – 6 місяців.

4. Проведено оцінювання якості нових видів хліба, встановлено відповідність їх показників якості вимогам чинних стандартів. Визначено споживну цінність нових видів хліба за їх харчовою, біологічною та енергетичною цінністю. Доведено, що нові види хліба «Гречана сила» та «Пшоняний» за кількістю білка, його амінокислотним складом, вмістом жиру, вітамінів, біологічно активних фітостеролів, окремих мінеральних речовин, зокрема Магнію, Фосфору та Феруму, перевершують контрольні аналоги; за вмістом токсичних речовин – відповідають показникам безпеки. *In vitro* визначено, що заміна житнього борошна на гречане в хлібі «Гречана сила» та використання ферменту Pentopan BG500 сприяє інтенсифікації ферментативного гідролізу γ -оризанолу та білкових речовин виробу. Внесення пшона замість пшеничного борошна та проведення ферментативного гідролізу стероїдного комплексу за допомогою Pentopan BG500 дещо сповільнює процес перетравлення білкових речовин хліба «Пшоняний» та підвищує вміст фітостеролів.

Дослідження динаміки змін вологості, крихкості та гідрофільних властивостей м'якушки під час зберігання, мікробіологічні показники нових видів хліба підтвердили доцільність внесення гречаного борошна та пшона з метою сповільнення черствіння та збереження свіжості хліба.

РОЗДІЛ 7. ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЇХ У ПРАКТИКУ

7.1. Ефективність упровадження результатів

Результат наукового дослідження знаходить відображення в сукупності ефектів, які визначаються сферою і масштабом упровадження результатів. Ураховуючи зазначене, оцінювання технологій харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями здійснено з використанням таких видів ефекту: комерційного, соціального, економічного та екологічного, що свідчать про перспективність її впровадження на підприємствах харчової промисловості й доводять її значущість для економіки країни. Види та зміст ефектів від упровадження результатів дослідження наведено на рис. 7.1.

Для визначення комерційного ефекту від упровадження на підприємствах харчової промисловості використано показники прибутку та рентабельності виробництва й реалізації нової продукції. Комерційний ефект від виробництва та реалізації харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями визначено на основі співставлення доходів, що отримані від реалізації продукції, виготовленої із застосуванням нового способу обробки сировини, з поточними витратами на її виробництво; рентабельність – на основі співвідношення комерційного ефекту та собівартості продукції.

Розрахунки з визначення собівартості та цін на нову продукцію здійснено, спираючись на показники, наведені в економічних розділах дисертаційних робіт [506; 507], та їх корегування з урахуванням динаміки індексів цін [508]. Для корегування собівартості нових виробів використано інформацію щодо індексів цін виробників хлібобулочних виробів та харчових продуктів. Інформацію щодо

індексів цін наведено в таблиці у таблиці Р 1 додатку Р, результати розрахунку цін на нову продукцію (станом на 01.05.2021) наведено в таблицях 7.1 та 7.2.



Рис. 7.1. Види та зміст ефектів від упровадження результатів дослідження

Усі види ефектів тісно пов'язані між собою, узагальнюючим є народногосподарський.

За розрахунками ціна на нову продукцію визначена на рівні:

- за новими видами хліба – 29,70–31,95 грн/кг;
- за новими видами арахісових паст – 157,70–159,95 грн/кг;
- за новим видом арахісової олії – 375,85 грн/л;
- за новою продукцією з арахісу – 130,40–136,20 грн/кг.

Таблиця 7.1

Розрахунок собівартості та оптових цін хлібобулочних виробів, грн/1000 кг

Показник	Од. вимір	Хліб			
		Житньо-пшеничний (контроль)	«Гречана сила»	Пшеничний (контроль)	«Пшоняний»
Повна собівартість	грн	19418	23836	26432	27093
Середній індекс цін і тарифів відносно періоду розрахунків	коефіцієнт	1,35	1,35	1,35	1,35
Повна собівартість, скорегована з урахуванням індексу цін і тарифів відносно періоду розрахунку	грн	26214,3	32178,6	35683,2	36575,55
Прибуток	грн	2621,4	3217,9	3568,3	3657,6
Відпускна ціна без ПДВ	грн	28835,7	35396,5	39251,5	40233,1
Вихід	кг	1390	1430	1380	1510
Відпускна ціна без ПДВ	грн/кг	20,75	24,75	28,44	26,64
ПДВ	грн	4,15	4,95	5,69	5,33
Відпускна ціна з ПДВ	грн/кг	24,90	29,70	34,15	31,95

Примітка. Розраховано на основі [506–508].

Таблиця 7.2

Розрахунок собівартості та оптових цін на нову продукцію з арахісової сировини, грн/1000 кг

Показник	Од. вимір.	Арахісові пасти		Арахісово- лляна олія з екстрак- тами	Смажений арахіс зі смако- ароматичними добавками		
		Арахісово- молочна	Молочно- шоколадна		«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	Васабі та орегано»
Повна собівартість	грн	65680	66605	168232	52040	52275	54350
Середній індекс цін і тарифів відносно періоду розрахунків	коефіцієнт	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74
Повна собівартість, скорегована з урахуванням індексу цін і тарифів відносно періоду розрахунку	грн	114283,2	115892,7	292723,68	90549,6	90958,5	94569
Прибуток	грн	17142,5	17384,3	20490,2	18109,9	18191,7	18913,8
Відпускна ціна без ПДВ	грн/1000 кг	131425,7	133277,0	313213,9	108659,5	109150,2	113482,8
Відпускна ціна без ПДВ	грн/кг	131,43	133,28	313,21	108,66	109,15	113,48
ПДВ	грн	26,29	26,66	62,64	21,73	21,83	22,70
Відпускна ціна з ПДВ	грн/кг	157,70	159,95	375,85	130,40	131,00	136,20

Примітка. Розраховано на основі [506–508].

Моніторинг хлібобулочної продукції та продукції з арахісу свідчить, що нова продукція, вироблена за розробленими технологіями, відповідає цінам на продукти-аналоги за сучасних умов розвитку споживчого ринку (рис. 7.2...7.5).

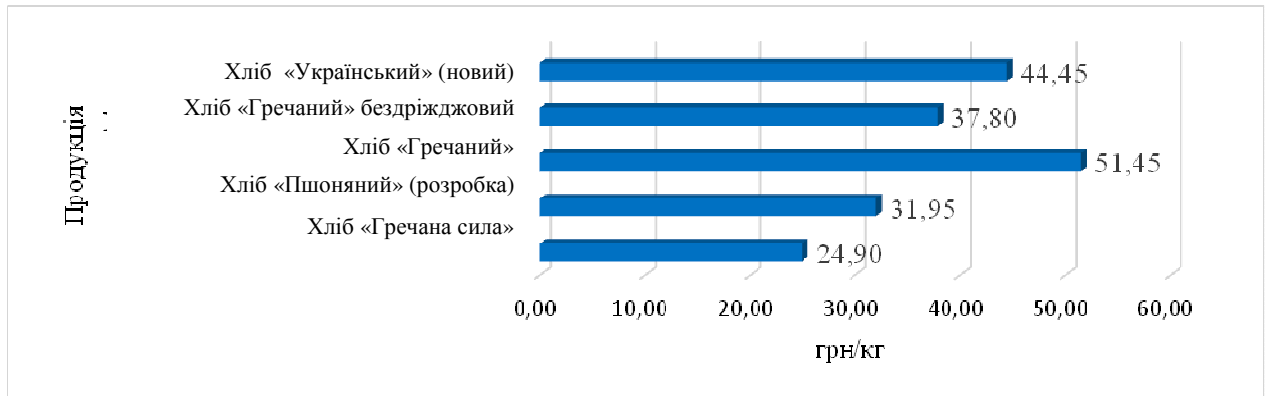


Рис. 7.2. Порівняння цін на нові види хліба та продукти-аналоги (станом на 01.05.2021) (побудовано за даними [509; 510])

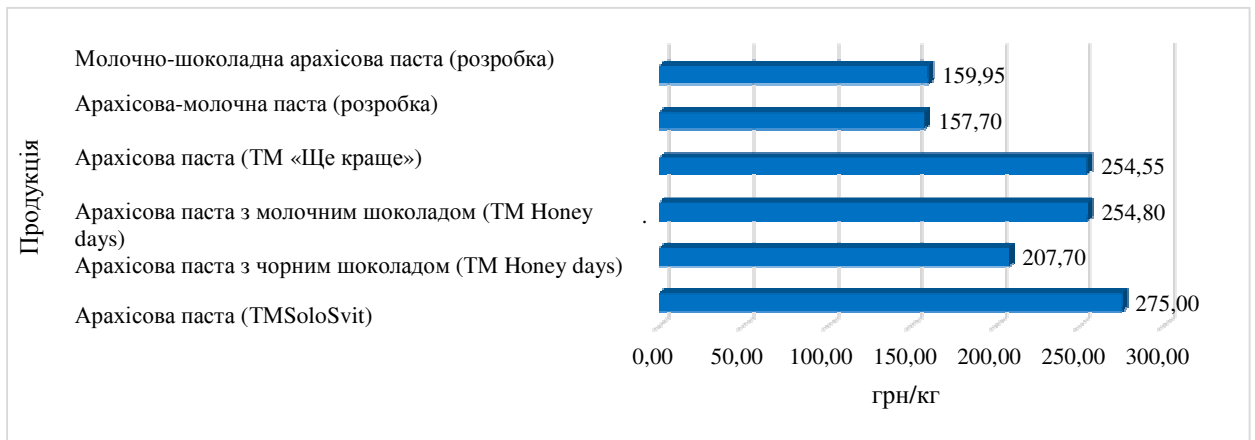


Рис. 7.3. Порівняння цін на нові види арахісових олій і продукти-аналоги (станом на 01.05.2021) (побудовано за даними [511])



Рис. 7.4. Порівняння цін на арахіс смажений і продукти-аналоги (станом на 01.05.2021) (побудовано за даними [511])

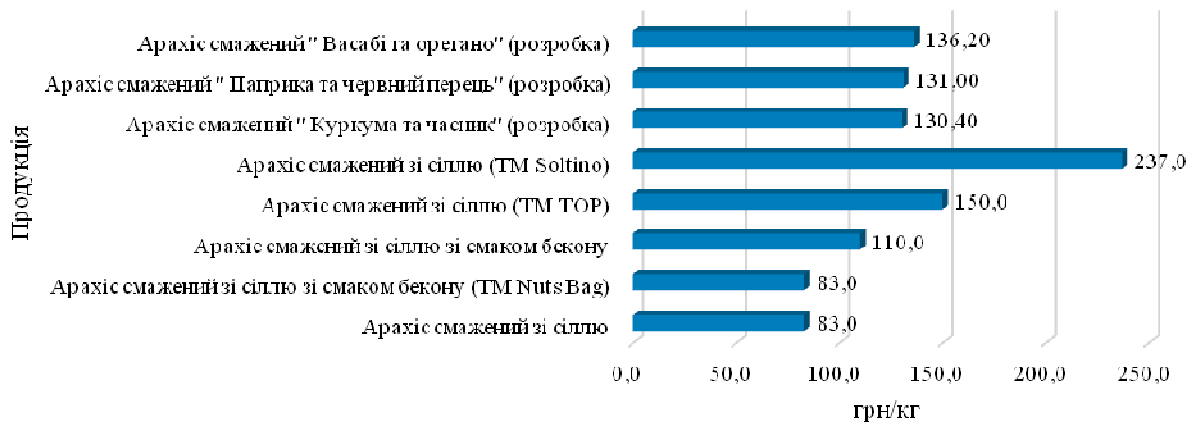


Рис. 7.5. Порівняння цін на нову продукцію з арахісу та продукти-аналоги (станом на 01.05.2021) (побудовано за даними [511])

Економічний ефект від упровадження розроблених технологій визначено за результатами співставлення доходу та собівартості реалізованої продукції (табл. 7.1, 7.2). За розрахунками прибуток від упровадження розроблених технологій у практику діяльності становитиме для підприємств, що впроваджуватимуть:

- нові види хліба – 2,6...3,7 тис. грн на 1 т готової продукції;
- нові види арахісових паст – 17,1–20,5 тис. грн на 1 т готової продукції;

- новий вид арахісової олії – 20,5 тис. грн на 1 т готової продукції;
- нову продукцію з арахісу – 18,1–18,9 тис. грн на 1 т готової продукції.

У розвиток питання щодо комерційного ефекту від упровадження розроблених технологій у практичну діяльність відзначимо конкурентоспроможність нової продукції за ціною порівняно з продуктами-аналогами, що дає можливість підприємству одержати додатковий прибуток за рахунок підвищення цін на нову продукцію до рівня цін на продукти-аналоги. Для визначення обсягу додаткового прибутку за видами розробленої продукції під час розрахунку використано ціни на продукти-аналоги, що реалізуються на ринку:

- за новими видами хліба – ціни на «Хліб гречаний», «Хліб український (новий)» [511];
- за новими видами арахісових паст – ціни на продукцію «Арахісова паста з чорним шоколадом», «Арахісова паста з молочним шоколадом» [511];
- за новим видом арахісової олії – ціни на продукцію «Арахісова сиродавлена олія», «Олія з арахісу» (ТМ Ecoliya) [511];
- за новою продукцією з арахісу – «Арахіс смажений зі сіллю» [511].

Розрахунок додаткового прибутку за видами продукції наведено в додатку Р табл. Р 2...Р 5, в узагальненому вигляді – у таблиці 7.3.

За розрахунками додатковий економічний ефект становитиме:

- за новими видами хліба – 4,1...10,8 тис. грн на 1 т готової продукції;
- за новими видами арахісових паст – 31,2–66,2 тис. грн на 1 т готової продукції;
- за новим видом арахісової олії – 94,8...133,5 тис. грн на 1 т готової продукції;
- за новою продукцією з арахісу – 5,4...67,5 тис. грн на 1 т готової продукції.

Приріст рентабельності продукції становитиме: за новими видами хліба – 18,9...53,5%; за новими видами арахісових паст – 31,7...68,1%; за новим видом арахісової олії – 34,8...49,0%; за новою продукцією з арахісу – 7,2...93,1%.

Проведені розрахунки (додаток Р табл. Р 2...Р 5, табл. 7.3) свідчать про високі показники рентабельності нової продукції, що забезпечує великі можливості для підприємств, які її впроваджують, щодо цінового маневрування в разі погіршення ситуації на сировинних, продовольчих, кредитному та інших ринках.

Таблиця 7.3

Додатковий економічний ефект за новими видами продукції

Продукція	Додатковий прибуток, тис. грн/1000 кг, 1000 грн/1000 л		Приріст рентабельності, %	
	min	max	min	max
Хліб «Гречана сила» (розробка)	+5,8	+10,8	+28,9	+53,5
Хліб «Пшоняний» (розробка)	+4,1	+9,1	+18,9	+41,8
Арахісово-молочна паста (розробка)	+32,8	+66,2	+33,8	+68,1
Молочно-шоколадна арахісова паста (розробка)	+31,2	+64,6	+31,7	+65,6
Арахісово-лляна олія (розробка)	+94,8	+133,5	+34,8	+49,0
Арахіс смажений «Куркума та часник» (розробка)	+9,5	+67,5	+13,1	+93,1
Арахіс смажений «Паприка та червоний перець» (розробка)	+9,0	+67,0	+12,4	+92,1
Арахіс смажений «Васабі та орегано» (розробка)	+5,4	+63,4	+7,2	+83,8

Економічний ефект розраховано також у вигляді надходжень до бюджетів різних рівнів (табл. 7.4).

Обсяг відрахувань за певним напрямом визначено з урахуванням об'єкта сплати податків і платежів та величини ставок і податків, дійсні на момент розрахунків. Розрахунки щодо надходжень до бюджетів від реалізації нової продукції здійснено на основі даних щодо відпускних цін із ПДВ за видами

нової продукції із закладеним у них середнім рівнем рентабельності (табл. 7.1...7.2), структури витрат за підприємствами відповідно до КВЕД 10.71 (Виробництво хліба та хлібобулочних виробів), КВЕД 10.41 (Виробництво олії та тваринних жирів), КВЕД 10.8 (Виробництво інших харчових продуктів) [512; 513] (додаток Р, табл. Р 6), основних ставок та податків, що сплачують підприємства, які знаходяться на загальній системі оподаткування в Україні [514] (додаток Р, табл. Р 7). Результати розрахунків щодо витрат, які враховуються для визначення відрахувань до бюджетів різного рівня за видами нової продукції, наведено в додатку Р, табл. Р 8...Р 10, в узагальненому вигляді – у табл. 7.4.

За розрахунками відрахування до бюджету становитимуть 7,3...69,5 тис. грн. із кожної тонни нової продукції залежно від її виду, у тому числі:

- за новими видами хліба – 7,3...7,8 тис. грн на 1 т готової продукції;
- за новими видами арахісових паст – 33,9...34,4 тис. грн на 1 т готової продукції;
- за новим видом арахісової олії – 69,4 тис. грн на 1 т готової продукції;
- за новою продукцією з арахісу – 28,6...29,8 тис. грн на 1 т готової продукції.

Відповідність нової продукції світовим тенденціям щодо здорового харчування населення та збільшення надходжень до державного бюджету в разі її виробництва та реалізації доводять соціально-економічний ефект від упровадження її у практику діяльності харчових виробництв.

Наступний аспект дослідження – соціальний ефект від наукових розробок. Соціальний ефект відображає результати впровадження наукової розробки з урахуванням її впливу на суспільство загалом.

