

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДЗИГАР ОЛЬГА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 664.681.6

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРЕКЕРІВ З ДОДАВАННЯМ
ПОЛІПШУВАЧА ПРОТЕОЛІТИЧНОЇ ДІЇ, АМАРАНТОВОГО БОРОШНА
ТА ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 181 – Харчові технології
Галузь знань 18 – Виробництво та технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ О.О. Дзигар

Науковий керівник: Оболкіна Віра Іллівна,
доктор технічних наук, професор

Київ – 2020

АНОТАЦІЯ

Дзигар О.О. «Удосконалення технології крекерів з додаванням поліпшувача протеолітичної дії, амарантового борошна та пряно-ароматичної сировини» – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2020.

Дисертація присвячена удосконаленню технології крекерів з метою отримання нового асортименту конкурентоспроможної продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, подовженим терміном зберігання, оригінальними смаковими властивостями завдяки застосуванню поліпшувачів протеолітичної дії, пряно-ароматичної сировини пажитника сінного і монарди двійчастої, амарантового борошна і камеді аравійської акації – гуміарабіку.

На підставі аналізу інноваційних технологічних рішень у виробництві крекерів доведено перспективу у застосуванні поліпшувачів протеолітичної дії для покращення і стабілізації структурно-механічних властивостей тістового напівфабрикату та готових виробів. Вивчені процеси структуроутворення крекерного тіста із застосуванням ферментних препаратів на основі бактеріальної протеази і L-цистеїнових поліпшувачів. Доведено, що найбільш ефективним є поліпшувач «EMCESoft P 10» на основі амінокислоти L-цистеїн, який суттєво впливає на формування структурно-механічних властивостей крекерного тіста. На підставі математичного моделювання процесу приготування тіста для крекерів з поліпшеними структурно-механічними властивостями визначено оптимальне дозування поліпшувача «EMCESoft P 10», технологічні параметри приготування тіста (масову частку вологи та тривалість ферментації) з урахуванням показників якості пшеничного борошна. Встановлено поліпшення структури крекерів із застосуванням поліпшувача «EMCESoft P 10», збільшення пористості та намоочуваності.

Вивчені процеси структуроутворення крекерного тіста із застосуванням амарантового борошна та гуміарабіку. Встановлено, що амарантове борошно має низькі технологічні властивості, заміна пшеничного борошна на амарантове збільшує розрідження тіста та зменшує еластичність. Для корегування структурно-механічних властивостей крекерного тіста запропоновано внесення гідроколоїду гуміарабіку TM«Fibregum B», що дозволяє покращити показники якості композитних сумішей пшеничного та амарантового борошна, збільшує граничну напругу зсуву та зменшує адгезійну міцність тіста. На підставі математичного моделювання процесу приготування крекерного тіста методом багатofакторного експерименту визначено, що оптимальне дозування гуміарабіку становить 3,0 % до кількості суміші амарантового і пшеничного борошна, рекомендована масова частка води тіста 34,0 %, тривалість замісу – 45 хв. Дослідження форми зв'язку води крекерного тіста з додаванням борошна амаранту та гуміарабіку показали, що при використанні структуроутворювача спостерігалось міцне зв'язування води.

Доведена ефективність застосування пряно-ароматичної сировини монарди двійчастої та пажитника сінного у виробництві крекерів з покращеними органолептичними показниками та подовженим терміном зберігання. Визначено хімічний склад пряно-ароматичної сировини. Встановлено, що листки монарди двійчастої та пажитника сінного містять вітамін С, каротин, дубильні речовини, ефірну олію. Доведено її високий антиоксидантний потенціал завдяки наявності фенолкарбонових кислот, зокрема кавової, флавоноїдів, третбутилкатехолу, бутілгідрокінону. Визначено, що вміст флавоноїдних сполук становить 65 мг% (в перерахунку на рутин). Листки пажитника сінного містять фенолкарбонові кислоти, флавоноїдні сполуки (катехіни), хлорофіл, алкалоїд трегонелін, велику кількість органічних кислот, вуглеводів та амінокислот. Доведена ефективність застосування даної пряно-ароматичної сировини у якості природного антиоксиданту при розробці нового асортименту крекерів з подовженим терміном зберігання.

Встановлено, що при приготуванні крекерного тіста раціональна кількість порошків з листків монарди двійчастої становить 3,0 %, пажитника сінного – 2,0 % до маси жиру, який вноситься під час ламінування тістової стрічки. Дослідження зміни пероксидного та кислотного чисел кондитерського жиру показали, що під час зберігання протягом 12 місяців пероксидне число у зразку з порошком листків монарди було менше за контрольний зразок у 1,6 рази, з порошком листків пажитника у 1,4 рази, також спостерігалось сповільнення накопичення вільних жирних кислот у 1,7 та 1,5 рази відповідно, порівняно з контрольним зразком без додавання пряно-ароматичної сировини.

Розроблено спосіб приготування масляного екстракту на основі пряно-ароматичної сировини для оброблення крекерів після випікання, який включає екстрагування сухої надземної фітомаси монарди двійчастої або пажитника сінного у кількості 2,0-6,0 % до маси рафінованої та дезодорованої рослинної олії протягом 48-72 годин при температурі 40-60 °С. Встановлено, що під час зберігання масляних екстрактів пероксидне число у зразку з порошком листків монарди було менше за контрольний зразок у 2,0 рази та з порошком листків пажитника у 1,7 рази. Показник кислотного числа масляного екстракту з порошком листків монарди був менше за контрольний зразок у 2,1 рази, з порошком листків пажитника 1,8 рази, порівняно з контрольним зразком без додавання пряно-ароматичної сировини. Обґрунтовано доцільність застосування порошків з листків пряно-ароматичної сировини та масляних екстрактів для подовження терміну зберігання виробів завдяки антиоксидантним властивостям сировини.