Таблиця 7.4

Надходження до бюджетів від реалізації нових видів продукції

Показник	Од. вимірювання	Вид продукції							
		Хлібобулочні вироби		Продукція з арахісу					
		Хліб "Гречана сила"	Хліб "Пшоняний"	Арахісова паста		Арахісово-лляна олія з екстрактами	Смажений арахіс зі смако-ароматичними добавками:		
				Арахісово-молочна	Молочно-шоколадна		«Куркума та часник»	«Паприка та червоний перець»	Васабі та орегано»
Ціна продукції з ПДВ	грн/кг	29,70	31,95	157,70	159,95	–	130,40	131,00	136,20
	грн/л	–	–	–	–	375,85	–	–	–
Дохід від реалізації 1000 кг	грн	29700	31950	157700	159950	375850	130400	131000	136200
У т.ч. податки та відрахування до бюджету: ПДФО	грн	838	903	2057	2086	1528	1630	1637	1702
військовий збір	грн	70	75	171	174	127	136	136	142
ЄСВ	грн	1013	1090	2286	2318	1464	1811	1819	1891
податок на прибуток	грн	405	436	3086	3129	3688	3260	3275	3404
ПДВ	грн	4951	5329	26285	26655	62643	21732	21830	22697
Разом податки та відрахування до бюджетів	грн/1 т	7277	7833	33885	34362	69450	28568	28697	29837
	тис. грн/1 т	7,3	7,8	33,9	34,4	69,5	28,6	28,7	29,8

Оскільки наукові розробки щодо технологій харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями пов'язані зі створенням продуктів оздоровчого сегмента, соціальні аспекти їх упровадження розглянуто через характеристики їх відповідності світовим тенденціям у сфері харчування та забезпечення якості життя населення. Із приводу відповідності наукових розробок сучасним тенденціям у сфері харчування відзначимо керівні принципи щодо стійкого здорового харчування, розроблені Продовольчою та сільськогосподарською організацією Об'єднаних Націй (ФАО) та Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) [515]. У переліку принципів стійкого здорового харчування, сформульованих ФАО та ВООЗ, наукові розробки щодо технологій харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями відповідають принципам зменшення ризиків виникнення неінфекційних захворювань харчового походження та забезпечення здоров'я й благополуччя населення загалом (принцип 7 [515]), а також доступності та затребуваності (принцип 15 [515]). Підтверджуючи доступність розробленої продукції, відзначимо її конкурентоспроможність за ціною з продуктами-аналогами, про що сказано вище. Із приводу затребуваності розробленої харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями на споживчому ринку наведемо результати дослідження компанії Nielsen, які свідчать, що 79,0% глобальних споживачів обирають продукти з метою попередження захворювань [516]; 67,0% – перш ніж придбати продукти харчування, вивчають їх склад; 70,0% – готові платити більше за продукти, які не містять небажаних елементів [517]. Оскільки арахіс, крупи з гречки та проса є джерелом фітостеролів, фенольних кислот, флавоноїдів, які блокують усмоктування холестерину, виробництво харчових продуктів з їх використанням відповідає очікуванням споживачів та сприятиме розвитку ринку продукції оздоровчого призначення.

Екологічний ефект. Спрямованість цього дослідження на виявлення екологічно чистої рослинної сировини та розробку способу зменшення кількості контамінантів у рослинах із високим їх вмістом дає змогу

визначити екологічний ефект від його застосування. Екологічний ефект і пов'язана з ним екологічна ефективність є визначальними чинниками, оскільки саме від них залежить доцільність розрахунку всіх інших видів ефектів. Відомо, що екологічно чиста продукція на ринку становить лише 20–25% усього валового збору врожаю. Усе інше – нестандартна продукція. У зв'язку з цим розробка заходів, які мають на меті збільшення цього відсотка, є важливим завданням як для вчених, так і для виробників харчової продукції. Екологічний ефект цього дослідження характеризується показником зменшення кількості контамінантів унаслідок обробки рослинної сировини. Застосування цієї обробки дозволяє збільшити використання сировини до 80%, сприяє створенню екологічно чистих продуктів та зміцненню здоров'я людей.

Народногосподарський ефект є комплексною характеристикою та включає результати оцінки екологічного, комерційного, соціального та економічного ефектів. Він полягає у збільшенні ресурсної продовольчої бази з відповідним зростанням обсягів виробництва та реалізації продукції здорового харчування, зокрема з холестеринознижувальними властивостями. А це, у свою чергу, сприятиме покращенню рівня якості життя населення.

7.2. Практичне впровадження результатів наукових розробок

Практичне впровадження результатів наукових розробок здійснювалося протягом 2012–2021 рр. таким чином:

– розроблено та затверджено нормативну документацію: ТУ У 10.8-01566330-302:2014 «Пасти арахісові», ТУ У 10.4-01566330-301:2014 «Олії арахісові купажовані», ТУ У 10.3-01566330-303:2014 «Арахіс смажений зі смако-ароматичними добавками», ТУ У 10.7-01566330-320:2017 «Хліб «Гречана сила», ТУ У 10.7-01566330-321:2017 «Хліб «Пшоняний» (додаток С). Отримано висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи до технічних умов (додаток Т);

– упроваджено рекомендації щодо відбору перспективних за хімічним складом сортів арахісу, гречки та проса на ПП «Агрофірма «ГАВАН», с. Богданівка Каховського району Херсонської обл. (акт від 10.12.2012 р.), рекомендацій щодо відбору сортів арахісу, гречки та проса, здатних до мінімального накопичення токсичних речовин та раціонального використання бобів арахісу в ТОВ «Агробізнес», с. Мар'янівка Каховського району Херсонської обл. (акти від 20.11.2013 р. та 18.06.2014 р.), рекомендацій із відбору екологічно чистих, біофортифікованих сортів гречки та проса для раціонального використання гречаної крупи та пшона у ТОВ «Торгівельний дім «СВАТ», с. Польова Дергачівського району Харківської обл. (акти від 08.12.2014 р. і 30.06.2017 р.); рецептури нових продуктів у ТОВ «Торгівельний дім «СВАТ», с. Польова Дергачівського району Харківської обл. (акт від 23.01.2015 р.); рецептури нових видів хліба у ТОВ «Торговельний дім «ДІНАС», м.Харків (акт від 24.06.2016 р.) та ТОВ «Ізюмський хлібокомбінат «Кулиничі», м.Ізюм Харківської обл. (акт від 21.07.2016 р.) (додаток Ф);

– випуск дослідних партій нової продукції здійснено на хлібозаводі ТОВ «Торгівельний дім “ДІНАС”» (акт від 09.06.2016 р.) та ТОВ «Ізюмський хлібокомбінат “Кулиничі”» (акт від 14.07.2016 р.) (додаток Х, Ц);

– нові продукти на основі арахісу отримали позитивну оцінку під час проведення дегустаційних нарад різного рівня та міжнародних виставках (додаток Ш);

– результати науково-дослідних робіт упроваджено в навчальний процес кафедри товарознавства та експертизи товарів ХДУХТ (додаток Щ).

Висновки за розділом

1. Установлено, що ефективність упровадження результатів наукових досліджень за темою дисертації складається з комерційного, економічного, соціального та екологічного ефектів.

2. Для оцінювання комерційного ефекту наукового дослідження використано показник прибутку. Установлено, що прибуток від реалізації продукції з холестеринознижувальними властивостями становитиме 2,6–20,5 тис. грн на 1 т готової продукції залежно від її виду. Відзначено конкурентоспроможність за ціною нової продукції порівняно з аналогами.

3. Відносно невисокі ціни та покращена якість продукції порівняно з аналогами підвищують її цінність для споживачів і дають змогу отримати економічний ефект у сфері виробництва від збільшення обсягу реалізації, підвищення рентабельності та збільшення надходжень до державного бюджету. Макроекономічний ефект від виробництва нової продукції, розрахований за обсягом надходжень до бюджету, визначено на рівні 7,3–69,5 тис. грн із кожної тонни нової продукції залежно від її виду.

4. Для встановлення соціального ефекту наукового дослідження враховано відповідність нової продукції світовим тенденціям щодо здорового харчування населення. Соціальний ефект від упровадження технологій харчової продукції з холестеринознижувальними властивостями підтверджено відповідністю результатів наукових розробок принципам стійкого здорового харчування, сформульованим ФАО та ВООЗ. Соціальний ефект полягає також у можливості придбати продукцію підвищеної якості та отримати економію за рахунок нижчих цін порівняно з аналогами.

5. Екологічний ефект цього дослідження характеризується показником зменшення кількості контамінантів унаслідок обробки рослинної сировини. Застосування цієї обробки дозволяє збільшити використання сировини до 80%, сприяє створенню екологічно чистих продуктів та зміцненню здоров'я людей.

6. Народногосподарський ефект є комплексною характеристикою та включає результати оцінки екологічного, комерційного, соціального та економічного ефектів. Він полягає у збільшенні ресурсної продовольчої бази з відповідним зростанням обсягів виробництва та реалізації продукції

здорового харчування, зокрема з холестеринознижувальними властивостями. А це, у свою чергу, сприятиме покращенню якості життя населення.

7. Практичне впровадження результатів дослідження підтверджує доцільність виробництва нових видів продуктів оздоровчого призначення з арахісу, гречки та проса.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз вітчизняної та зарубіжної наукової літератури дозволив встановити, що в раціоні харчування сучасної людини є дефіцит фітостеролів, причинами якого є нераціональне харчування. З урахуванням наявності наукових розробок щодо створення продуктів із холестеринознижуючими властивостями основними проблемами їх виробництва є дороговизна та трудомісткість технологічних процесів, а також з-за поганої розчинності фітостеролів погіршення органолептичних показників продукції. Установлена можливість корекції дефіциту фітостеролів двома іншими шляхами: по-перше пошуком сировини, яка є джерелом фітостеролів, а по-друге розробкою таких технологій продуктів, які б дозволили максимально використовувати закладений у сировині потенціал. Перспективною сировиною для цього є арахіс, гречка та просо, а перспективними технологіями є технології з забезпеченням ферментативного гідролізу стероїдного комплексу сировини, зокрема γ -оризанолу, та отримання продуктів з високим вмістом біологічно активних форм стероїдів. Таким чином доведено необхідність розвитку науково-практичного напрямку зі створення холестеринознижуючої харчової продукції:

2. Вперше доведено гідролітичну активність щодо γ -оризанолу ліпази *Candida rugosa* типу VII та ферментного препарату Pentopan BG 500. Конверсія гідролізу відноситься як до 4-дезметілстерилферулатів, так і до 4,4'-диметілстерилферулатів. Найбільша гідролітична активність по відношенню до γ -оризанолу встановлена у Pentopan BG 500 та у порошку підшлункової залози бика. Ліпаза *Candida antarctica* типу A в обраних умовах не показала гідролітичної активності до γ -оризанолу, а з ліпазою *Candida antarctica* типу B та *Candida rugosa* типу VII вихід продуктів гідролізу був дуже низьким.

3. На модельних системах комплексно досліджено та визначено закономірності впливу на ферментативне розщеплення γ -оризанола параметрів проведення реакції, а саме: температури, концентрації

таурохолату натрію, співвідношення компонентів (фермент/субстрат/буфер), часу інкубації, іммобілізації, механічних впливів (струшування і перемішування). Розроблено режим проведення гідролізу γ -оризанолу порошком підшлункової залози бика, а саме: концентрація таурохолата натрія в буфері – 48 мМ, співвідношення компонентів системи - фермента: субстрата: буфера = 1:5:5, умови інкубації – температура 37 °С протягом 24 годин при перемішуванні. З препаратом Pentopan BG 500 гідроліз γ -оризанола відрізняється тільки температурою інкубації, яка становить 45 °С. За допомогою математичного моделювання розроблено математичні моделі ферментативного гідролізу γ -оризанолу, які дають можливість керувати процесом та забезпечити гарантований вихід продуктів конверсії (фітостеролів). Отримані результати можливо використовувати у технологіях харчових продуктів в залежності від виду сировини та наявності ферментного препарату.

4. Комплексно досліджено хімічний склад і біологічну цінність арахісу 19 сортів, круп із гречки 6 сортів та проса 5 сортів, які поширені в Україні. В основі специфічності накопичення харчових речовин знаходяться генетично детерміновані відмінності виду, сорту. Уперше якісно та кількісно досліджено стероїдний комплекс арахісу, гречки і проса. Доведено, що дослідні зразки є джерелом фітостеролів, серед яких переважаючим є β -ситостерин в арахісі і гречаній крупі та стигмастерин у пшоні. Також у їх складі ідентифіковано кампестерин, $\Delta 5$ -авеностерин, $\Delta 7$ -стигмастерин, $\Delta 7$ -авеностерин. Сумарний вміст стероїдів змінюється в межах 172,7...604,6 мг/100г у арахісі, 22,78...52,19 мг/100 г у гречаній крупі та 37,77...83,76 мг/100 г у пшоні, що свідчить про значні розбіжності цього показника залежно від видової та сортової специфіки культур. Вміст фітостеролів у арахісі на 58...202% задовольняє добову норму в залежності від сорту. Уперше також визначено вміст флавоноїдів у пшоні (1,07...2,21 мг/100г), що значно менше ніж у гречки (23,08...49,22 мг/100г).

Визначено біофортифіковані сорти арахісу, гречки та проса та надано рекомендації для більш прецизійного використання їх у харчовій промисловості.

5. Підтверджено вибіркочу здатність арахісу, гречки та проса до накопичення токсичних речовин. Показано, що всі дослідні сорти за вмістом радіонуклідів, солей важких металів, афлатоксину В₁ не перевищують ГДК та мають знижену здатність до накопичення нітратів. Вивчені сорти арахісу, гречки та проса (сорти, Вітрило та Слобожанське) більшою мірою накопичують оксалати. Арахіс має найбільший вміст цих речовин (139...252 мг/100г) та за рахунок високого оксалатного індексу (1,5...3,7) має антипоживні властивості. В гречці та просі індекс становить 0,17...0,78 і не перевищує норматив (за винятком сорту гречки Дюймовочка). Доведено також, що вміст солей Міді в сортах арахісу Біло-рожевий 2, AR 2 та AR4 перевищує рівень ГДК у 1,2...1,3 рази. Всі сорти арахісу потребують детоксикації.

6. За допомогою системного підходу запропонована модель корекції дефіциту фітостеролів, яка є методологічним алгоритмом цього процесу. Він складається з наступних етапів: вивчення причин виникнення дефіциту фітостеролів та шляхів його подолання; за допомогою маркетингових досліджень обґрунтування асортименту холестеринознижуючої харчової продукції; розробка рецептур та технологій виробництва нових продуктів; підтвердження профілактичної ефективності розроблених продуктів за допомогою медикобіологічних досліджень; розробка харчового раціону з використанням нової продукції; доведення розроблених продуктів до споживача. Ця модель може бути покладена в основу розробки однорідних груп продуктів з підвищеним вмістом фітостеролів.

7. Розроблено технології отримання арахісових паст, арахісових олій та арахісу смаженого зі смакоароматичними добавками, які додатково включають операції зі зниження вмісту токсичних та антипоживних речовин, а саме проведення гідротермічної обробки арахісу при температурі 100 – 110

°C (гідромодуль 1:3) протягом 30...40 хв з наступним обсмажуванням за температури 120 – 145 °C протягом 30...35 хв. Ці операції забезпечують зниження вмісту щавлевої кислоти та її солей на 67,2... 76,0 %, а солей Міді – на 28,8 ...38,0 %. Перетравність білка підвищується на 20 мг тирозину.

За допомогою математичного моделювання розроблено рецептурний склад арахісових паст (молочної та шоколадної) та арахісу смаженого зі смакоароматичними добавками («Куркума та часник», «Паприка та червоний перець», Васабі та орегано»).

За допомогою математичного моделювання було встановлено, що для створення купажованої олії з оптимізованим жирнокислотним складом необхідне таке співвідношення олій, мас. %: арахісова – 86, лляна – 14. Для стабілізації розробленого купажу додавали олійні екстракти листя шавлії або листя чорної смородини або часнику або плодів шипшини в кількості 5% до маси купажу, що дає змогу підвищити його окисну стабільність у 1,2...1,7 разів.

8. Науково обгруновано технології виробництва бездріжжового хліба з використанням продуктів переробки гречки та проса та ферментативного препарату Pentopan BG500. Показано, що гідролітичне розщеплення стероїдного комплексу гречки та пшона активно відбувається за режимами, які були відпрацьовані на модельних системах і рекомендовані до використання. Встановлено раціональну кількість додавання до сировини ферментного препарату Pentopan BG 500: $6,43 \times 10^{-3}$ кг (для хліба з гречаним борошном) та $6,0 \times 10^{-3}$ кг (для хліба з пшоном).

Проведені пробні випікання та результати визначення показників якості нових видів хліба дозволили визначити оптимальне дозування гречаного борошна в кількості 30...40 % від загальної маси борошна та пшона, попередньо відвареного до напівготовності, у кількості 20...30 %. На основі комплексу експериментальних досліджень та результатів математичного моделювання розроблено рецептурний склад нових видів хліба оздоровчого призначення – «Гречана сила» та «Пшоняний».

9. Під час комплексного дослідження визначено, що за органолептичними показниками, амінокислотним складом білку та жирнокислотним складом жиру, за вмістом біологічно активних речовин нові продукти більш збалансовані, ніж аналоги, доведено їх високу перетравність та відсутність антипоживних властивостей. За показниками хімічної та мікробіологічної безпеки нові продукти відповідають вимогам нормативної документації. Доведено високий вміст в них біологічноактивних форм фітостеролів: в арахісових пастах – 322,2...326,3 мг/100 г, в оліях – 201,8...221,3 мг/100 г, в снєках – 527,7...535,3 мг/100 г, в хлібі «Гречана сила» - 50,1 мг/100 г, в хлібі «Пшоняний» - 26,8 мг/100 г, що значно перевищує вміст цих речовин в продуктах-аналогах.

Установлено умови та гарантійні терміни зберігання нових продуктів у сухих добре вентильованих приміщеннях при температурі від 5 до 25° С і відносній вологості повітря не більше 75 % для арахісових паст – у скляній тарі не більше 4 місяців, для арахісових олій у пляшках із темного скла – не більше 12 місяців, для снєків в пакетах з біаксальноорієнтованого поліпропілену – не більше 6 місяців, для хліба в полімерній поліетиленовій плівці – не більше 72 годин.

10. Медико-біологічними дослідженнями підтверджено профілактичну ефективність розроблених продуктів. Доведено, що їх вживання не призводить до метаболічних порушень. При цьому показано: відсутність вірогідного збільшення маси тіла, зменшення проявів вісцерального ожиріння, зменшення вмісту глюкози в сироватці крові, зменшення загального холестерину за рахунок «поганого» холестерину.

11. Розроблено раціон харчування, як харчову систему зниження холестеринового тиску на організм людини, який можливо використовувати і в підприємствах харчування і вдома. Середня енергетична калорійність раціону становить 2373, 4 Ккал, що забезпечено за рахунок білків на 17,3 %, жирів на 40 %, вуглеводів на 44,7 %. Показано, що розроблений раціон харчування в повній мірі задовольняє вимоги ФАО/ВООЗ та МОЗ України за

вмістом незамінних амінокислот, за вмістом ПНЖК та МНЖК, за вмістом харчових волокон, за вмістом фітостеролів (827...940 мг). Доведено припущення, що за умов вживання раціону вміст «поганого» холестерину знижується на 5 %.

12. Розроблено та затверджено в установленому порядку 5 комплектів нормативної документації на нові продукти. Реалізовано комплекс заходів щодо впровадження запропонованих технологій у закладах харчової промисловості України, а також освітній процес.

Встановлено, що прибуток від реалізації продукції з холестеринознижуючими властивостями становитиме 2,6...20,5 тис. грн. на 1 т готової продукції залежно від її виду. Економічний ефект від виробництва нової продукції, розрахований за обсягом надходжень до бюджету, визначено на рівні 7,3...69,5 тис. грн з кожної тони нової продукції залежно від її виду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Висновок до проекту Закону України від 28.02.2019 № 9015 (Одержаний ВР України) «Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/ХН6УF00А?an=3>
2. Капрельянц Л. В., Єгорова А. В. та ін. Функціональні продукти харчування: перспективи в Україні // Харчова наука і технологія. 2019. № 13(2). С. 15–22.
3. Ленерт С. О. Формування якості овочево-сиркових паст підвищеної біологічної цінності: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Харків, 2011. 276 с.
4. Moreau R., Whitaker B., Hicks K. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses // Prog. Lipid. Res. 2002. № 41. P. 457.
5. Gylling H., Miettinen T. A. LDL cholesterol lowering by bile acid malabsorption during inhibited synthesis and absorption of cholesterol in hypercholesterolemic coronary subjects // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. 2002. № 12. P. 19–23.
6. Gylling H., Miettinen T. A. Plant sterols in nutrition – promise or threat for the future // Scand. J. Nutr. 2000. № 44. P. 104.
7. Flores-Sánchez Isvett J., Ortega-López Jaime, Montes-Horcasitas María del Carmen, Ramos-Valdivia Ana C. Biosynthesis of Sterols and Triterpenes in Cell Suspension Cultures of *Uncaria tomentosa* // Plant Cell Physiol. 2002. № 43(12). P. 1502–1509.
8. Schalle H. The role of sterols in plant growth and development // Progress in Lipid Research. 2003. № 42. P. 163–175.
9. Piironen V., Lindsay D. G., Miettinen T. A., Toivo J., Lampi A. M., Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition // J. Sci. Food Agric. 2000. № 80. P. 939–966.
10. Nes W. D., Enzyme mechanisms for sterol C-methylations // Phytochemistry (Elsevier). 2003. № 64(1). P. 75–95.

11. Imanaka H., Koide H., Shimizu K. et al. Chemoprevention of tumor metastasis by liposomal beta-sitosterol intake // *Biol. Pharm. Bull.* 2008. № 31. P. 400–404.
12. Conforti F., Ioele G., Statti G. A. et al. Antiproliferative activity against human tumor cell lines and toxicity test on Mediterranean dietary plants // *Food and Chemical Toxicology.* 2008. № 46. P. 3325–3332.
13. Бергер Э., Джоунс П., Абумус С. С. Растительные стеролы: факторы, влияющие на их эффективность и безопасность в качестве функциональных пищевых ингредиентов // *Липиды в здоровье и болезни.* 2004. Т. 1. С. 5. DOI: 10/1186/1476-511x-3-5
14. Bouic P. J. The role of phytosterols and phytosterolins in immune modulation: a review of the past 10 years // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2001. № 4. P. 471–475.
15. Yoshida Y., Niki E. Antioxidant effects of phytosterol and its components // *J. of Nutritional Science and Vitaminology.* 2003. № 49(4). P. 277–280.
16. Beveridge T. H. J., Li T. S. C., Drover J. C. G. Phytosterol content in American ginseng seed oil // *J. Agric. Food Chem.* 2002. № 50. P. 744–750.
17. Ostlund R. E. Phytosterols in human nutrition // *Ann. Rev. Nutr.* 2002. № 22. P. 533–549.
18. Шубина О. Г., Карпухин Д. В., Кочеткова А. А. Фитостерины, их физиологические преимущества и возможности использования в пищевых продуктах // *Пищевые ингредиенты, сырье и добавки.* 2004. № 2. С. 26–29.
19. Thomas A. W., Robert J. N., Benjamin W., David K. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters // *The Journal of nutritional biochemistry.* 2007. № 18(2). P. 105–112.

20. Jain D., Ebine N., Jia X. et al. Corn fiber oil and sitostanol decrease cholesterol absorption independently of intestinal sterol transporters in hamsters // *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2008. № 19(4). P. 229–236.

21. Vissers M. N., Zock P. L., Meijer G. W. et al. Effect of plant sterols from rice bran oil and triterpene alcohols from sheanut oil on serum lipoprotein concentrations in humans // *Am. J. Clin. Nutr.* 2000. № 72. P. 1510–1515.

22. Moreau R. A., Whitaker B. D., Hicks K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses // *Prog. Lipid. Res.* 2002. № 41. P. 457–500.

23. Berger A., Rein D., Schäfer A. et al. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied γ -oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men // *European Journal of Nutrition*. 2005. № 44(3). P. 163–173.

24. Trautwein E. A., Duchateau J. E., Guus S. M. et al. Proposed mechanisms of cholesterol-lowering action of plant sterols // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2003. № 105(3-4). P. 171–185.

25. Plat J., Nichols J. A., Mensink R. P. Plant sterols and stanols: Effects on mixed micellar composition and LXR (target gene) activation // *J. of Lipid Research*. 2005. № 46(11). P. 2468–2476.

26. Berger A., Jones P., Abumweis S. Plant sterols: factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients // *Lipids in Health and Disease*. 2004. № 3(1). P. 5.

27. Jenkins D. J., Kendall C. W., Marchie A. et al. The Garden of Eden--plant based diets, the genetic drive to conserve cholesterol and its implications for heart disease in the 21st century // *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 2003. № 136. P. 141–151.

28. Katan M. B., Grundy S. M., Jones P. et al. Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels // *Mayo Clin. Proc.* 2003. № 78. P. 965–978.

29. Noakes M., Clifton P. M., Doornbos A. M. E., Trautwein E. A. Plant sterol ester enriched milk and yogurt effectively reduce serum cholesterol in modestly hypercholesterolemic subjects // *Eur. J. Nutr.* 2005. № 44(4). P. 214–22.

30. Weber N., Mukherjee K. D. Plant sterols and steryl esters in functional foods and nutraceuticals // *Nutraceutical Science and Technology*. 2006. Vol. 5: *Nutraceutical and Specialty Lipids and Their Co-Products*. P. 483–508.

31. Brufau G., Canela M. A., Rafecas M. Phytosterols: physiologic and metabolic aspects related to cholesterol-lowering properties // *Nutrition Research*. New York: NY, United States. 2008. № 28(4). P. 217–225.

32. Kritchevsky D., Chen S. C. Phytosterols-health benefits and potential concerns: a review // *Nutrition Research*. New York: NY, United States. 2005. № 25(5). P. 413–428.

33. Plat J., Mensink R. P. Plant Stanol and Sterol Esters in the Control of Blood Cholesterol Levels: Mechanism and Safety Aspects // *American Journal of Cardiology*. 2005. № 96(1A). P. 15D–22D.

34. Sajfritová Marie, Ličková Ivana, Wimmerová Martina. β -Sitosterol: Supercritical Carbon Dioxide Extraction from Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Seeds // *Int. J. Mol. Sci.* 2010. № 11. P. 1842–1850.

35. Ryan E., Galvin K., O'Connor T. P. et al. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes // *Plant Foods Hum Nutr.* 2007. № 62. P. 85–91.

36. Szterk Arkadiusz, Roszko M., Sosińska E. et al. Chemical Composition and Oxidative Stability of Selected Plant Oils // *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2010. № 87. P. 637–645.

37. Sriti Jazia, Wannes Wissem Aidi, Talou Thierry et al. Lipid Profiles of Tunisian Coriander (*Coriandrum sativum*) Seed // *J Am Oil Chem Soc.* 2010. № 87. P. 395–400.

38. Zlatanov M. D., Angelova-Romova M. J., Antova G. A. et al. Variations in Fatty Acids, Phospholipids and Sterols During the Seed Development of a High Oleic Sunflower Variety // *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2009. № 86. P. 867–875.

39. Berger A., Rein D., Schäfer A. et al. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied γ -oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men // *Eur. J. Nutr.* 2005. № 44. P. 163–173.
40. Lampia Anna-Maija, Moreaub Robert A., Piironena Vieno, Hicks Kevin B. Pearling Barley and Rye to Produce Phytosterol-Rich Fractions // *Lipids.* 2004. Vol. 39, № 8. P. 783–787.
41. Jiménez-Escrig A., Santos-Hidalgo A. B., Saura-Calixto F. Common Sources and Estimated Intake of Plant Sterols in the Spanish Diet // *J. Agric. Food Chem.* 2006. № 54. P. 3462–3471.
42. Lagarda M. I., Garcia-Llatas G., Farre R. Analysis of phytosterols in foods // *I.Pharm. Biomed. Analysis.* 2006. № 41. P. 1486–1496.
43. Klingberg S., Andersson H., Mulligan A. et al. Food sources of plant sterols in the EPIC Norfolk population // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2008. № 62(6). P. 695–703.
44. Kaloustian J., Alhanout K., Amiot-Carlin M.-J. et al. Technical collaboration Effect of water cooking on free phytosterol levels in beans and vegetables // *Food Chemistry.* 2008. № 107. P. 1379–1386.
45. Tabee E., Jägerstad M., C. Paresh Dutta Lipids and phytosterol oxidation products in commercial potato crisps commonly consumed in Sweden // *Eur. Food Res. Technol.* 2008. № 227. P. 745–755.
46. Lugasi A. Phytosterol-Enriched Foods: Role in Lowering Serum Cholesterol Level, Community Authorising and Conditions of Marketing // *Cemed.* 2009. Vol. 3, № 3. P. 381–401.
47. Мехтиев А. Р., Мишарин А. Ю. Биологическая активность фитостеринов и их производных // *Биомедицинская химия.* 2007. Т. 53, вып. 5. С. 497–521.
48. Nystrom L., Makinen M., Lampi A. M., Piironen V. Antioxidant Activity of Steryl Ferulate Extracts from Rye and Wheat Bran // *J. Agric. Food Chem.* 2005. № 53(7). P 2503–2510.

49. Berger, A., Rein D., Schäfer A., Monnard I., Gremaud G., Lambelet P., Bertoli C. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied γ -oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men // *European Journal of Nutrition*. 2005. № 44(3). P 163–173.

50. Thomas A. W., Robert J. N., Benjamin W., David K. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters // *The Journal of nutritional biochemistry*. 2007. № 18(2). P. 105–112.

51. Jain D., Ebine N., Jia X., Kassis A., Marinangeli C., Fortin M., Beech R., Hicks K. B., Moreau R. A., Kubow S., Jones P. J. H. Corn fiber oil and sitostanol decrease cholesterol absorption independently of intestinal sterol transporters in hamsters // *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2008. № 19(4). P. 229–236.

52. Gemma B., Miguel Angel C., Magda R. Phytosterols: physiologic and metabolic aspects related to cholesterol-lowering properties. 2008. № 28(4). P. 217–225.

53. Nyström L., Moreau R., Lampi A.-M., Hicks K., Piironen V. Enzymatic hydrolysis of steryl ferulates and steryl glycosides // *European Food Research and Technology*. 2008. № 227(3). P. 727–733.

54. Miller A., Majauskaitė L., Engel K.-H. Enzyme-catalyzed hydrolysis of γ -oryzanol // *European Food Research and Technology*. 2004. № 218(4). P. 349–354.

55. Narayan A. V., Barhate R. S., Raghavarao K. S. M. S. Extraction and purification of oryzanol from rice bran oil and rice bran oil soapstock // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006. № 83(8) P. 663–670.

56. Piironen V., Lindsay D. G., Miettinen T. A., Toivo J., Lampi A. M. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition // *J. Sci. Food Agric*. 2000. № 80. P. 939–966.

57. Kyndt J. A., Meyer T. E., Cusanovich M. A., Van Beeumen J. J. Characterization of a bacterial tyrosine ammonia lyase, a biosynthetic enzyme for the photoactive yellow protein // *FEBS Letters*. 2002. № 512(1-3). P. 240–244.

58. Nagasaka R., Chotimarkorn C., Shafiqul I. M., Hori M., Ozaki H., Ushio H. Anti-inflammatory effects of hydroxycinnamic acid derivatives // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2007. № 358(2). P. 615–619.

59. Islam M. S., Murata T., Fujisawa M., Nagasaka R., Ushio H., Bari A. M., Hori M., Ozaki H. Anti-inflammatory effects of phytosteryl ferulates in colitis induced by dextran sulphate sodium in mice // *Br. J. Pharmacol.* 2008. № 154(4). P. 812–824.

60. Miller A. Analytik von Minorlipiden: Ferulasäureester von Phytosterolen (γ -Oryzanol) in Reis: Dissertation. Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München, 2004.

61. Ostlund R. E., Jr., McGill J. B., Zeng C. M., Covey D. F., Stearns J., Stenson W. F., Spilburg C. A. Gastrointestinal absorption and plasma kinetics of soy Delta (5)-phytosterols and phytostanols in humans // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2002. № 282. P. E911–E916.

62. Ostlund Richard E. Jr. Phytosterols in human nutrition // *Annu Rev. Nutr. FIELD Full Journal Title: Annual review of nutrition*. 2002. № 22. P 533–49.

63. Schulz T. Molekulare Grundlagen der Stereoselektivität Lipase-katalysierter Umsetzungen: Dissertation. Fakultät Chemie der Universität Stuttgart, 2001.

64. Dressler D., Potter H. Katalysatoren des Lebens: Struktur und Wirkung von Enzymen. Spektrum Akad. Verlag, 1992. 258 p.

65. Bornscheuer U. T. Hydrolases in organic synthesis – Regio- and Stereoselective Biotransformations: Monographie. Second edition. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2005. 356 p.

66. Wang X., Wang C.-S., Tang J., Dyda F., Zhang X. C. The crystal structure of bovine bile salt activated lipase: insights into the bile salt activation mechanism // *Structure*. 1997. № 5(9). P. 1209–1218.

67. Ericsson D. J., Kasrayan A., Johansson P., Bergfors T., Sandstrom A. G., Backvall J.-E., Mowbray S. L., X-ray Structure of *Candida antarctica* Lipase A Shows a Novel Lid Structure and a Likely Mode of Interfacial Activation // *Journal of Molecular Biology*. 2008. № 376(1). P. 109–119.

68. Kasrayan A., Bocola M., Sandstroem A. G., Laven G., Baeckvall J.-E. Prediction of the *Candida antarctica* lipase A protein structure by comparative modeling and site-directed mutagenesis // *Chem. BioChem*. 2007. № 8(12). P. 1409–1415.

69. Pfeffer J., Richter S., Nieveler J., Hansen C.-E., Rhlid R., Schmid R., Rusnak M. High yield expression of Lipase A from *Candida antarctica* in the methylotrophic yeast *Pichia pastoris* and its purification and characterization // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2006. № 72(5). P. 931–938.

70. Rusnak M. Untersuchungen zur enzymatischen Enantiomerentrennung von Glykolethern und Etablierung neuer Methoden des synthetischen Shufflings: Dissertation. Der Fakultät Geo- und Biowissenschaften der Universität Stuttgart, 2004.

71. Weitkamp P., Vosmann K., Weber N. Highly Efficient Preparation of Lipophilic Hydroxycinnamates by Solvent-free Lipase-Catalyzed Transesterification // *J. Agric. Food Chem*. 2006. № 54(19). P. 7062–7068.

72. Vosmann K., Weitkamp P., Weber N. Solvent-free Lipase-Catalyzed Preparation of Long-Chain Alkyl Phenylpropanoates and Phenylpropyl Alkanoates // *J. Agric. Food Chem*. 2006. № 54(8). P. 2969–2976.

73. Strohalm H., Doldt S., Pendzialek K., Weiher M., Engel K.-H. Lipase catalyzed kinetic resolution: Preparation of optically pure esters of secondary alcohols // *J. Agric. Food Chem*. 2010. № 58(10). P. 6328–6333.

74. Trodler P., Pleiss J. Modeling structure and flexibility of *Candida antarctica* lipase B in organic solvents // *BMC Structural Biology*. 2008. № 8(1). P. 9.

75. Weber N., Weitkamp P., Mukherjee K. D. Fatty Acid Steryl, Stanyl, and Steroid Esters by Esterification and Transesterification in Vacuo Using *Candida rugosa* Lipase as Catalyst // *J. Agric. Food Chem.* 2001. № 49(1). P. 67–71.

76. Pereira E., De Castro H., De Moraes F., Zanin G. Kinetic studies of lipase from *Candida rugosa* // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2001. № 91-93(1). P. 739–752.

77. Santos R., Limas E., Sousa M., da Conceicao Castilho M., Ramos F., da Silveira M. I. N. Optimization of analytical procedures for GC-MS determination of phytosterols and phytostanols in enriched milk and yoghurt // *Food Chemistry*. 2007. № 102(1). P. 113–117.

78. Polizeli M. L. T. M., Rizzatti A. C. S., Monti R., Terenzi H. F., Jorge J. A., Amorim D. S. Xylanases from fungi: properties and industrial applications // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2005. № 67(5). P. 577–591.

79. Moreau R., Johnston D., Powell M., Hicks K. A comparison of commercial enzymes for the aqueous enzymatic extraction of corn oil from corn germ // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2004. № 81(11). P. 1071–1075.

80. Xiaoping Yuan, Jing Wang, Huiyuan Yao. Production of feruloyl oligosaccharides from wheat bran insoluble dietary fibre by xylanases from *Bacillus subtilis* // *Food Chemistry*. 2006. № 95. P. 484–492.

81. Betz M. NMR-spektroskopische Untersuchungen an der Xylanase aus *Bacillus agaradhaerens*: Dissertation. Johan Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, 2003.