Розроблені та затверджені рецептури та технологічні інструкції приготування крекерів «Таємниця», «Лісовий подих» із застосуванням цистеїнового поліпшувача, порошків пряно-ароматичної сировини та масляних екстрактів; «Амарантова магія» та «Амарантове диво» із застосуванням амарантового борошна, гідроколоїду – гуміарабіку та масляних екстрактів. Розроблені технології були апробовані на підприємствах ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква) та ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква).

Для оцінки якості нового асортименту крекерів за удосконаленими технологіями проводили їх кваліметричну оцінку за комплексним показником, який включав наступні диференційні показники якості: органолептичні, фізико-хімічні, харчову та біологічну цінність. Згідно розрахунків встановлено, що крекери «Таємниця», «Лісовий подих», «Амарантова магія», «Амарантове диво» мають знижений вміст жиру та вуглеводів, збільшений вміст амінокислот, зокрема незамінних, харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин, мають покращені органолептичні показники.

На підставі проведених досліджень доведено доцільність внесення рослинної сировини, що володіє антиоксидантними властивостями з метою збільшення терміну зберігання крекерів до 12 місяців.

Розраховано економічну ефективність від впровадження нових видів крекерів. Встановлено, що прибуток від реалізації 1 т крекерів становить від 3298,27 до 7950,14 грн. Підтверджено соціальний ефект, оскільки нові види крекерів мають підвищену харчову та біологічну цінність, оригінальні пряно-смакові властивості та подовжений термін зберігання.

Ключові слова: крекер, технологічні поліпшувачі, L-цистеїн, пряно-ароматична сировина, монарда двійчаста, пажитник сінний, амарантове борошно, гуміарабік, масляні екстракти, антиоксидантна сировина, термін зберігання.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Дзигар О.О., Оболкіна В.І., Букшина Л.С. Ферментний препарат на основі протеази для поліпшення якості виробів з листового тіста. *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 3. С. 28–30.

(Науковий журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

2. Оболкіна В. І., Носенко Т. Т., Дзигар О. О., Рахметов Д. Б. Вивчення вмісту біологічно активних сполук у листі монарди двійчастої з метою використання пряно-ароматичної фітосировини при створенні крекеру з

подовженим терміном придатності. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23, № 6. С. 127–137.

(Науковий журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук; міжнародна індексація: *Index Copernicus, Google Scholar*).

3. Obolkina V., Nosenko T., Dzyhar O., Rakhmetov D. Chemical composition of fenugreek hay leaves. *Ukrainian Food Journal*. 2018. Vol. 7 (3). P. 397–408.

(Науковий журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук; міжнародна індексація: *Web of Science, Google Scholar, Index Copernicus, Directory of Research Journal Indexing (DRJI), Universal Impact Factor, EBSCO, Ulrichs Web, ERIH PLUS, Directory of Open Access Scholarly Resources, Directory of Open Access Journals, CAS Source Index*).

4. Дзигар О.О., Оболкіна В.І. Визначення впливу борошна з насіння амаранту та гуміарабіку «Fibregum» на процес структуроутворення тіста при розробці технології крекерів підвищеної біологічної цінності. *Modern engineering and innovative technologies*. 2019. Р. 1, № 9. С. 86–91.

(Міжнародний науковий періодичний журнал; міжнародна індексація *IndexCopernicus, GoogleScholar*).

5. Дзигар О. О., Оболкіна В. І., Кияниця С. Г., Букшина Л. С. Застосування пряно-ароматичних фітодобавок при створенні нового асортименту виробів з листового тіста. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 7. С. 20.

6. Маршалок Т., Дзигар О., Оболкіна В. Дослідження впливу ферментного препарату на основі активованої фосфоліпідами бактеріальної протеази «Альфамальт БК 5020» на структурно-механічні властивості тіста для листового печива. Матеріали 82 Міжнародної наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем

харчування людства у XXI столітті», 12–14 квітня 2016 р. Київ, 2016. Ч.1. С. 148.

7. Дзигар О., Маршалок Т., Оболкіна В., Букшина Л. Дослідження впливу ферментного препарату «Альфамальт БК 5020» на структурно-механічні властивості листового тіста. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій *«Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2016. С. 153–154.

8. Дзигар О., Маршалок Т., Оболкіна В. Дослідження впливу ферментних препаратів бактеріальної протеази та поліпшувачів L-цистеїнової природи на процес утворення листового тіста. Матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 5–6 квітня 2017 р. Київ, 2017. Ч.1. С. 168.

9. Дзигар О.О., Даценко А.В., Оболкіна В.І. Компонентний аналіз монарди двійчастої (*Monarda didyma*) та її застосування у виробництві пікантних крекерів. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції *«Технології харчових продуктів і комбікормів»*, 25-30 вересня 2017. Одеса, 2017. С. 36–37.

10. Дзигар О. О., Букшина Л. С., Кияниця С. Г., Оболкіна В. І. Дослідження хімічного складу монарди двійчастої та перспектива її застосування у виробництві борошняних кондитерських виробів. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2017. С. 132–133.

11. Дзигар О. О., Оболкіна В. І., Букшина Л. С. Перспектива використання пажитника сінного у виробництві пікантних крекерів. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності* : матеріали VI Міжнародної

спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2017 р. Київ, 2017. С. 36–37.

12. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Використання рослинної фітосировини для створення крекерів з пікантним смаком. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції* : програма та тези матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції, 7-8 листопада 2017 р., Київ, 2017 р. С. 57–58.

13. Дзигар О., Стадник Т., Оболкіна В. Перспективи застосування монарди двійчастої та пажитника сінного як джерела біологічно активних речовин при створенні нових харчових продуктів. Матеріали 84 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «*Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*», 23–24 квітня 2018 р. Київ, 2018. Ч.1. С. 180.

14. Дзигар О. О., Стадник Т. Б., Оболкіна В. І. Вивчення біологічно активних сполук у листках монарди двійчастої та пажитника сінного та перспективи їх використання при виробництві крекерів з пікантним смаком та подовженим терміном придатності. «*Інновації у виробництві, зберіганні та переробці рослинницької сировини*» : матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 50-річчю створення кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б. В. Лесика та 120-річчю НУБіП України. Київ, 2018 р. С. 64–65.

15. Дзигар О.О., Стадник Т. Б., Оболкіна В. І. Дослідження впливу пряно-ароматичної сировини з антиоксидантними властивостями на подовження термінів придатності борошняних кондитерських виробів. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності* : матеріали VII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 13 вересня 2018 р. Київ, 2018. С. 88–89.

16. Дзигар О. О., Стадник Т. Б., Оболкіна В. І. Перспективи використання амарантового борошна та гуміарабіку при створенні нового асортименту борошняних кондитерських виробів. Матеріали міжнародних науково-

практичних конференцій *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2018. С.141–143.

17. Дзигар О., Стадник Т., Оболкіна В. Особливості застосування борошна з насіння амаранту при створенні крекерів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Матеріали 85 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 11–12 квітня 2019 р. Київ, 2019. Ч.1. С. 199.

18. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Дослідження впливу амарантового борошна та гуміарабіку на структурно-механічні властивості тіста при створенні технології крекерів підвищеної біологічної цінності. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності* : матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2019 р. Київ, 2019. С. 20–21.

19. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Розроблення технології крекерів підвищеної біологічної цінності із застосуванням борошна з амаранту та камеді акації. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2019. С.143–144.

20. Дзигар О.О., Оболкіна В.І. Науковий підхід до створення технології крекерів підвищеної біологічної цінності із застосуванням борошна з насіння амаранту та гуміарабіку. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції* : програма та тези матеріалів VIII Міжнародної науково-технічної конференції, 5-6 листопада 2019 р. Київ, 2019. С. 111–112.

21. Крекер «Таємниця» : пат. 118073 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01), А21D 2/36 (2006.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21. 4 с.

22. Спосіб виробництва крекеру : пат. 118425 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1. 3 с.

23. Крекер «Амарантова магія» : пат. 131267 Україна : МПК А 23 G 3/00 (2006) ; заявл. 03.07.2018 ; опубл.10.01.2019, Бюл. № 1. 4 с.

24. Крекер «Амарантове диво» : патент 131 265 Україна : МПК А 23 G 3/00 (2006) ; заявл. 03.07.2018 ; опубл.10.01.2019, Бюл. № 1, 4 с.

25. Спосіб виробництва крекеру «Лісовий подих» : пат. 118528 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2, 3 с.

26. Крекер «Лісовий подих» : патент 118931 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01), А23L 7/00, А23L 29/206 (2016.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6. 4 с.

27. Спосіб виробництва крекеру «Таємниця» : пат. 118930 Україна : МПК А21D 2/36 (2006.01), А21D 13/80 (2017.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6, 3 с.

ABSTRACT

O. Dzyhar Improvement of the technology of crackers with the addition of proteolytic action enhancer, amaranth flour and spicy aromatic raw materials – Qualifying scientific paper on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of Doctor of Philosophy in the specialty 181 «Food Technologies» – National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kiev, 2020.

The dissertation is devoted to the improvement of crackers technology to obtain a new assortment of competitive products with increased nutritional and biological value, extended shelf life, original flavoring properties due to the use of proteolytic enhancers, spicy aromatic raw materials of fenugreek and monarda didyma, amaranth flour and Arabian Acacia gum – gum arabic.

Based on the analysis of innovative technological solutions in the production of crackers, the prospect in the application of proteolytic action enhancers to improve and stabilize the structural and mechanical properties of the dough semi-finished product and finished products has been proved. The processes of structure formation

of cracker dough with the use of enzyme preparations based on bacterial protease and L-cysteine enhancers have been studied. It has been proved that the most effective is an enhancer «EMCESoft P 10» based on the amino acid L-cysteine, which significantly affects the formation of the structural and mechanical properties of the cracker dough. On the basis of mathematical modeling of the dough preparation process for crackers with improved structural and mechanical properties, the optimal dosage of enhancer «EMCESoft P 10» and technological parameters of the dough preparation (mass fraction of moisture and duration of fermentation) were determined taking into account quality indicators of wheat flour. The improvement in the structure of crackers with the use of the enhancer «EMCESoft P 10», an increase in porosity and wettability were established.

The processes of structure formation of cracker dough with the use of amaranth flour and gum arabic were studied. It has been established that amaranth flour has low technological properties, its addition to wheat flour increases the dilution of the dough and reduces elasticity. To adjust the structural and mechanical properties of cracker dough, using of gum arabic «Fibregum B» was proposed, which allowed to improve the quality indicators of composite mixtures of wheat and amaranth flour, to increase the ultimate shear stress and to decrease the adhesive strength of the dough. Based on mathematical modeling of the process of preparing cracker dough using the the method of multifactorial experiment, it was found that the optimal dosage of gum arabic was 3,0 % to the amount of the mixture of amaranth and wheat flour, the recommended mass fraction of moisture of the dough was 34,0 %, and the duration of kneading was 45 minutes. Studies of the moisture bond form of the cracker dough with the addition of amaranth flour and gum arabic have shown strong moisture bonding in case of using the structure builder.