82. Plesniak L. A., Wakarchuk W. W., McIntosh L. P. Secondary structure and NMR assignments of *Bacillus circulans* xylanase // *Protein science : a publication of the Protein Society*. 1996. № 5(6). P. 1118–1135.

83. Mastihubová M., Mastihuba V., Bilanicová D., Boreková M. Commercial enzyme preparations catalyse feruloylation of glycosides // *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 2006. № 38(1). P. 54–57.

84. Singh S., Pillay B., Prior B. A. Thermal stability of [beta]-xylanases produced by different *Thermomyces lanuginosus* strains // *Enzyme and Microbial Technology*. 2000. № 26(7). P. 502–508.

85. Naveen K., Agrawal S. C., Jain P. C. Production and properties of thermostable xylanase by *Thermomyces lanuginosus* NK-2 grown on lignocelluloses // *Biotechnology*. 2006. № 5(2). P. 148–152.

86. Di Gioia D., Sciubba L., Setti L., Luziatelli F., Ruzzi M., Zanichelli D., Fava F. Production of biovanillin from wheat bran // *Enzyme and Microbial Technology*. 2007. № 41(4). P. 498–505.

87. Hatzakis N. S., Smonou I. Asymmetric transesterification of secondary alcohols catalyzed by feruloyl esterase from *Humicola insolens* // *Bioorganic Chemistry*. 2005. № 33(4). P. 325–337.

88. Shin E.-C., Pegg R. B., Phillips R. D. et al. Commercial Runner peanut cultivars in the USA: Fatty acid composition // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2010. Vol. 112. Is. 2. P. 195–207.

89. Михайлов В. А., Вершинина О. Л., Росляков Ю. Ф., Шпаков А. В. Характеристика семян арахиса и их применение в хлебопечении // *Успехи современного естествознания*. 2005. № 5. С. 55.

90. Kota L. Total folate in peanuts and peanut products: Doctor of philosophy. Athens, Georgia, 2008. 165 p.

91. Терещук Л. В., Павлов С. С. Состав и свойства семян арахиса и продукты его переработки // *Кондитерское производство*. 2011. № 3. С. 20–21.

92. Петрова Т., Руйнова М., Параскова П. и др. Химический состав арахиса разных сортов // *Науч. тр. Хим. Пловдив. унив*. 2004. № 5. С. 139–142.

93. Yaw A. J., Richard A., Osei S.-K. et al. Chemical composition of groundnut, *Arachis hypogaea* (L) landraces // African Journal of Biotechnology. 2008. Vol. 7(13). P. 2203–2208.
94. Eshun G., Amankwah E. A., Barimah J. Nutrients content and lipid characterization of seed pastes of four selected peanut (*Arachis hypogaea*) varieties from Ghana // African Journal of Food Science. 2013. Vol. 7(10). P. 375–381.
95. Ayoola P. B., Adeyeye A., Onawumi O. O. Chemical evaluation of food value of groundnut (*Arachis hypogaea*) seeds // American journal of food and nutrition. 2012. № 2(3). P. 55–57.
96. Anyasor G. N., Ogunwenmo K. O., Oyelana O. A. et al. Chemical Analyses of Groundnut (*Arachis hypogaea*) Oil // Pakistan Journal of Nutrition. 2009. Vol. 8. Is. 3. P. 269–272.
97. Abdualrahman M. A. Y. Chemical, In-vitro Protein Digestibility, Minerals and Amino Acids Composition of Edible Peanut Seeds (*Arachis hypogaea* L.) // Science International. 2013. Vol. 1. Is. 6. P. 199–202.
98. Mora-Escobedo R., Hernández-Luna P., Joaquín-Torres I. C. et al. Physicochemical properties and fatty acid profile of eight peanut varieties grown in Mexico // CyTA – Journal of Food. 2014. Vol. 13(2). P. 1–5.
99. Chaiyadee S., Jogloy S., Songsri P. et al. Soil moisture affects fatty acids and oil quality parameters in peanut // International Journal of Plant Production. 2013. Vol. 7(1). P. 1735–8043.
100. Singkham N., Jogloy S., Kesmala T. et al. Genotypic variability and genotype by environment interactions in oil and fatty acids in high, intermediate and low oleic acid peanut genotypes // J. Agric. Food Chem. 2010. Vol. 58. P. 6257–6263.
101. Isleib T. G., Pattee H. E., Sanders T. H. et al. Compositional and sensory comparisons between normal- and high-oleic peanuts // J. Agric. Food Chem. 2006. Vol. 54. P. 1759–1763.

102. Derbyshire E. J. A review of the nutritional composition, organoleptic characteristics and biological effects of the high oleic peanut // *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2014. Vol. 65(7). P. 1–10.
103. Alves R. D. M., Moreira A. P. B., Macedo V. S. et al. Regular intake of high-oleic peanuts improves fat oxidation and body composition in overweight/obese men pursuing a energy-restricted diet // *Obesity.* 2014. Vol. 22. Is. 6. P. 1422–1429.
104. Ingale S., Shrivastava S. K. Nutritional study of new variety of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) JL-24 seeds // *African Journal of Food Science.* 2011. Vol. 5(8). P. 490–498.
105. Settaluri V. S., Kandala C. V. K., Puppala N., Sundaram J. Peanuts and Their Nutritional Aspects – A Review // *Food and Nutrition Sciences.* 2012. Vol. 3. P. 1644–1650.
106. Campos-Mondragón M. G., Calderón De La Barca A. M. et al. Nutritional composition of new peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars // *Grasas y aceites.* 2009. Vol. 60. № 2. P. 161–167.
107. Salesa J. M., Resurreccion A. V. A. Resveratrol in Peanuts // *Food Science and Nutrition.* 2014. Vol. 54. Is. 6. P. 734–770.
108. Hasan M. M., Cha M., Bajpai V. K., Baek K.-H. Production of a major stilbene phytoalexin, resveratrol in peanut (*Arachis hypogaea*) and peanut products: a mini review // *Reviews in Environmental Science and Biotechnology.* 2012. Vol. 12. Is. 3. P. 209–221.
109. Hathorn C. S., Sanders T. H. Flavor and Antioxidant Capacity of Peanut Paste and Peanut Butter Supplemented with Peanut Skins // *J. Food Sci.* 2012. Vol. 77(11). P. 407–411.
110. Swatsitang P., Chuendchom P., Jogloy S. Antioxidant capacity and total phenolics of peanut testae // *Khon Kaen Agr. J.* 2011. Vol. 39. P. 48–52.
111. Jain D., Ebine N., Jia X. et al. Corn fiber oil and sitostanol decrease cholesterol absorption independently of intestinal sterol transporters in hamsters // *The Journal of Nutritional Biochemistry.* 2008. Vol. 19(4). P. 229–236.

112. Руженцова Т. А. Фитостерины в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний // Лечащий врач: мед. науч.-практ. журнал. 2010. № 7. С. 66–70.
113. Santas J., Codony R., Rafecas M. Phytosterols: Beneficial Effects. Natural Products: Springer, Berlin, Heidelberg. 2013. P. 3437–3464.
114. Лещанская О. А., Бубнова М. Г., Перова Н. В. Современные подходы к питанию больных с атерогенными дислипидемиями // Профилактическая медицина. 2004. № 4. С. 31–37.
115. Погожева А. В., Перова Н. В., Дербенева С. А. Оценка эффективности продукта, обогащенного фитостеринами, для коррекции гиперхолестеринемии // Consilium Medicum. 2008. Т. 10. № 11. С. 103–108.
116. Demonty I., Ras T. R., Henk C. M. et al. Continuous dose-response relationship of the LDL-cholesterol-lowering effect of phytosterol intake // Journal of nutrition. 2010. Vol. 139(2). P. 271–284.
117. Gül M. K., Amar S. Sterols and the phytosterol content in oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Journal of Cell and Molecular Biology. 2006. Vol. 5. P. 71–79.
118. Szterk A., Roszko M., Sosińska E. et al. Chemical Composition and Oxidative Stability of Selected Plant Oils // J. Am. Oil Chem. Soc. 2010. Vol. 87. P. 637–645.
119. Kuna A., Raju N. P., Poshadri A. Phytosterols as functional ingredients for dairy foods // Indian journal of dairy sciences. 2011. Vol. 64(5). P. 359–367.
120. Shin E. C., Pegg R. B., Phillips R. D., Eitenmiller R. R. Commercial peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars in the United States: phytosterol composition // J. Agric. Food Chem. 2010. Vol. 58(16). P. 9137–9146.
121. Curhan G. C., Taylor E. N. 24-h uric acid excretion and the risk of kidney stones // Kidney Int. 2008. Vol. 73. P. 489–496.
122. Taylor E. N., Curhan G. C. Oxalate Intake and the Risk for Nephrolithiasis // J. Am. Soc. Nephrol. 2007. Vol. 18. P. 2198–2204.

123. Finkelstein V. A., Goldfarb D. S. Strategies for preventing calcium oxalate stones // *CMAJ*. 2006. Vol. 174(10). P. 1407–1409.
124. Park H., Eom M., Yang J. W. et al. Peanut-induced acute oxalate nephropathy with acute kidney injury // *Kidney Research and Clinical Practice*. 2014. Vol. 33. Is. 2. P. 109–111.
125. Chai W., Liebman M. Oxalate content of legumes, nuts, and grain-based flours // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2005. Vol. 18. P. 723–729.
126. Judprasong K., Charoenkiakul S., Sungpuag P. et al. Total and soluble Oxalate Content in Thai Vegetables, Cereal Grains and Legume Seeds and their Changes after Cooking // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006. Vol. 19. P. 340–347.
127. Sasaki M., Murakami M., Matsuo K. et al. Oxalate nephropathy with a granulomatous lesion due to excessive intake of peanuts // *Clin Exp Nephrol*. 2008. Vol. 12. P. 305–308.
128. Kmiecik W., Lisiewska Z., Supski J. Effects of freezing and storing of frozen products on the content of nitrates, nitrites, and oxalates in dill (*Anethum graveolens* L) // *Food Chem*. 2004. № 1. P. 105–111.
129. Ленерт С. О. Формування якості овочево-сиркових паст підвищеної біологічної цінності: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Київ, 2011. 20 с.
130. Дубініна А. А., Колесник В. В., Круглова О. С., Ольховська В. С. Дослідження вмісту оксалатів у ботанічних сортах томатів, районуваних у Східній Україні // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг.* Харків, 2008. Вип. 2(8). С. 334–338.
131. Pele M. Peanut allergens: review // *Romanian Biotechnological Letters*. 2010. Vol. 15. № 2. P. 5204–5212.
132. Sicherer S. H., Muñoz-Furlong A., Godbold J. H., Sampson H. A. US prevalence of self-reported peanut, tree nut, and sesame allergy: 11-year follow-up // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2010. Vol. 125. № 6. P. 1322–1326.

133. Sáiza J., Montealegre C., Marinaa M. L., García-Ruiz C. Peanut Allergens: An Overview // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013. Vol. 53. Is. 7. P. 722–737.
134. Cabanos C., Urabe H., Tandang-Silvas M. R. et al. Crystal structure of the major peanut allergen Ara h 1 // *Molecular Immunology*. 2011. Vol. 49. № 1–2. P. 115–123.
135. Palmer G. W., Dibbern D. A. Jr., Burks A. W. et al. Comparative potency of Ara h 1 and Ara h 2 in immunochemical and functional assays of allergenicity // *Clinical Immunology*. 2005. Vol. 115. № 3. P. 302–312.
136. Koppelman S. J., Knol E. F., Vlooswijk R. A. A. et al. Peanut allergen Ara h 3: isolation from peanuts and biochemical characterization // *Allergy*. 2003. Vol. 58. № 11. P. 1144–1151.
137. Wen H. W., Borejsza-Wysocki W., DeCory T. R., Durst R. A. Peanut allergy, peanut allergens, and methods for the detection of peanut contamination in food products // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2007. Vol. 6. № 2. P. 47–58.
138. Jin T. C., Guo A. F., Chen Y. W. et al. Crystal structure of Ara h 3, a major allergen in peanut // *Molecular Immunology*. 2009. Vol. 46. № 8–9. P. 1796–1804.
139. Chen X., Wang Q., El-Mezayen R. et al. Ara h 2 and Ara h 6 have similar allergic effector activity and are substantially redundant // *International Archives of Allergy and Immunology*. 2013. Vol. 160. № 3. P. 251–258.
140. Lehmann K., Schweimer K., Reese G. et al. Structure and stability of 2S albumin-type peanut allergens: implications for the severity of peanut allergic reactions // *Biochemical Journal*. 2006. Vol. 395. № 3. P. 463–472.
141. Riecken S., Lindner B., Petersen A. et al. Purification and characterization of natural Ara h 8, the Bet v 1 homologous allergen from peanut, provides a novel isoform // *Biol Chem*. 2008. Vol. 389(4). P. 415–423.

142. Lauer I., Dueringer N., Pokoj S. et al. The non-specific lipid transfer protein, Ara h 9, is an important allergen in peanut // *Clin Exp Allergy*. 2009. Vol. 39(9). P. 1427–1437.
143. Moghaddam A. E., Hillson W. R., Noti M. et al. Dry roasting enhances peanut-induced allergic sensitization across mucosal and cutaneous routes in mice // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2014. Vol. 134. Is. 6. P. 1453–1456.
144. Vissers Y. M., Iwan M., Adel-Patient K. et al. Effect of roasting on the allergenicity of major peanut allergens Ara h 1 and Ara h 2/6: the necessity of degranulation assays // *Clinical and Experimental Allergy*. 2011. Vol. 41. № 11. P. 1631–1642.
145. Cabanillas B., Maleki S. J., Rodr'iguez J. et al. Heat and pressure treatments effects on peanut allergenicity // *Food Chemistry*. 2012. Vol. 132. № 1. P. 360–366.
146. Yang W. W., Mwakatage N. R., Goodrich-Schneider R. et al. Mitigation of major peanut allergens by pulsed ultraviolet light // *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Vol. 5. № 7. P. 2728–2738.
147. Zhao X., Yang W., Chung S.-Y. et al. Reduction of IgE Immunoreactivity of Whole Peanut (*Arachis hypogaea* L.) After Pulsed Light Illumination // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. Vol. 7. Is. 9. P. 2637–2645.
148. Chung S. Y., Champagne E. Using magnetic beads to reduce peanut allergens from peanut extracts // *Journal of Allergy Clinical Immunology*. 2010. Vol. 125. № 2. Sup. 1. P. 223.
149. Perkins T., Schmitt D. A., Isleib T. G. et al. Breeding a hypoallergenic peanut // *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2006. Vol. 117. Sup. 2. P. 328.
150. Kikuchi S., Saito Y., Ryuto H. et al. Effects of heavy-ion beams on chromosomes of common wheat, *Triticum aestivum* // *Mutation Research*. 2009. Vol. 669. № 1–2. P. 63–66.

151. Cabanos C. S., Katayama H., Urabe H. et al. Heavy-ion beam irradiation is an effective technique for reducing major allergens in peanut seeds // *Molecular Breeding*. 2011. Vol. 30. № 2. P. 1037–1044.

152. Chu Y., Faustinelli P., Ramos M. L. et al. Reduction of IgE binding and nonpromotion of *Aspergillus flavus* fungal growth by simultaneously silencing Ara h 2 and Ara h 6 in peanut // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56. № 23. P. 11225–11233.

153. Ananga A., Dodo H., Konan K. Elimination of the three major allergens in transgenic peanut (*Arachis hypogea* L) // *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*. 2008. Vol. 44. P. 36–37.

154. Cabanillas B., Pedrosa M. M., Rodríguez J. et al. Influence of enzymatic hydrolysis on the allergenicity of roasted peanut protein extract // *International Archives of Allergy and Immunology*. 2011. Vol. 157. № 1. P. 41–50.

155. Guo R., Shi X., White B. et al. Allergenicity of peanut proteins is retained following enzymatic hydrolysis // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2011. Vol. 129. № 2. P. 367.

156. Lia H., Yub J., Ahmednaa M., Goktepe I. Reduction of major peanut allergens Ara h 1 and Ara h 2, in roasted peanuts by ultrasound assisted enzymatic treatment // *Food Chemistry*. 2013. Vol. 141. Is. 2. P. 762–768.

157. Process for preparing hypoallergenic and/or non-allergenic peanut butter and associated products: Pat. 2010080870 US MPK A23J3/14 / Ahmedna M., Yu J., Goktepe I.; patent owner Ahmedna M., Yu J., Goktepe I. № 20090631325; appl. 04.12.2009; publ. 01.04.2010.

158. Song Y. S., Frias J., Martinez-Villaluenga C. et al. Immunoreactivity reduction of soybean meal by fermentation, effect on amino acid composition and antigenicity of commercial soy products // *Food Chemistry*. 2008. Vol. 108. № 2. P. 571–581.

159. Bu G. H., Luo Y. K., Zhang Y., Chen F. Effects of fermentation by lactic acid bacteria on the antigenicity of bovine whey proteins // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010. Vol. 90. № 12. P. 2015–2020.

160. Crevel R. W. R., Kerkhoff M. A. T., Koning M. M. G. Allergenicity of refined vegetable oils // *Food and Chemical Toxicology*. 2000. Vol. 38. P. 385–393.

161. Embaby H. E. Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein Digestibility of Peanut and Sesame Seeds // *Food Sci. Technol. Res*. 2011. Vol. 17(1). P. 31–38.

162. El-Beltagi H. S. Characterization of isoenzymes, enzyme activities and protein profiles of roasted peanut (*Arachis hypogaea* L.) // *EJEAFChe*. 2010. Vol. 9(6). P. 1099–1109.

163 Mubarak N. M., Sahu J. N., Abdullah E. C., Jayakumar N. S. Removal of heavy metals from wastewater using carbon nanotubes // *Separation and Purification Reviews*. 2014. Vol. 43. Is. 4. P. 311–313.

164. Radjabi R., Niyaki S. A. N. Monitoring of Cd and Pb in local and imported peanut specimens of Iran market // *Res. J. Biol. Sci*. 2010. Vol. 5. Is. 8. P. 517–520.

165. Ching J. A. Phytoremediation and Biomarker Potentials of *Arachis hypogaea* L. (Peanut) to Heavy Metals in Soils. University of Santo Tomas Manila, 2008. 149 p.