The effectiveness of the use of spicy-aromatic raw materials monarda didyma and fenugreek in the production of crackers with improved sensory characteristics and a long shelf life is proved. The chemical composition of aromatic raw materials is determined. It has been established that the leaves of monarda didyma and fenugreek contain vitamin C, carotene, tannins, and essential oil. High antioxidant potential was

proved due to the presence of phenolcarboxylic acids, in particular caffeic, flavonoids, tert-butylcatechol and butylhydroquinone. It is determined that the content of flavonoid compounds is 65 mg% (in terms of rutin). Fenugreek leaves contain phenol carboxylic acids, flavonoid compounds (catechins), chlorophyll, tregonelin alkaloid, a large amount of organic acids, carbohydrates and amino acids. The effectiveness of this spicy-aromatic raw material as a natural antioxidant in the development of a new range of crackers with an extended shelf life has been proven.

It was found that in the preparation of cracker dough, the optimal amount of powders from the leaves of *monarda didyma* is 3,0 %, fenugreek – 2,0 % by weight of fat, which is applied during lamination of the dough tape. Studies of changes in peroxide and acid numbers of confectionery fat showed that during storage for 12 months, the peroxide number in the sample with powder of *monarda* leaf was less than the control sample by 1,6 times, with the powder of fenugreek by 1,4 times, accumulation of free fatty acids was slower in 1,7 and 1,5 times, respectively, compared to the control sample without the addition of spicy aromatic raw materials.

A method of preparation of an oil extract based on spicy-aromatic raw materials has been developed for processing crackers after baking, which includes the extraction of dry aboveground phytomass *monarda didyma* or fenugreek in the amount of 2,0-6,0 % by weight of refined and deodorized vegetable oil for 48-72 hours at a temperature of 40-60 °C. It was found that during storage of oil extracts the peroxide number in the sample with the powder of *monarda* leaf was less than in the control sample by 2,0 times and with the powder of fenugreek by 1,7 times. The acid number of the oil extract with *monarda* leaf powder was 2,1 times less than the control sample, with fenugreek leaf powder was in 1,8 times less compared to the control sample without adding spicy aromatic raw materials. The feasibility of using powders from leaves of spicy aromatic raw materials and oil extracts to extend the shelf life of products due to the antioxidant properties of the raw material was substantiated.

The recipes and technological instructions for the preparation of crackers «Mystery», «Forest Breath» with the use of cysteine enhancers, spicy aromatic powder and oil extracts, «Amaranth magic» and «Amaranth miracle» with the use of

amaranth flour, hydrocolloid gum arabic and oil extracts have been developed and approved. The developed technologies have been tested at the enterprises of IE «V. Marshalok» (Bila Tserkva) and IE «V. Marchenko» (Bila Tserkva).

To evaluate the quality of a new range of crackers with advanced technologies, their qualimetric evaluation on a complex indicator has been carried out, which included the following differential quality indicators: sensory, physicochemical, nutritional and biological value. According to calculations, crackers «Mystery», «Forest Breath», «Amaranth Magic», «Amaranth Miracle» have reduced content of fat and carbohydrates, increased content of amino acids, including essential, dietary fiber, vitamins and minerals, have improved sensory properties.

Based on the conducted studies, the feasibility of using of plant materials that has antioxidant properties in order to increase the shelf life of crackers to 12 has been proved.

The economic efficiency from the introduction of new types of crackers has been calculated. It was established that the profit from the sale of 1 ton of crackers was from 3298,27 to 7950,14 UAH. The social effect has been confirmed, as new types of crackers have increased nutritional and biological value, original spicy and flavoring properties and extended shelf life.

Keywords: cracker, technological enhancers, L-cysteine, spicy aromatic raw material, monarda didyma, fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), amaranth flour, gum arabic, oil extracts, antioxidant raw materials, shelf life.

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	18
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ПОЛІПШЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРЕКЕРІВ	26
1.1. Сучасні технології крекерів, їх переваги та недоліки	26
1.2. Особливості застосування ферментних препаратів і поліпшувачів для регулювання структурно-механічних показників тіста для крекерів	33
1.3. Досвід використання нетрадиційної рослинної сировини для підвищення харчової та біологічної цінності крекерів	35
1.4. Застосування амарантового борошна при виробництві харчових продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю	37
1.5. Шляхи збагачення борошняних кондитерських виробів рослинними антиоксидантами	44
1.6. Перспектива використання пажитника сінного (<i>Trigonella foenum-graecum L.</i>) та монарди двійчастої (<i>Monarda didyma</i>) у виробництві крекерів	49
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	52
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ, ПРЕДМЕТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	54
2.1. Характеристика об'єктів та предметів досліджень	54
2.2. Характеристика методів експериментальних досліджень	57
2.2.1. Методи визначення якості сировини	57
2.2.2. Методи визначення органолептичних, структурно-механічних та фізико-хімічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів	60
2.2.3. Методи математичного моделювання та оброблення експериментальних даних	63
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	64