166. Ching J. A., Binag C. A., Alejandro G. J. D. Uptake and distribution of some heavy metals in peanut (*Arachis hypogaea* L.) grown in artificially contaminated soils // *Philippine Agricultural Scientist*. 2008. Vol. 91(2). P. 134–142.

167. Hajeb P., Sloth J. J., Shakibazadeh Sh. et al. Toxic Elements in Food: Occurrence, Binding, and Reduction Approaches // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13. P. 457–472.

168. Ленерт С. А., Летута Т. Н., Круглова О. С. Разработка оптимального способа обработки белых корнеплодов с целью снижения

токсических веществ // Чистый город. Чистая река. Чистая планета: материалы 3-го междунар. эколог. Форума, 17–18 ноября 2011 г. Херсон: Херсонская торгово-промышленная палата, 2011.

169. Дубініна А. А. Наукове обґрунтування формування споживних властивостей фортифікованих паст із фруктів та овочів: дис. ... доктора техн. наук: 05.18.15. Харків, 2014. 395 с.

170. Akkurt İ., Günoğlu K., Mavi B., Kara A. Natural radioactivity concentration of peanuts in Osmaniye-Turkey // American Institute of Physics. 2012. Vol. 1476(1). P. 245–248.

171. Заєць В. А., Мохнач О. І. Можливості зниження концентрації радіонуклідів у продуктах і рекомендації щодо режиму харчування людей // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79-ї міжнар. наук. конф. молодих учених, асп. і студ., 15–16 квітня. Київ: НУХТ, 2013. Ч. II. С. 746–748.

172. Wild C. P., Gong Y. Y. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue // Carcinogenesis. 2010. Vol. 31. № 1. P. 71–82.

173. Коростелева Л. А., Коцаев А. Г. Экология микроорганизмов с основами биотехнологии. Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2010. 274 с.

174. Soleimany F., Jinap S., Abas F. Determination of mycotoxins in cereals by liquid chromatography tandem mass spectrometry // Food Chemistry. 2012. Vol. 130. P. 1055–1060.

175. Bakhiet S. E. A., Musa A. A. A. Survey and determination of aflatoxin levels in stored peanut in Sudan // Jordan Journal of Biological Sciences. 2010. Vol. 4. № 1. P. 13–20.

176. Oliveira C. A. F., Gonçalves N. B., Rosim R. E., Fernandes A. M. Determination of aflatoxins in peanut products in the northeast region of São Paulo, Brazil // International Journal of Molecular Sciences. 2009. Vol. 10(1). P. 174–183.

177. Codex Alimentarius Commission (CAC) Joint FAO/WHO food standards programme, codex committee on food additives and contaminants. Thirty third session of CODEX. Hague, Netherland. 2001.

178. Stojanovska-Dimzoska B., Hajrulai-Musliu Z., Dimitrieska-Stojković E. et al. Occurrence of aflatoxins in peanuts and peanut products determined by liquid chromatography with fluorescence detection // Food Institute, Faculty of Veterinary Medicine. 2013. Vol. 124. P. 27–35.

179. Abbas M., Khan A. M., Asi M. R., Akhtar J. Pervasiveness of Aflatoxin in Peanuts Growing in the Area of Pothohar, Pakistan // World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012. Vol. 69. P. 624–627.

180. Kamika I., Takoy L. L. Natural occurrence of Aflatoxin B1 in peanut collected from Kinshasa, Democratic Republic of Congo // Food Control. 2011. Vol. 22. Is. 11. P. 1760–1764.

181. Розалёнок Т. А., Сидорин Ю. Ю. Исследование и разработка антимицробной композиции для пищевых упаковок // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 2. С. 130–134.

182. Грішина І. О., Панасенко Т. В. Визначення вмісту нітратів в овочах // Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2009. Вип. 14. № 2. С. 236–241.

183. Дубініна А. А. Особливості накопичення контамінантів овочевими культурами // Товари і ринки. Київ, 2012. № 2(14). С. 130–139.

184. Ганчук В. Д., Христіансен М. Г., Бутенко О. М. та ін. Моніторинг нітратів та заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2012. № 6(60). С. 47–49.

185. Mestrallet M. G., Carnacini L., Días M. J. et al. Honey Roasted Peanuts and Roasted Peanuts from Argentina. Sensorial and Chemical Analyses // Grasas y Aceites. 2004. Vol. 55. P. 401–408.

186. Olson N. George Washington Carver: Ingenious Inventor. Capstone, 2006. 257 p.

187. American Peanut Council. About The Peanut Industry. Value-Added Products. URL: [http://www.peanutsusa.com /USA/index.cfm?fuseaction=home.page&pid=12](http://www.peanutsusa.com/USA/index.cfm?fuseaction=home.page&pid=12)

188. Preparation method of household peanut butter: Pat. 101946928 China: MPK A23L1/308, A23L1/38 / Qingli Yang, Feng Zhu, Jie Sun et al.; patent owner Shandong Peanut Res Inst. № 20101272828; appl. 02.09.2010; publ. 19.01.2011.

189. Paste like peanut butter: Pat. 1692828 China: MPK A23L1/38 / Wang Chaosheng; patent owner Wang Chaosheng. № 20051017615; appl. 25.05.2005; publ. 09.11.2005.

190. Nutrient peanut butter and preparation method thereof: Pat. 103653082 (A) China: MPK A23L1/38 / He Canhua, Zhang Yingyang; Nantong Shuanghe Food Co LTD. № 20131626504 20131202; appl. 02.12.2013; publ. 26.03.2014.

191. Арахісове масло: пат. 51236 Україна: МПК 6, А23L1/38 / Скоповський М. Д., Мартинюк В. М., Колоденко М. В., Дідійчук К. А.; заявник і патентовласник ЗАП «Мрія». № 2002020931; заявл. 05.02.2002; опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11. 3 с.

192. Арахісове масло: пат. 20751 Україна: МПК 6, А23L 1/36 / Шатов С. Ю.; заявник і патентовласник ТОВ «Луко». № u200608168; заявл. 20.07.2006; опубл. 15.02.2007, Бюл. № 2. 3 с.

193. Горіхово-соняшникова халва «Халва соняшникова з арахісом»: пат. 36696 Україна: МПК⁶ А23G3/00 / Чуйко В. Г. ; заявник і патентовласник Чуйко В. Г. № 2000010477; заявл. 28.01.2000; опубл. 15.03.2005, Бюл. № 3. 2 с.

194. Трубочки вафельні «Арахісові»: пат. 47383 Україна: А21D13/08 / Савченко Ю. В.; заявник і патентовласник ТОВ «Дизайн-євробуд». № 2002021410; заявл. 19.02.02; опубл. 17.06.02, Бюл. № 6. 2 с.

195. Конфеты двухслойные с медом: пат. 2520647 Российская Федерация: МПК⁶ А23G3/36, А23G3/54 / Ишемгулов А. М., Ишемгулова З. Р., Исхаков Ю. Г.; заявитель и патентообладатель Гос. бюджетное учреждение

Башкирский научно-исследовательский центр по пчеловодству и апитерапии.
№ 2013110006/13; заявл. 05.03.2013; опубл. 27.06.2014. 3 с.

196. Кондитерское изделие: пат. 2012155775 Российская Федерация: МПК⁶ A23G3/00 / Ткешелашвили М. Е.; заявитель и патентообладатель Ткешелашвили М. Е. № 2012155775/13; заявл. 24.12.2012; опубл. 27.06.2014. 3 с.

197. Способ производства щербета: пат. 2457683 Российская Федерация: МПК⁶ A23G3/36, A23L1/29 / Казанцева И. Л., Рамазаева Л. Ф., Цымбал Л. И.; заявитель и патентообладатель Гос. образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет». № 2010153652/13; заявл. 27.12.2010; опубл. 10.08.2012. 3 с.

198. Pat. 103734613 (A) China, МПК A23L1/164, A23L1/36. Brown sugar peanut cake / Liu Haosheng ; Xiaojian technology dalian Co. – № 20131707904 20131220 ; appl. 20.12.2013 ; publ. 23.04.2014. – 2 p.

199. Peanut ice cream and preparation method thereof: Pat. 102907556 (A) China: МПК A23G9/42 / Zhao Yuncai, Li Qiang; patent owner Harbin paterna biotechnology dev CO LTD. № 20121481639 20121123; appl. 23.11.2012; publ. 06.02.2013. 4 p.

200. Кондитерское драже: пат. 39452 Российская Федерация: МПК⁶ A23G3/00 / Нисимов Н. Я.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Кондитерский комбинат «Озерский сувенир». № 2004104210/20; заявл. 16.02.2004; опубл. 10.08.2004. 3 с.

201. Preparation method for chocolate peanut kernels: Pat. 103478373 (A) China: МПК A23L1/164, A23L1/36 / Zhang Wenpu, Tang Liren; patent owner Hualong rushan food CO LTD. № 20131376432 20130827; appl. 27.08.2013; publ. 01.01.2014. 3 p.

202. Coated peanut and preparation method thereof: Pat. 103070280 (A) China: МПК A23G3/48, A23G3/54 / Huang Lingjia; patent owner Qingdao jiade

foods CO LTD. № 20121596305 20121227; appl. 27.12.2012; publ. 01.05.2013. 3 p.

203. Peanut milk candy: Pat. 103652245 (A) China: MPK A23G3/46, A23G3/48 / Zhou Changming; patent owner Yingshang haoyuan food CO LTD. № 20131677524 20131213; appl. 13.12.2013; publ. 26.03.2014. 4 p.

204. Кондитерське драже «Арахіс в йогурті»: пат. 52777 Україна: МПК⁹ A23G 3/00 / Клименко К. І.; заявник і патентовласник Приватна виробничо-торгівельна фірма «Кріоліт-Дніпро». № u201002218; заявл. 01.03.2010; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17. 2 с.

205. Processing technology for roasting coated peanuts Pat. 103749926 (A) China: MPK A23G3/48, A23L1/36 / Lu Zhijin; patent owner Lu Zhijin. № 2014122111 20140117; appl. 17.01.2014; publ. 30.04.2014. 2 p.

206. Головачева Н. Е. Разработка технологии переработки ядер орехов и арахиса: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Москва, 2003. 28 с.

207. Extraction manufacturing technology of peanut oil: Pat. 103509646 (A) China: MPK A23D9/02, C11B1/06 / Zhang Wenwei, Mao Hui; Danyang Zhengda Oil Co LTD. № 20131494745 20131020; appl. 20.01.2013; publ. 15.01.2014. 4 p.

208. Preparation method of cold-pressed peanut oil: Pat. 103320213 (A) China: MPK A23D9/02, C11B1/00, C11B1/04, C11B3/00 / Liu Li Na, Xu Tongcheng, Du Fangling et al.; patent owner Inst agro food shandong AAS. № 2013126579720130628; appl. 28.06.2013; publ. 25.09.2013. 2 p.

209. Method for producing peanut oil flavor substance by carrying out enzymolysis on cold pressed peanut meal: Pat. 103284116 (A) China: MPK A23L1/226 / Xu Tongcheng, Ma Zhiliang, Liu Li Na et al.; patent owner Inst agro food shandong AAS. – № 2013126318720130628; appl. 28.06.2013; publ. 16.07.2014. 3 p.

210. Preparation method for refining peanut oil from peanuts: Pat. 103275805 (A) China: MPK A23D9/02, A23K1/14, C11B1/00, C11B1/04 / Sha Xue; patent owner Sha Xue. № 2013117102720130510; appl. 10.05.2013; publ. 04.09.2013. 2 p.

211. Low temperature refining method for pressed peanut oil: Pat. 102732378 (A) China: MPK A23D9/04, C11B3/00, C11B3/06, C11B3/16/ Zhihe Lan, Zhanhong Zhang, Yaogang Liu; patent owner Grease branch of jizhong energy xingtai mining industry group Co LTD. № 20121165338 20120518; appl. 18.05.2012; publ. 17.10.2012. 2 p.

212. Method for preparing oil by using whole peanut kernels: Pat. 101993775 (A) China: MPK A23D9/02, C11B1/04, C11B1/10 / Jianxiong Feng, Guangxian Liu, Hui Wang et al.; patent owner Jiangxi province academy of agricultural sciences. № 20101568515 20101201; appl. 01.12.2010; publ. 21.11.2012. 2 p.

213. Peanut Oil Production: Pat. 2009181125 (A1) US: MPK A23D9/007, A23D9/02, A23L1/36, C11B1/04, C11B1/06, C11B1/10 / Zhou Zhiwei, Huang Hong Zhi; patent owner Novozymes As. № 20060913421 20060607; appl. 08.06.2005; publ. 16.07.2009. 3 p.

214. Fragrant peanut oil and preparation method thereof: Pat. 103509643 (A) China: MPK A23D9/02, A23K1/14, C11B1/00, C11B1/04 / Zhao Guangbin Shandong yuhuang oils & foodstuffs Co LTD. № 20131431593 20130922; appl. 22.09.2013; publ. 15.01.2014. 3 p.

215. Peanut oil: Pat. 103651969 (A) China: MPK A23D9/02, C11B1/04, C11B1/06, C11B3/00 / Du Guoxia; patent owner Du Guoxia. № 2013166368520131210; appl. 10.12.2013; publ. 26.03.2014. 3 p.

216. Peanut oil production method capable of avoiding fragrance loss: Pat. 103343045 (A) China: MPK A23D9/04, C11B1/00 / Wu Liangxin; patent owner Henan yi abundant oil Co LTD. № 20131279671 20130705; appl. 05.07.2013; publ. 09.10.2013. 3 p.

217. Healthcare peanut oil with calcium supplementing function: Pat. 103478299 (A) China: MPK A23D9/04, C11B1/00, C11B1/02, C11B1/06, C11B3/00 / Guan Tianqiu; patent owner Guan Tianqiu. № 20131461543 20130930; appl. 30.09.2013; publ. 17.09.2014. 2 p.

218. Preparation method of creamy health-care peanut oil: Pat. 103468394 (A) China: MPK A23D9/04, C11B1/00, C11B1/02, C11B1/06, C11B3/00 / Xu Shangsong; patent owner Dingyuan county jinheng oil plant chuzhou jinheng grease industry Co LTD. № 2013140862020130910; appl. 10.09.2013; publ. 25.12.2013. 4 p.

219. Cold pressed flax, peanut and rapeseed edible blend oil: Pat. 103238676 (A) China: MPK A23D9/04 / Liu Hongju; patent owner Liu Hongju. № 20131167991 20130422; appl. 22.04.2013; publ. 14.08.2013. 2 p.

220. Peanut mixed oil with oxidation stabilization: Pat. 20130055351 (A) China: MPK A23D9/00, A23D9/02 / Park Bock Hee, Cho Hee Sook, Kim Sun Hee; Jares shinan; patent owner Mokpo nat univ ind acad coop. № 20110121051 20111118; appl. 18.11.2011; publ. 31.12.2013. 3 p.

221. Peanut-sesame blend oil: Pat. 103125617 (A) China, MPK A23D9/04 / Ma Jun, Chen Kechang, Li Anzhu, Wu Feng, Li Chuanyong; patent owner Shandong guangda riyue oil Co LTD. № 2011138123520111126; appl. 26.11.2011; publ. 05.06.2013. 2 p.

222. Preparation method of olive peanut blend oil: Pat. 102960474 (A) China: MPK A23D9/04 / Yu Hanxin, Yu Qiang, Kong Decheng, Wang Qing, Song Furong; patent owner Qingdao tianxiang foods group Co LTD. № 20121520089 20121207; appl. 07.12.2012; publ. 13.03.2013. 4 p.

223. Biological selenium-rich aromatic peanut oil and production method thereof: Pat. 102643713 (A) China: MPK A23D9/02, C11B1/04, C11B1/06, C11B3/00 / Guanyong Gao, Ning Chen; patent owner Shandong jinsheng grain oil group Co LTD. № 20121111804 20120417; appl. 17.04.2012; publ. 10.07.2013. 3 p.

224. Михайлов В. А. Совершенствование технологии и процесса производства хлебобулочных изделий, обогащённых продуктами переработки семян арахиса: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Краснодар, 2008. 24 с.

225. Sesame and peanut short bread and method for making same: Pat. 103749631 (A) China: MPK A21D13/08, A21D2/36 / Lu Zhijin; patent owner Lu Zhijin. № 2014122353 20140117; appl. 17.01.2014; publ. 30.04.2014. 2 p.

226. Композиция для приготовления хлеба «Тибет-Праздничный»: пат. 2277337 Российская Федерация: МПК A21D2/00, A21D8/02 / Кузнецов Г. М., Кузнецов Ю. Г., Кузнецова Л. П.; заявители и патентообладатели Кузнецов Г. М., Кузнецов Ю. Г., Кузнецова Л. П. № 2 2003104102/13; заявл. 27.01.2005; опубл. 10.06.2006.

227. Скокан Є. Горіхи та арахіс для кондитерських виробів тривалого зберігання // Кондитерское производство. 2007. № 1. С. 46–47.

228. Protein peptide peanut milk and preparation method thereof: Pat. 102113569 China: MPK A23C11/10 / Cheng Chen, Wenhui Liu, Wenyu Liu et al.; patent owner Heilongjiang prov light ind scient res academy. № 20111062141; appl. 15.03.2011; publ. 06.07.2011.

229. Preparation method of natural peanut milk: Pat. 103749712 (A) China: MPK A23C11/10 / Zhou Guangying; patent owner Zhou Guangying. № 2014143063 20140129; appl. 29.01.2014; publ. 30.04.2014. 2 p.

230. Peanut milk nutrient solution prepared from peanut meal protein extracting solution: Pat. 103734319 (A) China: MPK A23C9/152, A23C9/156 / Wang Chengming, Wang Chaoying, Zhang Feng, Gao Jiefen; patent owner Univ huazhong agricultural. № 20131700623 20131219; appl. 19.12.2013; publ. 23.04.2014. 6 p.

231. Peanut milk tea: Pat. 103355413 (A) China: MPK A23C9/156, A23F3/14 / Li Xingming; patent owner Li Xingming. № 2013121631120130604; appl. 04.06.2013; publ. 23.10.2013. 3 p.

232. Manufacturing method of walnut-peanut healthy beverage: Pat. 103719291 (A) China: MPK A23C11/10 / Hu Benkui; patent owner Hu Benkui. № 20131732877 20131227; appl. 17.01.2014; publ. 30.04.2014. 2 p.