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРОТЕОЛІТИЧНОЇ ДІЇ ТА L- ЦИСТЕЇНОВИХ ПОЛІПШУВАЧІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА ДЛЯ КРЕКЕРІВ ТА ЯКІСТЬ ГОТОВИХ ВИРОБІВ	65
3.1. Дослідження впливу ферментних препаратів протеолітичної дії та L-цистеїнових поліпшувачів на якість клейковини пшеничного борошна і структурно-механічні властивості тіста для крекерів	65
3.2. Оптимізація рецептурного складу та параметрів приготування крекерного тіста із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача «EMCEsoft P 10»	73
3.3. Дослідження впливу поліпшувача «EMCEsoft P 10» на сорбційні властивості крекерів	77
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	81
РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРЕКЕРІВ З ПІДВИЩЕНОЮ ХАРЧОВОЮ ТА БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АМАРАНТОВОГО БОРОШНА ТА ГУМІАРАБІКУ	83
4.1. Дослідження впливу амарантового борошна на якість та кількість клейковини пшеничного борошна та структурно-механічні властивості тіста для крекерів	83
4.2. Визначення оптимальної кількості гуміарабіку та технологічних параметрів при приготуванні тіста на підставі математичного моделювання методом багатофакторного експерименту	88
4.3. Дослідження впливу амарантового борошна та гуміарабіку на форми зв'язку вологи крекерного тіста	91
4.4. Дослідження сорбційних властивостей крекерів із додаванням амарантового борошна та гуміарабіку	95
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	98
РОЗДІЛ 5. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРЕКЕРІВ З ДОДАВАННЯМ ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ	101

5.1. Визначення хімічного складу пряно-ароматичної сировини монарди двійчастої та пажитника сінного	101
5.2. Визначення вмісту біологічно-активних речовин у листках монарди двійчастої	104
5.3. Визначення вмісту біологічно-активних речовин у листках пажитника сінного	116
5.4. Дослідження впливу пряно-ароматичної сировини на органолептичні властивості крекеру і зміни пероксидного й кислотного чисел жирового прошарку в процесі зберігання	126
5.5. Визначення умов приготування масляних екстрактів з додаванням листків пажитника сінного та монарди двійчастої та дослідження зміни пероксидного й кислотного чисел масляних екстрактів в процесі їх зберігання	129
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5	131
РОЗДІЛ 6. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КРЕКЕРІВ	136
6.1. Розробка рецептури та технологічної схеми виробництва крекерів із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача та пряно-ароматичної сировини	136
6.2. Розробка рецептури та технології крекерів із застосуванням амарантового борошна та гуміарабіку	141
6.3. Кваліметричне оцінювання якості нового асортименту крекерів за диференційними та комплексним показниками якості	146
6.4. Дослідження зміни ліпідної фракції при зберіганні крекерів та обґрунтування терміну їх придатності	165
6.5. Розрахунок соціальної та економічної ефективності від впровадження технологій нового асортименту крекерів	167
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6	170
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	172

	17
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	176
ДОДАТКИ	200
ДОДАТОК А. Розрахунок харчової цінності та калорійності нових видів крекерів	201
ДОДАТОК Б. Розрахунок соціально-економічної ефективності від впровадження нових видів крекерів	227
ДОДАТОК В. Оптимізація рецептурного складу та технологічних режимів приготування тіста для нових видів крекерів	235
ДОДАТОК Г. Деклараційні патенти на винахід, корисні моделі та нагороди у дегустаційних конкурсах	250
ДОДАТОК Д. Акти виробничих випробувань	260
ДОДАТОК Е. Результати лабораторних досліджень	277
ДОДАТОК Ж. Рецептури та технологічні інструкції	282

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АБ – амарантове борошно

АМ – адгезійна міцність

БАР – біологічно-активні речовини

БКВ – борошняні кондитерські вироби

ГА – гуміарабік

ГНЗ – гранична напруга зсуву

ЗАК – замінні амінокислоти

КПЯ – комплексний показник якості

МД – монарда двійчаста

МЕ – масляний екстракт

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти

НАК – незамінні амінокислоти

НЖК – насичені жирні кислоти

ПАС – пряно-ароматична сировина

ПС – пажитник сінний

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти

ПФЕ – повний факторний експеримент

РЦ – рецептури

СМВ – структурно-механічні властивості

ТІ – технологічні інструкції

L-ЦП – L-цистеїновий поліпшувач

ФП – ферментний препарат

ФФІ – фізіологічно-функціональні інгредієнти

ВСТУП

Актуальність роботи. Пріоритетним напрямком розвитку кондитерської галузі є створення нового асортименту виробів з підвищеною харчовою і біологічною цінністю завдяки застосуванню рослинної сировини з підвищеним вмістом фізіологічно-функціональних компонентів. Підвищеним попитом у споживачів користуються крекери – вироби у вигляді тонкого печива з тендітною шаруватою структурою, але їх недоліком є незбалансований хімічний склад за есенціальними макро- та мікронутрієнтами. Підвищення якості виробів потребує використання нових нетрадиційних інгредієнтів та удосконалення існуючих технологій.

Питанню створення борошняних кондитерських виробів (БКВ) з поліпшеними споживчими властивостями приділялася увага багатьох вчених: Дорохович А.М., Дорохович В.В., Іоргачової К.Г., Калакури М.М., Лозової Т.М., Оболкіної В. І., Самохвалової О.В., Сирохмана І. В. та інших. Розв’язання даної проблеми залишається актуальним і в умовах сьогодення для отримання нового асортименту конкурентоспроможної продукції.

Для удосконалення технології крекерів доцільно використовувати технологічні поліпшувачі, які покращуватимуть структурні властивості напівфабрикатів та готових виробів. До таких поліпшувачів відносяться ферментні препарати (ФП) протеолітичної дії та L-цистеїнові поліпшувачі (L-ЦП), використання яких потребує системних досліджень для корегування технологічних режимів виробництва.

Джерелом есенціальних макро- та мікронутрієнтів є нетрадиційні для кондитерської галузі види борошна, зокрема, з насіння амаранту. Амарантове борошно не містить клейковини, тому необхідно шукати нові технологічні рішення та додаткові рослинні структуроутворювачі.

Рецептури крекерів мають значний вміст жиру, тому під впливом зовнішніх факторів відбуваються окислювально-гідролітичні перетворення ліпідів й знижується якість та безпечність виробів. Для вирішення даної проблеми запропоновано до складу виробів додавати природні антиоксиданти,

пряно-ароматичну сировину (ПАС), – листки пажитника сінного (ПС) та монарди двійчастої (МД).

Отже, створення нового асортименту крекерів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, подовженим терміном зберігання, оригінальними смаковими властивостями завдяки додаванню в рецептурний склад технологічних поліпшувачів, композитних сумішей пшеничного і амарантового борошна та додаткового структуроутворювача камеді акації гуміарабіку (ГА), пряно-ароматичної сировини, зокрема листків пажитника сінного та монарди двійчастої є актуальним завданням для кондитерської галузі і має важливе соціальне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводились відповідно до напрямку науково-дослідної роботи Національного університету харчових технологій «Розроблення сучасних енерго- і ресурсощадних технологій та нанотехнологій для виробництва якісних і безпечних харчових продуктів» та науковою тематикою кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ «Розробка інноваційних технологій кондитерських виробів спеціального, оздоровчого та дієтичного призначення» (Державний реєстраційний номер 0117u003717).

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології крекерів для отримання нового асортименту конкурентоспроможної продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, з оригінальними органолептичними показниками та подовженим терміном зберігання за рахунок використання поліпшувача протеолітичної дії, амарантового борошна в комбінації з гуміарабіком та пряно-ароматичної сировини (листіків пажитника сінного та монарди двійчастої).

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

- ✓ проаналізувати сучасний стан та інноваційні технологічні рішення у виробництві крекерів;
- ✓ виконати комплекс експериментальних досліджень по впливу ферментних препаратів протеолітичної дії і L-цистеїнових поліпшувачів на

структурно-механічні властивості тіста для крекерів, обґрунтувати оптимальний рецептурний склад та технологічні режими приготування;

✓ науково обґрунтувати оптимальний рецептурний склад та технологічні режими приготування тіста для крекерів з використанням амарантового борошна і гуміарабіку TM «Fibregum B»;

✓ дослідити зміни форми зв'язку вологи тістових напівфабрикатів з додаванням нової сировини та визначити сорбційні властивості готових виробів;

✓ довести актуальність застосування пряно-ароматичної сировини (листіків пажитника сінного та монарди двійчастої) у виробництві крекерів з пікантним смаком;

✓ визначити хімічний та біохімічний склад листків пажитника сінного та монарди двійчастої;

✓ визначити раціональну кількість пряно-ароматичної сировини при розробці нової технології крекерів;

✓ розробити технологію приготування масляних екстрактів (МЕ) на основі пряно-ароматичної сировини;

✓ дослідити зміни пероксидного та кислотного чисел масляних екстрактів та жирового прошарку з додаванням пряно-ароматичної сировини у процесі їх зберігання;

✓ здійснити кваліметричну оцінку якості нового асортименту крекерів з урахуванням органолептичних, фізико-хімічних показників, харчової і біологічної цінності;

✓ дослідити зміни ліпідної фракції під час зберігання крекерів та обґрунтувати термін придатності;

✓ розробити та затвердити нормативну документацію – рецептури (РЦ) і технологічні інструкції (ТІ) на нові види крекерів;

✓ здійснити апробацію у виробничих умовах удосконалених технологій крекерів;

✓ оцінити економічну ефективність запропонованих технологій.

Об'єкт досліджень – технологія крекеру.

Предмет досліджень – ферментні препарати, поліпшувачі; амарантове борошно; листки монарди двійчастої та пажитника сінного; крекери і напівфабрикати для їх приготування.

Методи досліджень – органолептичні, хімічні, фізико-хімічні, структурно-механічні, термографічні, сорбційні властивості сировини, напівфабрикатів та готових виробів визначали згідно із загальноприйнятими і спеціальними методиками; методи планування експерименту та математичного моделювання – з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень доведено ефективність застосування поліпшувачів протеолітичної дії, L-цистеїну, амарантового борошна і гуміарабіку TM«Fibregum B», пряно-ароматичної сировини листків пажитника сінного і монарди двійчастої, для удосконалення технології крекерів з підвищеною харчовою і біологічною цінністю, подовженим терміном зберігання.

Вперше:

- вивчено процеси структуроутворення крекерного тіста із застосуванням амарантового борошна та гуміарабіку TM«Fibregum B»; на підставі термографічних досліджень доведено, що при використанні амарантового борошна і гуміарабіку у тісті зростає вміст осмотично та адсорбційно зв'язаної вологи;
- визначено хімічний склад листків монарди двійчастої та пажитника сінного та науково обґрунтовано доцільність використання листків монарди двійчастої та пажитника сінного в технології крекерів з підвищеною харчовою цінністю та подовженим терміном зберігання;
- розроблено технологію приготування масляних екстрактів на основі рослинної олії, листків монарди двійчастої та пажитника сінного для обробки зовнішньої поверхні крекерів після термообробки; доведена їх антиоксидантна активність завдяки вмісту природних антиоксидантних речовин.

Набули подальшого розвитку:

- закономірності зміни структурно-механічних властивостей крекернаго тіста із застосуванням ферментних препаратів на основі активованої фосфоліпідами бактеріальної протеази та L-цистеїнових поліпшувачів;
- дослідження хімічного складу листків монарди двійчастої та пажитника сінного;
- методологія оцінки ефективності удосконаленої технології шляхом визначення комплексного показника якості (КПЯ) виробів.

Новизну технологічних рішень підтверджено рішенням Державного департаменту інтелектуальної власності про видачу 5 патентів України на винахід і 2 патентів України на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено рецептури та технологічні інструкції нових видів крекерів «Таємниця», «Лісовий подих», «Амарантова магія» та «Амарантове диво» із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача, листків монарди двійчастої та пажитника сінного, амарантового борошна, гуміарабіку TM «Fibregum B» та масляних екстрактів на основі пряно-ароматичної сировини, які були затверджені Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ».