233. Спосіб отримання сирного продукту м'якого на основі сухого знежиреного молока з використанням концентрату ядер арахісу та борошна

кукурудзяного: пат. 57054 Україна: МПК А23С 19/00 / Перцевий Ф.В., Обозна М.В.; заявник і патентовласник Харківський держ. ун-т харч. та торг. № u201008599; заявл. 09.07.2010; опубл. 10.02.2011. 3 с.

234. Способ получения сгущенного молочного продукта: пат. 2266660 Российская Федерация: МПК А23С9/18, А23С9/00 / Жукова Л. П., Жукова Э. Г.; заявитель и патентообладатель Орловский гос. техн. ун-т. № 2004120652/13; заявл. 06.07.2004; опубл. 27.12.2005.

235. Трегуб О. В. Джерела продуктивності та адаптивності гречки // Генетичні ресурси рослин. 2016. № 18. С. 77–87.

236. Тригуб О. В., Харченко Ю. В., Рябчун В. К., Григоращенко Л. В., Докукіна К. І. Широкий уніфікований класифікатор роду Гречки (*Fagopyrum Mill.*). Устимівка, 2013. 54 с.

237. Беленіхіна А., Костромітін В. Просо: забуті переваги // Агробізнес сьогодні. 2012. № 10. С. 42–45.

238. Хрунгу Н. К., Набенита Деватасан, Иван Крефт, Мария Лисен. Идентификация и молекулярная характеристика гранулировано-связанной синтазы крахмала, извлеченной из гречихи // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 4(25). С. 70–76.

239. Juan Gu, Hong Yan, Gu Zhengbiao. Study on Physico-chemical Properties of Buckwheat Starch // Food and Fermentation Industries. 2009. Vol. 30(11). P. 104–108.

240. Инг Ванг, Чен Дзя, Фенг Ибаили. Состояние процесса производства и разработка стратегий в отношении продуктов из гречихи в Китае // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 4(25). С. 9–14.

241. Зенкова А. Н., Панкратьева И. А., Политуха О. В. Гречневая крупа – продукт повышенной пищевой ценности // Хлебопродукты. 2013. № 1. С. 42–44.

242. Семенова А. Б. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки круп'яних культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2014. 144 с.

243. Yang Fulian, Yin Xia, Beilei Ren. Extract of dietary fiber from buckwheat shells by alkaline hydrolysis // *Cereals and Oils*. 2009. Vol. 7. P. 23–25.

244. Yuan Fu, Zhang Meili, Wen Houjuan. Preparation of Antioxidant Peptides from Buckwheat Albumin by Enzymatic Hydrolysis // *Food Science*. 2009. Vol. 30(15). P. 142–147.

245. Bonafaccia G., Gambelli L., Fabjan N., Kreft I. Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat // *Food Chem*. 2003. Vol. 83, Is. 1. P. 1–5.

246. Грищенко Р. Є. та ін. Вміст основних елементів живлення в рослинах гречки залежно від системи удобрення // *Землеробство: міжвідомчий темат. наук. зб.* Київ, 2004. Вип. 76. С. 101–105.

247. Алексеева Е. С., Никитчук А. В. Гречиха татарская – разрушение стереотипов // *Хранение и переработка зерна*. 2000. № 6. С. 31–33.

248. Мягчилов А. В. Флавоноиды растений *Fagopyrum sagittatum* Gilib. (гречихи посевной) и серпухи венценосной (*Serratula coronata* L.) (методы выделения, идентификация веществ, перспективы использования): дис. ... канд. биол. наук: 03.02.14. Владивосток, 2014. 110 с.

249. Кривченкова М. В., Клышинская Е. В., Ильиных М. А., Бутова С. Н. Растительные флавоноиды как функциональные добавки в косметических и пищевых продуктах // *Вестник Российской академии естественных наук*. 2012. № 3. С. 47–51.

250. Matsunaga N., Chikaraishi Y., Shimazawa M. et al. *Vaccinium murtillus* (Bilberry) Extracts Reduce Angiogenesis In Vitro and In Vivo // *Evid. Based Complement. Alternat. Med*. 2010. Vol. 7. № 1. P. 47–56.

251. Неборская Н. Г. Разработка технологии кулинарной продукции из микронизированных продуктов гречневой и пшениной круп: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Новосибирск, 2009. 149 с.

252. Бірюкова О. В., Горбачова С. М. Характеристика сортів проса, занесених до Державного реєстру сортів рослин, при вирощуванні в умовах

Східного Лісостепу України // Селекція і насінництво. 2012. Вип. 102. С. 195–201.

253. Григоращенко Л. В., Холод С. Г., Рудник О. І. та ін. Широкий уніфікований класифікатор проса (*Panicum miliaceum* L.). Харків, 2009. 63 с.

254. Беленіхіна А. В., Костромітін В. М. Просу – гідну увагу // Агробізнес сьогодні. 2012. № 21/22. С. 35–37.

255. Григоренко О. М. Розробка продуктів харчування, збагачених мікроелементами, як засіб вирішення проблеми гіпер- і гіпомікроелементозів // Вісник ДонНУЕТ. 2013. № 1(57). С. 33–41.

256. Холод С. Г. Господарсько-цінні властивості зразків проса, залучених до колекції Устимівської дослідної станції рослинництва // Корми і кормовиробництво. 2013. Вип. 77. С. 54–60.

257. Гармаш Т. П. Біоаккумуляція як процес накопичення токсикантів в організмі // Вісник проблем біології і медицини. 2010. № 2. С. 20–22.

258. Huang Y., Peng L., Liu Y. et al. Evaluation of essential and toxic elements concentrations in different parts of buckwheat // Czech J. Food Sci. 2013. Vol. 31, № 3. P. 249–255.

259. Басов Ю. А., Басов А. Ю. Особенности аккумуляции тяжелых металлов гречихой в условиях техногенеза // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 4(25). С. 39–43.

260. Horbowicz M., Dębski H., Wiczowski W. et al. The Impact of Short-Term Exposure to Pb and Cd on Flavonoid Composition and Seedling Growth of Common Buckwheat Cultivars // Pol. J. Environ. Stud. 2013. Vol. 22. № 6. P. 1723–1730.

261. Suman K., Kalpan A. Effects of heavy metal stress on callus induction and regeneration of Finger millet (*Eleusine coracana*) (L.) Gaertn // Research Journal of Recent Sciences. 2013. Vol. 2. P. 24–28.

262. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи: ГН 6.6.1.1-130-2006. Київ, 2006. 13 с.

263. Wild C. P., Gong Y. Y. Mycotoxins and human disease: a largely ignored globalhealth issue // *Carcinogenesis*. 2010. Vol. 31. № 1. P. 71–82.
264. Curhan G. C., Taylor E. N. 24-h uric acid excretion and the risk of kidney stones // *Kidney Int*. 2008. Vol. 73. P. 489–496.
265. Taylor E. N., Curhan G. C. Oxalate Intake and the Risk for Nephrolithiasis // *J. Am. Soc. Nephrol*. 2007. Vol. 18. P. 2198–2204.
266. Дубініна А. А., Ольховська В. С., Колесник В. В., Круглова О. С. Дослідження вмісту оксалатів у ботанічних сортах томатів, районуваних у Східній Україні // *Прогресивна техніка та технологія харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. Х., 2008. С. 334–338.*
267. Ravindran G. Studies on millets: Proximate composition, mineral composition, and phytate and oxalate contents // *Food Chemistry*. 1999. Vol. 39. P. 99–107.
268. Danik M. Martirosyan. Introduction to Functional Food Science: Textbook. Second Edition // Create Space Independent Publishing Platform. 2014. Vol. 1. 624 p.
269. Mardar M., Tkachenko N., Znachek R., Leonardi C. Optimization of formulation composition of the crispbread with improved consumer properties // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2017. № 2/3(34). С. 22–29
270. Mardar M., Ustenko I., Macari A., Znachek R. Application of HACCP principles for quality and safety in the development of grain products of wellness purpose // *Annals. Food Science and Technology*. 2017. Vol. 18. Issue 2. P. 138–144.
271. Жигунов Д. О., Мардар М. Р., Волошенко О. С., Брославцева І. В. Зерновий сніданок на основі вівсяних пластівців // *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 9(217). С. 26–28.
272. Mardar M., Yegorova A., Ustenko I., Stateva M., Cherevaty T. Modern technology of production and strategy of promotion of new cereal products on Ukrainian consumer market // *Харчова наука і технологія*. 2018. № 2. С. 89–99.

273. Mardar M., Krusir G., Znachek R., Agunova L. Bioassay in Safety Assessment of new Grain Products // Journal of Agriculture and Plant Sciences, JAPS. 2018. Vol 16. №. 1. P. 65–71.
274. Mardar M., Znachek R., Zhygunov D., Macari A., Ustenko I. Spelt crisp bread – health food products // Modern technologies, in the food industry – 2018: Proceedings of the International Conference Technical / University of Moldova. Ch.: Tehnica-Info, 2018. P. 187–193.
275. Жигунов Д. О., Мардар М. Р., Соц С. М., Барковська Ю. С., Жигунова Г. Д. Дослідження технологічних властивостей пшениці та спельти як сировини для виробництва борошна і крупи // Наукові праці НУХТ. 2018. Т. 24, № 5. С. 208–217.
276. Aprakhimov D., Mardar M., Evtushenko A., Smolnikova F., Prokhasko L., Rebezov M., Khayrullin M. Justification of the optimal ratio of components in macaroni products enriched with composite mixture // International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7(4.38). P. 1327–1329.
277. Mardar M., Tkachenko N., Znachek L. Agunova Simulation of formulation composition of the enriched spelt cereal products // Food Science and Applied Biotechnology. 2019. Vol. 2(2). P. 110–120.
278. Крефт Иван, Икеда Кийоказу, Икеда Саёко. Разработка функционально новых продуктов питания на основе гречихи обыкновенной и татарской // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 4(25). С. 15–17.
279. Дубініна А. А., Попова Т. М., Бондаренко В. Ф. Нові продукти функціонального призначення на основі зерна гречки // Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 13–14 травня 2013 р.: тези доп. Х.: ХДУХТ, 2013. С. 21–22.
280. Романенко Г. А. 30 лет Международной ассоциации исследователей гречихи (IBRA) – вехи и тенденции // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 4. С. 2–4.

281. Mardar M., Stateva M., Agunova L. Development of a new product of high nutrition value under the quality function development methodology // Journal of critical reviews. 2020. Vol. 7(9). P. 390–399.

282. Дубініна А. А., Попова Т. М. Застосування технології екструзії під час виробництва нових видів зернових продуктів // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: міжнар. наук.-практ. конф., 8–11 вересня 2015 р.: тези доп. Х.: ХДУХТ, 2015. С. 259–260.

283. Композиція інгредієнтів для виробництва мюслі «Овочево-гречані» преміум: пат. на корисну модель 28784. Україна: МПК (2006.01) A23L 1/164 / Щербина М. А. № u200708153; заявл. 18.07.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.

284. Печенье диабетическое «полезное»: пат. на изобретение 2011132833 Российская Федерация: МПК A21D13/00 (2006.01) / Полякова Е. Д., Заикина М. А., Иванова Т. Н., Дидковская Т. М.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ). № 2011132833/14; заявл. 04.08.2011; опубл. 27.11.2013, Бюл. № 33.

285. Кисломолочна паста з композиціями прянощів: пат. на корисну модель 95375 Україна: МПК A23C 9/13 (2006.01) / Ющенко Н. М., Кузьмик У. Г., Іващук Х. С.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. № u201406523; заявл. 11.06.2014; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24.

286. Дубініна А. А., Попова Т. М., Іванніков П. В. Замочування та ферментація круп: шляхи підвищення їх біологічної цінності та засвоюваності // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2015 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2015. Ч. 1. С. 193–194.

287. 12-й Международный Симпозиум по гречихе. URL: <http://www.vniizbk.ru/ru/international/152-12-.html>.

288. Способ производства молочного продукта «Коже Тенгри»: пат. на изобретение 26839 Республика Казахстан: KZ A4 A23C 19/03 / Алимарданова М. К. № 2012/0205.1; заявл. 22.02.12; опубл. 15.05.13, Бюл. № 5. 6 с.

289. Экструзийный картоплепродукт «Повітряна картопля пшоняно-молочно-морквяна»: пат. на корисну модель 55323 Україна: МПК 51A23L-1/214 / Шульга О. С., Ковбаса В. М., Шульга С. І. № 201006768; заявл. 01.06.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. 4 с.

290. Жаркеев М. К. Разработка технологии национального крупяного продукта: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. М., 2011. 26 с.

291. Матвеева Т. В., Корячкина С. Я. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография. Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. 358 с.

292. Фарш рибний з кашею з цільних зерен есо: пат. на корисну модель 60030 Україна: МПК A23L 1/00 / Пересічний М. І.; Кравченко І. В.; заявник та патентовласник Київський національний торговельно-економічний університет. № u201013387; заявл. 10.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

293. Крупеник з клітковиною: пат. на корисну модель 67123 Україна, МПК A23L 1/00 / Пересічна С. М.; Калашнік Ю. І.; заявник та патентовласник Київський національний торговельно-економічний університет. № u201103628; заявл. 28.03.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.

294. Способ получения напитка на основе растительного сырья: пат. на изобретение 2369272 Российская Федерация: МПК A23L 2/00 (2006.01) / Щепочкина Ю. А.; заявитель и патентообладатель Щепочкина Ю. А. № 2008133674/13; заявл. 15.08.2008; опубл. 10.10.2009, Бюл. № 28.

295. Способ производства кисломолочного продукта: пат. на изобретение 2006101252 Российская Федерация: МПК A23C 9/13 (2006.01) / Самофалова Л. А., Сафронова О. В.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО

«Орловский государственный технический университет» (ОрелГТУ). № 2006101252/13; заявл. 16.01.2006; опубл. 27.07.2007, Бюл. № 12.

296. Способ получения творожной пасты: пат. на изобретение RU0002243674C1 Российская Федерация / Лунева О. М., Иванова Т. М. № 2003131130/13; заявл. 22.10.2003; опубл. 10.01.2005. Бюл. № 10.

297. Творожный продукт: пат. на изобретение 2292724 Российская Федерация: МПК А23С 23/00 (2006.01) / Самофалова Л. А., Климова Е. В.; заявитель и патентообладатель ГОУВП «Орловский государственный технический университет» (ОрелГТУ). № 2005122777/13; заявл. 18.07.2005; опубл. 10.02.2007, Бюл. № 4.

298. Спосіб борошняних формованих виробів підвищеної харчової цінності: пат. на корисну модель 66013 Україна: МПК А23L 1/10 (2006.01) / Сафонова О. М., Дугіна К. В. № u201105215; заявл. 26.04.2011, опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24.

299. Экструзийный картоплепродукт «Повітряна картопля пшоняно-молочно-морквяна»: пат. на корисну модель 55323 Україна: МПК А23L 1/214 / Шульга О. С., Ковбаса О. М. № u201006768; заявл. 01.06.2010, опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.

300. Ибраимова С. Е., Уажанова Р. У., Мардар М. Р. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений при выборе хлебобулочных изделий // Механика и технологии. / Таразский гос. ун-т им. М. Х. Дулати (Казахстан). 2020. № 1(67). С. 129–133

301. Mardar M., Znachek R. Development of Wellness Grain Bread // IJAAES – International Journal of Anatolia Agricultural Engineering 2019. (Özel Sayı 1). P. 72–76.

302. Ibraimova S., Uazhanova R., Mardar M., Serikbaeva A., Tkachenko N., Zhygunov D. *Development of recipe composition of bread with the inclusion of juniper using mathematical modeling and assessment of its quality* // Eastern-European Journal of Enterprize Technologies. 2020. Vol 6, № 11(108). P. 6–16

303. Завертаний Д. В. Сучасний стан та перспективи розвитку хлібопекарської галузі України // Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління. 2015. Т. 14. Вип. 2(30). С. 194–201.

304. Корячкина С. Я., Ахмедова Д. К. Использование нетрадиционного сырья как способ повышения содержания пищевых волокон в хлебобулочных изделиях // Хлебопродукты. 2012. № 10. С. 56–57.

305. Смертина Е. С., Федянина Л. Н., Каленик Т. К. Перспективы применения нетрадиционного сырья растительного происхождения в хлебопечении // Хлебопечение. 2012. № 4. С. 12–14.

306. Назар М. І., Михайлюк Г. С., Сильчук Т. А. Впровадження виробництва хліба оздоровчого призначення // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 травня 2016 р. К.: НУХТ, 2016. С. 37–38.

307. Захарова А. С., Козубаева Л. А., Корякина Н. А. Использование шлифованного пшена в производстве сдобных хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2014. № 12. С. 42–43.

308. Козубаева Л., Захарова А. Хлеб с добавлением шлифованного пшена // Хлебопродукты. 2007. № 3. С. 37–38.

309. Темникова О. Е. Совершенствование хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки гречихи: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Самара, 2012. 113 с.

310. Козубаева Л. Хлеб с гречневый проделом // Хлебопекарное производство. 2007. № 12. С. 18–19.

311. Непомнящих А. В., Захарова А. С. Сдобные булочки с гречневой // Инновационные технологии в пищевой промышленности: тезисы докл. IX междунар. науч.-практ. конф., 7–8 окт. 2010 г. Минск, 2010. С. 45–47.

312. Калинова В. В., Щербатюк С. І., Гаєвська Н. В. Перспективи використання розмеленого зерна проса при виробництві пшеничного хліба // Збірник наук. праць молод. учених, аспірантів і студентів Одеської національної академії харчових технологій. 2014. С. 18–20.

313. Корячкина Н. А., Захарова А. С. Булочные изделия с пшеном шлифованным // Наука и молодежь – 2013: тезисы докл. X Всерос. науч.-техн. конф. студ., аспирантов и молод. ученых / АлтГТУ. Барнаул, 2013. С. 32.

314. Спосіб виробництва харчового продукту лікувально-профілактичної дії на основі пророслого зерна: пат. на корисну модель 54288 Україна: МПК А21D 13/02 (2006.01) / Голубєв О. В.; заявник та патентовласник ТОВ «УКР ЕКО-ХЛІБ». № u201002575; заявл. 09.03.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21

315. Исакова Г., Гаврюшенко Т., Усибалиев А. и др. Использование гречневой муки в производстве хлеба // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития: тезисы докл. 15-й Всерос. науч.-практ. конф., 18 апр. 2014 г. / Урал. гос. кон. ун-т. Екатеринбург, 2014. С. 9–12.