Технології крекерів апробовані у виробничих умовах на підприємствах ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква) та ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква). Розраховано економічний ефект від впровадження нових видів крекерів у виробництво та підтверджено соціальний ефект, який дозволить розширити асортимент борошняних кондитерських виробів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, оригінальними органолептичними показниками та подовженим терміном зберігання до 12 місяців.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, опрацюванні одержаних результатів, формулюванні висновків, розробленні нормативної документації, підготовці до

публікації результатів проведених теоретичних і практичних досліджень, апробації технологій у виробничих умовах.

Результати досліджень проаналізовано та узагальнено спільно з науковим керівником д.т.н., проф. В. І. Оболкіною.

Дослідження хімічного складу листків пажитника сінного та монарди двійчастої проводилися спільно з науковцями біохімічної лабораторії відділу культурної флори Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України; визначення вмісту біологічно-активних речовин (БАР) проводили спільно з фахівцями лабораторії НВК «Екофарм»; визначення елементного складу пряно-ароматичної сировини – спільно з фахівцями науково-технічного центру «ВИРІА-Ltd»; сорбційні властивості напівфабрикатів досліджено спільно з фахівцями відділу синтезу досліджень сорбентів Інституту фізичної та колоїдної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України, термогравіметричні дослідження – зі співробітниками кафедри молекулярної фізики Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка; дослідження фізичних властивостей борошняних суспензій – спільно з фахівцями Українського інституту експертизи рослин НААН України.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи були представлені на 82-й, 83-й, 84-й, 85-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті» НУХТ (м. Київ, Україна, 2016, 2017, 2018, 2019), 3-й, 4-й, 5-й, 6-й Міжнародній спеціалізованій науково-практичній конференції «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» НУХТ (Київ, Україна, 2016, 2017, 2018, 2019), 6-й, 7-й, 8-й Міжнародній спеціалізованій науково-практичній конференції «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності» НУХТ (м. Київ, Україна, 2017, 2018, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів» ОНАХТ (м. Одеса, Україна, 2017), 6-й, 8-й Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової

біотехнології в контексті Євроінтеграції» НУХТ (м. Київ, Україна, 2017, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації у виробництві, зберіганні та переробці рослинницької сировини» НУБІП (м. Київ, Україна, 2018). Крекери «Таємниця», «Лісовий подих», «Амарантова магія» та «Амарантове диво» були розглянуті професійною дегустаційною комісією на конкурсі «Солодкий тріумф 2018» у рамках Спеціалізованої виставки кондитерської та хлібопекарської промисловості «Sweets & Bakery Ukraine» та отримали диплом за високу якість.

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи викладені в 27 наукових працях, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України (у тому числі 1 – у виданні, яке включено до міжнародної наукометричної бази Web of Science), 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави (Німеччина) з напрямку, з якого підготовлено дисертацію; 1 стаття у науково-практичному виданні, 15 тез доповідей на наукових конференціях. Отримано 5 патентів України на винахід та 2 патенти України на корисну модель.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, який включає 226 найменувань, додатків. Матеріали дисертації викладено на 157 сторінках основного тексту, містять 64 таблиці і 31 рисунок.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМА ПОЛІПШЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРЕКЕРІВ

1.1. Сучасні технології крекерів, їх переваги та недоліки

Український ринок кондитерських виробів – один із найбільш розвинутих у вітчизняній харчовій промисловості. У структурі асортименту кондитерських виробів, незважаючи на його різноманітність, відбуваються безперервні зміни. Якщо раніше споживачі віддавали перевагу в основному привабливому зовнішньому вигляду і смаковим якостям продукції, то сьогодні – її корисним властивостям. Одна з особливостей сучасного розвитку кондитерської галузі – створення продуктів харчування оздоровчого призначення, в тому числі збагачених фізіологічно-функціональними інгредієнтами (ФФІ) [1–4].

Серед великого асортименту кондитерських виробів значну частку займає група БКВ, випуск яких становить до 40 % [5]. Підвищеним попитом у споживачів користуються крекери – «сухе печиво» з листового тіста з крихкою, шаруватою структурою. Це обумовлено їх смаковими властивостями, невеликою собівартістю, подовженим терміном зберігання.

Загальна технологічна схема виробництва крекерів складається з таких основних операцій: підготовка сировини і напівфабрикатів до виробництва; приготування тіста; формування тістових заготовок; термообробка виробів, їх охолодження; пакування [6].

Основним напівфабрикатом у виробництві крекерів є тісто, тому від способу його приготування залежить якість готових виробів. Існує декілька технологій приготування тіста для крекерів: на дріжджах, на дріжджах і ферментних комплексах, на дріжджах і хімічних розпушувачах, на хімічних розпушувачах. Залежно від способу формування крекер може бути з жировим прошарком, до складу якого входять різні смакові добавки (пікантний крекер) або без прошарку. Після термообробки зовнішня поверхня крекеру може оброблятися рослинною олією та посипатися різними смаковими добавками.

Для виробництва крекеру на дріжджах застосовується опарна або безопарна технологія. Як розпушувач у виробництві дріжджових крекерів використовуються сухі або пресовані дріжджі. Для скорочення тривалості дозрівання опари і замішування тіста, а також для покращення якості виробів (збільшення пористості, зниження густини, посилення інтенсивності забарвлення) використовуються ферментні комплекси. Технологія приготування тіста на опарі більш складна і тривала (від 8 до 14 год), ніж безопарний спосіб, але вважається, що опарний спосіб дає можливість отримувати крекери з найкращим смаком та ароматом [6–9].