316. Ярошевич Т. С., Ярошевич О. М. Використання пшона шліфованого у виробництві пшеничного хліба // Товарознавчий вісник. 2014. № 7. С. 199–204.

317. Білково-гречаний хліб: пат. на корисну модель 75423 Україна: МПК (2012.01), А21D 8/00, А21D 13/00 / Гордієнко Т. В., Семенова А. Б., Михонік Л. А., Дробот В. І.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. № u201207607; заявл. 20.06.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

318. Способ производства хлеба: пат. на изобретение RU0006574369C1 Российская Федерация: МПК А23С23/00 / Козлов О. І., Садигова М. К. № 2010123000/13; заявл. 04.06.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. 9.

319. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2271104 Российская Федерация: МПК А21D 8/02 (2006.01) А21D 2/36 (2006.01) / Козубаева Л. А., Захарова А. С.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ). № 2004121393/13; заявл. 12.07.2004; опубл. 10.03.2006, Бюл. № 7.

320. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2376765 Российская Федерация: МПК A21D 8/02 (2006.01), A21D 2/36 (2006.01) / Козубаева Л. А., Захарова А. С.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова: (АлтГТУ). № 2008105133/13; заявл. 11.02.2008; опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36.

321. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2290812 Российская Федерация: МПК A21D 8/02 (2006.01), A21D 2/36 (2006.01) / Козубаева Л. А., Захарова А. С.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ). № 2005111119/13; заявл. 15.04.2005; опубл. 10.01.2007, Бюл. № 1.

322. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2512159 Российская Федерация: МПК A21D 13/02 (2006.01) / Пономарева Е. И., Шторх Л. В., Застрогина Н. М.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»). № 2013100451/13; заявл. 10.01.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10.

323. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2435404 Российская Федерация: МПК A21D 8/02 (2006.01) A21D 2/36 (2006.01) / Козлов О. И., Садыгова М. К.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». № 2010123000/13; заявл. 04.06.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.

324. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2460302 Российская Федерация, МПК A21D 8/02 (2006.01), A21D 2/36 (2006.01), A23L 1/18 (2006.01) / Шабурова Г. В., Курочкин А. А., Авроров Г. В., Сударикова В. В., Мурашкина О. А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия». № 2011113563/13; заявл. 07.04.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.

325. Способ производства хлеба: пат. на изобретение 2154945 Российская Федерация: МПК A21D 13/02 (2000.01) / Исаев П. И. № 99119989/13; заявл. 22.09.1999; опубл. 27.08.2000, Бюл. № 24.

326. Спосіб виготовлення хліба, хлібобулочних та кондитерських виробів з екструдованих продуктів: пат. на корисну модель 26500 Україна: МПК A21D 8/00 / Олешко О. М., Олешко О. М. № u200705219; заявл. 14.05.2007; опубл. 25.09.2007, Бюл. № 15.

327. Гречка. Технічні умови: ДСТУ 4524:2006. К., 2007. 8 с.

328. Просо. Требования при заготовках и поставках: ГОСТ 22983-88. М., 2010. 8 с.

329. Крупа гречневая. Технические условия: ГОСТ 5550-74. М., 2003. 7 с.

330. Крупа пшено шлифованное. Технические условия: ГОСТ 572-60. М., 2010. 8 с.

331. Крупа. Правила приемки и методы отбора круп: ГОСТ 26312.1-84. М., 2010. 6 с.

332. Ядра бобів арахісу. Загальні технічні умови: ДСТУ 4504:2005. К.: Держспоживстандарт, 2006. 16 с.

333. Вироби хлібобулочні: правила приймання, методи відбирання проб, методи визначання органолептичних показників і маси виробів: ДСТУ 7044:2009. К., 2009. 10 с.

334. Вироби кондитерські. Правила приймання, методи відбору та підготовки проб: ДСТУ 4619:2006. К.: Держспоживстандарт, 2007. 14 с.

335. Олії рослинні. Методи відбирання проб: ДСТУ 4349:2004. К.: Держспоживстандарт, 2005. 23 с.

336. Концентраты пищевые. Технические условия. Методы анализа. Упаковка. Маркировка: ГОСТ 15113.0-77. М.: Изд-во стандартов, 2003. 5 с.

337. Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто складових частин: ДСТУ 4683:2006. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.

338. Масла растительные. Определение запаха, цвета и прозрачности: ГОСТ 5472-50. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 4 с.
339. Дослідження сенсорне. Ідентифікація та вибирання дескрипторів для створення сенсорного спектру за багатобічного підходу (ISO 11035:1994, IDT): ДСТУ ISO 11035:2005. К.: Держспоживстандарт, 2007. 34 с.
340. Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин: ДСТУ 4910:2008. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 16 с.
341. Масла растительные. Методы определения влаги и летучих веществ: ГОСТ 11812-66. М.: Изд-во стандартов, 2001. 5 с.
342. Корма, комбикорма, методы определения влажности: ГОСТ 1340096-3-92. М., 2002. 8 с.
343. Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирого протеїну: ДСТУ 7169:2010. К.: Держспоживстандарт, 2011. 22 с.
344. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира: ГОСТ 13496.15-97. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.
345. Вироби кондитерські. Методи визначення масової частки жиру: ДСТУ 5060:2008. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 23 с.
346. Вироби кондитерські. Методи визначення цукрів: ДСТУ 5059:2008. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 36 с.
347. Болдырева О. И., Мозгунова Е. М. Методы исследования пищевых продуктов: методические указания к лабораторным работам. Оренбург: ОГУ, 2012. 70 с.
348. Корми для тварин. Визначення вмісту сирогої клітковини методом проміжного фільтрування: ДСТУ ISO 6865:2004. К., 2004. 14 с.
349. Корми для тварин. Визначення вмісту сирогої золи методом озолення: ДСТУ ISO 5984:2004. К., 2005. 4 с.

350. Влізло В. В., Федорук Р. С., Макар І. А. та ін. Фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині. Львів, 2004. 400 с.

351. Корми для тварин. Методи визначення вмісту амінокислот: ДСТУ ISO 13903:2009. К., 2011. 9 с.

352. Масла растительные. Метод определения жирно-кислотного состава: ГОСТ 30418-96. Минск, 1997. 7 с.

353. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення складу стеринової фракції. Газохроматографічний метод: ДСТУ ISO 6799-2002. К., 2003. 13 с.

354. Андрєєва Л.В., Вербицький П. І., Віщур О. І. та ін. Фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. 3-тє вид. Л.: Ін-т біології тварин УААН, 2004. 399 с.

355. Кошелева О. В. Определения витамина С в биологически активных добавках к пище и пищевых продуктах, обогащенных микронутриентами // Вопросы питания. 2005. № 31. С. 19–23.

356. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия: ГОСТ 30504-97. М., 2000. 9 с.

357. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания натрия: ГОСТ 30503-97. М., 1999. 7 с.

358. Корми для тварин. Визначення вмісту кальцію. Ч. 1. Титрометричний метод (ISO 6490-1:1985, IDT): ДСТУ ISO 6490-1:2004. К., 2005. 8 с.

359. Корми для тварин. Визначення вмісту фосфору. Спектрометричний метод (ISO 6491:1998, IDT): ДСТУ ISO 6491:2004. К., 2006. 10 с.

360. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания магния: ГОСТ 30502-97. М.: Изд-во стандартов, 1999. 6 с.

361. Корма растительные. Методы определения железа: ГОСТ 27998-88. М., 1989. 10 с.
362. Корма растительные. Методы определения марганца: ГОСТ 27997-88. М.: Межгосударственный стандарт, 2002. 7 с.
363. Олії. Методи визначення кислотного числа: ДСТУ 4350:2004 (ISO 660:1996). К.: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
364. Масла растительные. Метод измерения перекисного числа: ГОСТ 26593-85. М.: Изд-во стандартов, 2001. 5 с.
365. Способ определения перекисного числа жировой фазы эмульсионного жирового продукта прямого типа: пат. 2337357 Российская Федерация: МПК G01N33/03 / Косцова Т. Е., Комаров Н. В.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт жиров» Российской академии сельскохозяйственных наук. № 2007113037/13; заявл. 10.04.2007; опубл. 27.10.2008. 5 с.
366. Покровский А. А., Ертанов Н. Д. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами *in vitro* // Вопросы питания. 1965. № 3. С. 38–44.
367. Тедеева Л. Ф. Лабораторный практикум по товароведению зерномучных товаров. Изд. 2-е, перераб. и доп. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2015. 148 с.
368. Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників: ДСТУ 7045:2009. К., 2009. 38 с.
369. Юрчак В. Г., Арсеньєва Л. Ю., Махинько В. М. та ін. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві. К.: Кондор, 2010. 439 с.
370. Дробот В. І., Арсеньєва Л. Ю., Білик О.А. та ін. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв. К.: Центр навч. літ-ри, 2006. 341 с.
371. Козлов М. Г., Томский К. А. Светотехнические измерения. СПб.: Петербургский ин-т печати, 2004. 320 с.

372. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: ГОСТ 26929-94. М., 2010. 9 с.

373. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. Минск, 1997. 13 с.

374. Кравченко Н. И., Коваленко Г. Д., Лихтарев И. А. Активность, удельная активность и объемная активность бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах объектов технологических и природных сред. Методика выполнения измерений с использованием спектрометра энергий бета-излучения сцинтиляционного типа СЕБ-01. МИ-12-05-99 / ГНПО «Метрология», Украинский НИИ экологических проблем, Ин-т радиационной защиты АТН Украины. К., 1999. 69 с.

375. Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В₁ и М₁: ГОСТ 30711-2001. Минск, 2003. 16 с.

376. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Методы определения содержания нитратов: ДСТУ 4948:2008. К., 2009. 20 с.

377. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов: ГОСТ 26668-85. М., 2008. 6 с.

378. Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів: ДСТУ 8446:2015. К.: Держспоживстандарт України, 2017. 31 с.

379. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий): ГОСТ 30518-97. М., 2005. 7 с.

380. Продукты пищевые. Методы определения дрожжей и плесневых грибов: ГОСТ 10444.12-88. М., 2001. 8 с.

381. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella* (EN 12824:1997, IDT): ДСТУ EN 12824:2004. К., 2008. 25 с.

382. Камиль А.-Б. М., Прудников В. Г., Шаповалов С. О. и др. Оценка биологической полноценности белков молока // Научно-технический бюллетень ИТ НААН. 2013. № 109(2). С. 57–64.

383. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді: Державні гігієнічні нормативи: ГН 6.6.1.1-130-2006. Київ, 2006. 13 с.

384. Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Методи визначення вмісту поліфенолів: ДСТУ 4373:2005. К., 2006. 10 с.

385. Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63–75.

386. Pisoschi A. M., Negulescu G.P., Review A. Methods for Total Antioxidant Activity Determination // Biochem. & Anal. Biochem. 2011. № 1. P. 106. DOI: 10.4172/2161-1009.1000106.

387. Бриленок Н. С., Вершинин И. В., Бахарева М. В. Оценка антиоксидантной активности полифенолов по методу FRAP в присутствии комплексантов // Аналитика и контроль. 2016. Т. 20. № 3. С. 209–217.

388. Кузнецов Д. Ю., Трошина Т. Л. Кластерный анализ и его применение // Ярославский педагогический вестник. 2006. № 4. С. 103–107.

389. Половикова О. Н., Фокина В. В. Использование евклидова и манхэттенского расстояний в качестве меры близости для решения задачи классификации // Известия Алтайского государственного университета. 2010. № 1. С. 101–102.

390. Льяконов В. П. Mathcad 11/12/13 в математике. Справочник. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 928 с.

391. Пахомов А. Н. Разработка метода многокритериальной оптимизации пищевых рационов по показателям сбалансированности и функциональности // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2004. № 5–6. С. 124–125.

392. Дуденко Н. В. та ін. Нутриціологія: навч. посібник. Х.: Світ Книг, 2013. 560 с.

393. Матвеева Т. В., Петік П. Ф., Федякіна З. П. Математичне обґрунтування складання сумішей олій // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 3/6(63). С. 26–28.

394. Боева А. Ю. Формирование улучшенных потребительских свойств кулинарных изделий на основе морской капусты путем совершенствования их состава и технологии производства: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.15. М., 2010. 28 с.

395. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes // OJEU. 2010. L276. P. 33–79.

396. Lytkin D. V., Zagayko A. L., Briukhanova T. O. The effect of third-generation aromatase inhibitors on aromatase activity in visceral adipose tissue // Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2018. № 9(2). P. 209–215.

397. Jordania da Silva V. et al. Obesity induction in hamster that mimics the human clinical condition // Experimental Animals. 2017. № 66(3). P. 235–244.

398. França C. N., Mendes C. C., Ferreira C. Time collection and storage conditions of lipid profile [Published online] // Brazilian journal of medical and biological research. 2018. № 51(3). Article ID e6955. URL: <http://doi.org/10.1590/1414-431X20176955>.

399. Indrayan A., Malhotra K. R. Medical biostatistics. 4thed. Boca Raton: CRC Press, 2018. 685 p.

400. Gerspach A. C. Enzymatische Hydrolyse von Hydroxyzimtsäuresterylstanylestern. Bachelor's Thesis, 2007.

401. Gitlesen T., Bauer M., Adlercreutz P. Adsorption of lipase on polypropylene powder // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Lipids and Lipid Metabolism. 1997. № 1345(2). P. 188–196.

402. Suelter C. H. Experimentelle Enzymologie. Grundlagen für die Laborpraxis. Gustav Fischer Verlag. 1990. 267 p.

403. Kessler H. G., Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Molkereitechnologie. 1996. Vol. Auflage.

404. Chmiel H. Bioprozesstechnik. Spektrum Akad. Verlag. 2007.

Vol. Auflage. 420 p.

405. Al-Duri B., Yong Y. P. Lipase immobilisation: an equilibrium study of lipases immobilised on hydrophobic and hydrophilic/hydrophobic supports // *Biochemical Engineering Journal*. 2000. № 4(3). P. 207–215.

406. Hartmeier W. *Immobilisierte Biokatalysatoren*. Springer-Verlag. 1986. 205 p.

407. Salis A., Sanjust E., Solinas V., Monduzzi M. Characterisation of Accurel MP1004 polypropylene powder and its use as a support for lipase immobilization // *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 2003. № 24–25. P. 75–82.

408. Borch K., Christensen M. W. Process for preparing esters. 2001 - DK39 2001053511, 20010119., 2001.

409. Osborne A. P., Brick D., Rucroft G., Taylor I. N. Immobilization of Cholesterol Esterase for Use in Multiple Batch Biotransformations to Prepare (-)-FTC (Emtricitabine) // *Org. Process Res. Dev.* 2006. № 10(3). P. 670–672.

410. Fernandez-Lorente G., Palomo J. M., Mateo C., Munilla R., Ortiz C., Cabrera Z., Guisan J. M., Fernandez-Lafuente R. Glutaraldehyde Cross-Linking of Lipases Adsorbed on Aminated Supports in the Presence of Detergents Leads to Improved Performance // *Biomacromolecules*. 2006. № 7(9). P. 2610–2615.

411. Ralet M.-C., Faulds C. B., Williamson G., Thibault J.-F. Degradation of feruloylated oligosaccharides from sugar-beet pulp and wheat bran by ferulic acid esterases from *Aspergillus niger* // *Carbohydrate Research*. 1994. № 263(2). P. 257–269.

412. Bendicho S., Trigueros M. C., Hernández T., Martín O. Validation and Comparison of Analytical Methods Based on the Release of p-Nitrophenol to Determine Lipase Activity in Milk // *J. Dairy Sci.* 2001. № 84 (7). P. 1590–1596.

413. Bagi K., Simon L. M., Szajani B. Immobilization and characterization of porcine pancreas lipase // *Enzyme and Microbial Technology*. 1997. № 20(7). P. 531–535.

414. Topakas E., Vafiadi C., Stamatis H., Christakopoulos P. *Sporotrichum*

thermophile type C feruloyl esterase (StFaeC): purification, characterization, and its use for phenolic acid (sugar) ester synthesis // *Enzyme and Microbial Technology*. 2005. № 36(5-6). P. 729–736.

415. Vafiadi C., Topakas E., Alderwick L., Besra G., Christakopoulos P. Chemoenzymatic synthesis of feruloyl d-arabinose as a potential anti-mycobacterial agent // *Biotechnology Letters*. 2007. № 29(11). P. 1771–1774.

416. Rogel A., Stone W., Adebonojo F. A novel spectrophotometric assay for lipase activity utilizing cis -parinaric acid // *Lipids*. 1989. № 24(6). P. 518–525.

417. Ghatora S. K., Chadha B. S., Saini H. S., Bhat M. K., Faulds C. B. Diversity of plant cell wall esterases in thermophilic and thermotolerant fungi // *Journal of Biotechnology*. 2006. № 125(3). P. 434–445.

418. Crepin V. F., Faulds C. B., Connerton I. F. Functional classification of the microbial feruloyl esterases // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2004. № 63(6). P. 647–652.

419. Grabber J. H., Hatfield R. D., Lu F., Ralph J. Coniferyl Ferulate Incorporation into Lignin Enhances the Alkaline Delignification and Enzymatic Degradation of Cell Walls // *Biomacromolecules*. 2008. № 9(9). P. 2510–2516.

420. Topakas E., Vafiadi C., Christakopoulos P. Microbial production, characterization and applications of feruloyl esterases // *Process Biochemistry*. 2007. № 42(4). P. 497–509.

421. Kroon, P. A.; Faulds, C. B.; Brezillon, C.; Williamson, G., Methyl phenylalkanoates as substrates to probe the active sites of esterases // *European Journal of Biochemistry*. 1997. № 248(1). P. 245–251.

422. Patel R. N., Howell J. M., Banerjee A., Fortney K. F., Szarka L. J. Stereoselective enzymatic esterification of 3-benzoylthio-2-methylpropanoic acid // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1991. № 36(1). P. 29–34.

423. Howles P. N., Carter C. P., Hui D. Y. Dietary Free and Esterified Cholesterol Absorption in Cholesterol Esterase (Bile Salt-stimulated Lipase) Gene-targeted Mice // *J. Biol. Chem*. 1996. № 271(12). P. 7196–7202.

424. Ruttloff H. *Industrielle Enzyme*. Hamburg Behr's Verlag. 1994.

Vol. Auflage. 1038 p.

425. Субботина М. А. Факторы, определяющие биологическую ценность растительных масел и жиров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009. № 2. С. 86–90.

426. Кодекс Алиментариус. Переработанные фрукты и овощи. Нормы и правила по предотвращению и снижению контаминации арахиса афлатоксинами (CAC/RCP 55-2004): [пер. с англ.]. М.: Изд-во Весь Мир, 2007. С. 1–8.

427. Ritter M. M. C., Savage G. P. Soluble and insoluble oxalate content of nuts // Journal of Food Composition and Analysis. 2007. Vol. 20. P. 169–174.

428. Евтюгин Г. А., Будников Г. К., Стойкова Е. Е. Проблемы безопасности среды обитания человека. Безопасность продуктов питания. Казань: Казанский гос. ун-т им. В. И. Ульянова-Ленина, 2007. Ч. 2. 62 с.

429. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Аналіз хімічного складу гречаної крупи із гречки різних селекційних сортів // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 4/10(70). С. 58–62.

430. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Хімічний склад пшона із зерна проса різних сортів, районованих у Харківській області // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. Х., 2013. Вип. 2(18). С. 151–158.

431. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Аналіз амінокислотного складу та біологічної цінності білка крупи із гречки різних сортів // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2015. № 4(24). Т. 4. С. 55–61.

432. Дубинина А. А., Попова Т. Н., Ленерт С. А. Биологическая ценность белков пшена из зерна проса разных сортов // Товаровед продовольственных товаров. 2014. № 6. С. 10–17.

433. Рогов И. А. Химия пищи. Принципы формирования качества мясopодуктов. СПб.: Изд-во РАПП, 2008. 340 с.

434. Дубініна А., Попова Т., Ленерт С. Вітамінний і мінеральний склад крупів із гречки // Товари і ринки. 2014. № 2(18). С. 106–115.

435. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Порівняльний аналіз вітамінного та мінерального складу пшона із зерна проса різних сортів, районованих в Україні // *Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami – 2013: IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, 07–15 listopada 2013 r.: materiały. Rolnictwo: Przemysł: Nauka i studia, 2013. Vol. 32. P. 97–101.*

436. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: наказ МОЗ України 3272 від 18.11.99 р. // *Офіційний вісник. 1999. № 49. С. 340–347.*

437. Conforti F., Ioele G., Statti G. A. et al. Antiproliferative activity against human tumor cell lines and toxicity test on Mediterranean dietary plants // *Food and Chemical Toxicology. 2008. Vol. 46. P. 3325–3332.*

438. Yoshida Y., Niki E. Antioxidant effects of phytosterol and its // *Journal of Nutritional Science and Vitaminology. 2003. Vol. 49(4). P. 277–280.*

439. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Дослідження стероїдного комплексу крупи із гречки різних сортів // *Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2015. Т. 21, № 6. С. 204–210.*

440. Hes M., Goreska D., Dziedzic K. Antioxidant properties of extracts from buckwheat by-products // *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2012. № 11(2). P. 1670–174.*

441. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Вміст радіонуклідів у крупі з гречки різних сортів, поширених в Україні // *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р.: тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 241–242.*

442. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Дослідження здатності до накопичення радіонуклідів у пшоні із проса різних сортів // *Zprávy vědecké ideje – 2015: XI mezinárodní vědecko-praktická konference, 27 října –*

05 listopadu 2015 r.: materiály. Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. Díl 10. P. 48–52.

443. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Вміст нітратів у гречаній крупі та пшоні із гречки та проса різних сортів // Молодий вчений. 2015. № 10(25). Ч. 1. С. 8–11.

444. Дубинина А. А., Ленерт С. А., Попова Т. Н. Содержание оксалатов в гречневой крупе из гречки разных сортов // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. 2014. Vol. 2. № 5. P. 21–23.

445. Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерт С. О. Вміст оксалатів у пшоні із зерна проса різних сортів, поширених в Україні // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2014 р.: тези доп. у 2-х ч. Х.: ХДУХТ, 2014. Ч. 1. С. 180–181.

446. Винограй Э. Г. Общая теория организации и системно-организационный подход. Томск: Изд-во Томского университета, 1989. 236 с.

447. Фролова Н. В. Экологическая оценка содержания нитратов и нитритов в пищевых продуктах растительного и животного происхождения и методы их снижения: дис. канд. биол. наук: 03.00.16. Брянск, 2007. 151 с.

448. Beyer K., Morrow E., Li X.-M., Bardina L. Effects of cooking methods on peanut allergenicity // J. Allergy Clin. Immunol. 2001. № 6. P. 1077–1081.

449. Sayers R., Marsh J., Semic-Jusufagic A. et al. The effect of thermal processing on the allergenic activity of peanuts // Food Allergy and Anaphylaxis Meeting (FAAM). 2014. № 9–11. P. 59–61.

450. Turner P. J., Sayers R., Wong M. et al. Loss of allergenic proteins during boiling explains tolerance to boiled peanut in peanut allergy // Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2014. Vol. 134. Is. 3. P. 751–753.

451. Vissers Y. M., Blanc F., Skov P. S. et al. Effect of heating and glycation on the allergenicity of 2S albumins (Ara h 2/6) from peanut // PLoS ONE. 2011. Vol. 6. № 8.

452. Blanc F., Vissers Y. M., Adel-Patient K. et al. Boiling peanut Ara h 1 results in the formation of aggregates with reduced allergenicity // *Molecular Nutrition and Food Research*. 2011. Vol. 55. № 12. P. 1887–1894.

453. Свой бизнес: производство арахисовой пасты. URL: vse-temu.org/new-svoj-biznes-proizvodstvo-araxisovoj-pasty.html.

454. Ильяшенко Д. В., Воробьева А. С. Льняное масло как алиментарно-профилактический фактор в экологии питания // *Вестник Тверского государственного университета. Биология и экология*. Тверь, 2005. Вып. 1. С. 80–83.

455. Твердохлеб Г. В., Сажин Г. Ю., Раманаускас Р. И. Технология молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2006. 616 с.

456. Яшин Я. И. Какао – пища богов // *Химия и жизнь – XXI век*. 2010. № 8. С. 44–45.

457. Нагорнов С. А., Дворецкий Д. С., Романцова С. В., Таров В. П. Техника и технологии производства и переработки растительных масел. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.

458. Прокопенко Л. Г., Бойняжева Л. И., Павлова Е. В. Полиненасыщенные жирные кислоты в растительных маслах // *Масложировая промышленность*. 2009. № 2. С. 11–12.

459. Табакаева О. В., Каленик Т. К. Растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом // *Масложировая промышленность*. 2007. № 1. С. 21–22.

460. Никонович С. Н., Тимофеев Т. И., Спильник И. В., Скакалин Е. В. Специализированные смеси растительных масел функционального назначения // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2005. № 2–3. С. 73–75.

461. Окара А. И., Земляк К. Г., Каленик Т. К. Управление жирнокислотным составом и потребительскими свойствами растительных масел-смесей путем оптимизации рецептур // *Масложировая промышленность*. 2009. № 2. С. 8–10.

462. Никонович С. Н. Разработка новых типов растительных масел и биологически активных добавок для функционального питания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.10. Краснодар, 2005. 24 с.

463. Cheng Y., Cheng Y., Liu P. Preparation of nutritional blend oil based on double-low rapeseed oil // *Zhongguo youzhi. China Oils and Fats*. 2005. Vol. 30. № 9. P. 17–18.

464. Кулакова С. Н., Викторова Е. В. Растительные масла нового поколения и их роль в питании // *Масла и жиры*. 2006. № 9. С. 1–5.

465. Цехина Н. Н., Хасьянова Н. Г., Пирогова Н. А. и др. Изучение ингибирующего действия добавок масла шиповника в растительные масла // *Сб. науч. тр. МПА. М.: ГИОРД, 2008. Вып. VI/2. С. 180–185.*

466. Máriássyová M. Antioxidant activity of some herbal extracts in rapeseed and sunflower oils // *Journal of Food and Nutrition Research*. 2006. № 3. Vol. 45. P. 104–109.

467. Токаев Э. С., Манукьян Г. Г. Сравнительная характеристика антиоксидантной активности растительных экстрактов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2009. № 9. С. 36–39.

468. Ингибитор перекисного окисления: пат. 2460764 Российская Федерация: МПК: С11В5/00 / Башилов А. В.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси». № 2010146440/13; заявл. 15.11.2010; опубл. 10.09.2012. 3 с.

469. Спосіб стабілізації рослинної олії: пат. 69987 Україна: МПК С11В 5/00 / Усатюк С. І., Пелехова Л. С.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. № 69984; заявл. 24.10.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. 4 с.

470. Спосіб гальмування окиснення жирів, олій та жиромісних продуктів: пат. 89254 Україна: МПК¹⁴ С11В 5/00 / Білоус О. В., Демидов І. М.; заявник і патентовласник Білоус О. В., Демидов І. М. № u201314021; заявл. 02.12.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7. 2 с.

471. Драгонюк О. А., Драгонюк М. А., Марушко Л. П. Антиоксидантна дія екстрактів лікарських рослин родини Lamiaceae на стабільність олії соняшникової в процесі зберігання // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. 2012. № 17. С. 127–132.

472. Kamkar A., Javan A. J., Asadi F., Kamalinejad M. The antioxidative effect of Iranian Mentha pulegium extracts and essential oil in sunflower oil // Food and Chemical Toxicology. 2010. Vol. 48. P. 1796–1800.

473. Özcan M. M., Arslan D. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils // Food Chem. 2011. Vol. 129. Is. 1. P. 171–174.

474. Ayadi M., Kamoun N., Attia H. Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants // Food Chem. Toxicol. 2009. Vol. 47(10). P. 2613–2619.

475. Mei W. S. C., Ismail A., Esa N. M. et al. The Effectiveness of Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) Extract in Stabilization of Sunflower Oil under Accelerated Conditions // Antioxidants. 2014. Vol. 3(2). P. 371–386.

476. Роечко Т. Ф. Способы производства орехов с различными вкусами. URL: foodinnovation.ru/articles/8532.html.

477. Егоров Б. В., Мардар М. Р. Роль знаний и информации при разработке новых видов пищевых продуктов // Зернові продукти і комбікорма. 2011. № 1(41). С. 11–13.

478. Мардар М. Р. Проектування зернових продуктів з поліпшеними споживними властивостями на основі евристичної експертизи // Зернові продукти і комбікорма. 2012. № 3(47). С. 13–17.

479. Красовский П. А. Товарная экспертиза: теория и практика: монография в 2 ч. Ч. 2. Экспертные технологии. М.: МАКС Пресс, 2007. 384 с.

480. Козаков С. Хліб на заквасці – або «бездріжджовий хліб» // Харчовик (Пекарня та кондитерська). 2016. № 3/4. С. 16.

481. Улучшители качества хлеба: ферментные препараты с гемицеллюлазной активностью. URL: <http://www.russbread.ru/karta-saita.html>

482. Тесля О. Д., Дробот В. І., Бондаренко Ю. В. Перетравлюваність білків і вуглеводів хлібобулочних виробів за удосконаленого безопарного способу приготування тіста // Хранение и переработка зерна. 2010. № 9(135). С. 57–58.

483. Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови: ДСТУ-П 4588:2006. К., 2006. 24 с.

484. Офіційний сайт фірми «Пуратос Україна». URL: <http://www.puratos.com.ua/uk/>

485. Офіційний сайт компанії «Новоконтакт». URL: <http://novocontact.com.ua/about>

486. Дубініна А. А., Ленерт С. О., Попова Т. М. Використання пшона у виробництві хліба оздоровчого призначення // Харчова наука і технологія. 2016. Т. 10. Вип. 4. С. 18–24.

487. Guide for the care and use of laboratory animals. 8th ed. Washington: The National Academies Press, 2011. 246 p.

488. Gomez-Smith M. et al. A physiological characterization of the Cafeteria diet model of metabolic syndrome in the rat // Physiology & Behavior. 2016. № 167. P. 382–391.

489. Elffers T. W., de Mutsert R., Lamb H. J., de Roos A., Willems van Dijk K., Rosendaal F. R., Jukema J. W., Trompet S. Body fat distribution, in particular visceral fat, is associated with cardiometabolic risk factors in obese women // PloS one. 2017. Vol. 12(9). URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185403>

490. Liao C. C., Sheu W. H., Lin S. Y., Lee W. J., Lee I. T. The Relationship Between Abdominal Body Composition and Metabolic Syndrome After a Weight Reduction Program in Adult Men with Obesity // Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy. 2020. Vol. 13. P. 1–8. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S228954>

491. Paley C. A., Johnson M. I. Abdominal obesity and metabolic syndrome: exercise as medicine? // *BMC sports science, medicine & rehabilitation*. 2018. Vol. 10. 7. URL: <https://doi.org/10.1186/s13102-018-0097-1>

492. Fruh S. M. Obesity: Risk factors, complications, and strategies for sustainable long-term weight management // *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*. 2017. Vol. 29(S1). S3–S14. URL: <https://doi.org/10.1002/2327-6924.12510>

493. Varghese R. T., Dalla Man C., Sharma A., Viegas I., Barosa C., Marques C., Shah M., Miles J. M., Rizza R. A., Jones J. G., Cobelli C., Vella A. Mechanisms Underlying the Pathogenesis of Isolated Impaired Glucose Tolerance in Humans // *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2016. Vol. 101(12). P. 4816–4824. URL: <https://doi.org/10.1210/jc.2016-1998>

494. Den Hartogh D. J., Gabriel A., Tsiani E. Antidiabetic Properties of Curcumin II: Evidence from In Vivo Studies // *Nutrients*. 2016. Vol. 12(1). P. 58. URL: <https://doi.org/10.3390/nu12010058>

495. Hernández-Alonso P., Camacho-Barcia L., Bulló M., Salas-Salvadó J. Nuts and Dried Fruits: An Update of Their Beneficial Effects on Type 2 Diabetes // *Nutrients*. 2017. Vol. 9(7). P. 673. URL: <https://doi.org/10.3390/nu9070673>

496. Hou Y. Y., Ojo O., Wang L. L., Wang Q., Jiang Q., Shao X. Y., Wang X. H. A Randomized Controlled Trial to Compare the Effect of Peanuts and Almonds on the Cardio-Metabolic and Inflammatory Parameters in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus // *Nutrients*. 2018. Vol. 10(11). P. 1565. URL: <https://doi.org/10.3390/nu10111565>

497. Parry S. A., Woods R. M., Hodson L., Hulston C. J. A Single Day of Excessive Dietary Fat Intake Reduces Whole-Body Insulin Sensitivity: The Metabolic Consequence of Binge Eating // *Nutrients*. 2017. Vol. 9(8). P. 818. URL: <https://doi.org/10.3390/nu9080818>

498. Soliman G. A. Dietary Cholesterol and the Lack of Evidence in Cardiovascular Disease // *Nutrients*. 2018. Vol. 10(6). P. 780. URL: <https://doi.org/10.3390/nu10060780>

499. Silva Figueiredo P., Carla Inada A., Marcelino G., Maiara Lopes Cardozo C., de Cássia Freitas K., de Cássia Avellaneda Guimarães R., Pereira de Castro A., Aragão do Nascimento V., Aiko Hiane P. Fatty Acids Consumption: The Role Metabolic Aspects Involved in Obesity and Its Associated Disorders // *Nutrients*. 2017. Vol. 9(10). P. 1158. URL: <https://doi.org/10.3390/nu9101158>

500. Kaabia Z., Poirier J., Moughaizel M. et al. Plasma lipidomic analysis reveals strong similarities between lipid fingerprints in human, hamster and mouse compared to other animal species // *Sci. Rep.* 2018. Vol. 8. P. 15893. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34329-3>

501. Cha D., Park Y. Association between Dietary Cholesterol and Their Food Sources and Risk for Hypercholesterolemia: The 2012–2016 Korea National Health and Nutrition Examination Survey // *Nutrients*. 2019. Vol. 11(4). P. 846. URL: <https://doi.org/10.3390/nu11040846>

502. Human energy requirements, Report of a Joint FAO/ WHO/UNU Expert Consultation Rome.FAO, 2001.

503. Потребности в энергии и белке. Доклад Объединенного консультативного совещания экспертов ФАО/ВОЗ и УООН // Серия технических докладов ВОЗ № 724. Женева: ВОЗ, 1987.

504. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1982. 720 с.

505. Чугунова О. В., Заворохина Н. В. Использование методов дегустационного анализа при моделировании рецептур пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами: монография. М-во образования и науки РФ, Урал. гос. экон. ун-т, 2010. 148 с.

506. Хоменко О. О. Товарознавча оцінка арахісу та вдосконалення споживних властивостей продуктів з нього: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Харків, 2015. 301 с.

507. Попова Т. М. Товарознавча оцінка круп із гречки і проса та продуктів з їх використанням: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Харків, 2017. 258 с.

508. Індекс цін виробників. URL: <https://index.minfin.com.ua/economy/index/prodprice/>
509. Інтернет-магазин РОСТ. URL: https://rost.kh.ua/catalog/produktovaya_gruppa-xlebobulochnye_izdeliya-xleb/
510. Інтернет-магазин «Два Млина». URL: <https://dva-mlyna.com.ua/khlib-grechaniy/>
511. Інтернет-майданчик Prom.Ua. URL: <https://prom.ua>
512. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
513. Класифікація видів економічної діяльності. URL: http://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10_i.html
514. Податковий кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>
515. ФАО и ВОЗ. 2020. Устойчивое здоровое питание – Руководящие принципы. Рим. URL: <https://doi.org/10.4060/ca6640ru>
516. Королькова Е. Здоровый образ жизни: а есть ли тренд. URL: https://s0.rbk.ru/v6_top_pics/media/rbcpro_presentations/2019/755532500810075/presentation-8f3e557fe06c44b5928c3113b9b2783b.pdf
517. Локтев К. Тренд на здоровое питание: какую стратегию выбрать производителю. URL: <https://www.nielsen.com/ru/ru/insights/article/2017/health-revolution-what-strategies-should-producers-choose/>