Приготування тіста для крекеру з використанням дріжджів і хімічних розпушувачів (содових крекерів) складається з двох стадій: приготування опари і приготування тіста. Під час приготування опари можуть бути додані ферментні препарати амілолітичної дії та солодове борошно. Опару залишають у приміщенні за температури $27 \pm 0,5$ °C і відносної вологості повітря 78 ± 2 % на 8 год. На стадії приготування тіста до опари додаються залишок борошна, жиру, розчини солі та гідрокарбонату натрію. Тісто направляють на ферментування (тривалістю приблизно 4 год). Основною причиною тривалого процесу ферментування є формування смаку та аромату готових виробів.

Безопарна технологія приготування дріжджового тіста більш поширена на виробництвах, але теж тривала – до 4 годин і потребує додаткових приміщень для організації безперервного процесу тістоприготування. Тому на підприємствах найбільш поширена технологія крекерів із застосуванням хімічних розпушувачів [6–11].

У державах Європейського Союзу дуже популярні «пікантні крекери» з оригінальним смаком, крихкою, шаруватою структурою. Рецептури «пікантних крекерів» відрізняються підвищеним вмістом жиру (10–14 %) і невеликою кількістю (2,0–4,5 %) або повною відсутністю цукру. Тісто може бути приготовлено як з використанням дріжджів, так і з використанням хімічних розпушувачів. Для надання смаку та аромату до рецептурного складу жиро-

борошняної суміші пікантного крекери додають сир або сирний порошок, кмин, пряно-ароматичні трави, перець тощо.

Технологія приготування тіста на хімічних розпушувачах здійснюються з попереднім приготуванням емульсії. Емульсію готують із суміші рецептурних компонентів крім пшеничного борошна. В кінці приготування емульсії додають розчини хімічних розпушувачів, технологічні поліпшувачі, ароматизатори тощо. Готову емульсію змішують з пшеничним борошном або сумішшю сипких компонентів у тістомісильних машинах періодичної дії. Тривалість замішування тіста становить 10–12 хв, температура тіста 32–35 °С, масова частка вологи 28–32 %. Готове тісто повинно мати пружно-еластично-пластичні властивості [6–11].

Для ліквідації внутрішніх напружень й підвищення пластичності після замішування тісто піддається вилежуванню. Тісто вивантажують на стрічковий транспортер камери ферментування, де воно вистояється упродовж 2 год за температури 26–28 °С і відносної вологості повітря 70–75 %. Після вилежування тісто прокатують у тістову стрічку, з якої можна здійснювати формування виробів. У процесі багаторазового прокатування тіста відбувається деформація зсуву та стискання, завдяки цьому пружна деформація частково переходить у пластичну, відбувається часткова релаксація пружних напружень. Багаторазове прокатування сприяє покращенню структурно-механічних властивостей крекерного тіста. При виробництві крекерів, жир можна додавати в тісто двома способами: як частину базової рецептури при замісі тіста, так і у вигляді жирового прошарку в кількості 10–12 % до маси тіста, що утворюються під час складання і прокатування між двома сусідніми шарами тістової стрічки. В жировий прошарок можуть бути додані різні смакові добавки [6–11].

Рекомендується використовувати спеціалізовані жири з певними фізико-хімічними та структурно-механічними характеристиками, що забезпечують їх підвищену твердість і високу пластичність. Одним з критеріїв якості жиру є здатність зберігати протягом тривалого часу дрібнокристалічну структуру і однорідну пластичну консистенцію в широкому діапазоні температур [12–17].

Прокатування і перешаровування крекерного тіста виконується на ламінаторах. Формування тістових заготовок здійснюється на ротаційно формувальних машинах [6–9].

Процес випікання-сушіння крекерів здійснюється у печах тунельного типу зі змінним режимом обігріву і з обов'язковим на початку процесу зволоженням середовища пекарної камери. У пекарній камері створюються чотири зони обігріву. В I зоні – відносна вологість 60–70 %, температура середовища пекарної камери 150–170 °С; в II зоні – температура 230 °С; в III зоні – 270 °С; в IV зоні температура знижується до 200–205 °С. У перших трьох зонах відбувається процес випікання заготовок, у четвертій – процес сушіння. Загальна тривалість випікання-сушіння 5–6 хв.

У процесі термообробки крекерів всі ароматичні речовини, які є леткими, майже повністю випаровуються, тому у деяких рецептурах крекерів застосовують ароматизовані олії для обробки поверхні крекерів, масова частка яких може складати 8–18 % до маси готових виробів. Ароматизована олія значно покращує зовнішній вигляд поверхні крекеру та його колір. Використання різних смакових добавок, зокрема пряно-ароматичних, дає змогу отримати вироби з різною оригінальною смаковою гамою [6, 8].

Одним із основних процесів при виробництві крекерів є приготування тіста та його шарування. Для шарування тіста велику роль відіграють його структурно-механічні властивості: пластичність, еластичність і розтяжність. Важливо, щоб тісто легко піддавалося обробці та формуванню, а тістові заготовки при їх формуванні не деформувалися [18–21].

Тісто для крекерів відноситься до структурованих коагуляційних дисперсних систем, властивості яких визначаються молекулярними силами взаємодії поверхні частинок дисперсної фази (пшеничного борошна) через прошарки дисперсійного середовища (емульсії). Залежно від товщини прошарків рідкого дисперсійного середовища частинки дисперсної фази можуть зчіплюватися з різною енергією зв'язку і утворювати коагуляційні структури певної міцності.

Структурно-механічні властивості тіста залежать від різних технологічних факторів: рецептурного складу, фізико-хімічних властивостей основної сировини, в першу чергу пшеничного борошна. Основними складовими пшеничного борошна є білкові речовини та крохмаль, які у процесі тістоутворення становлять тверду (дисперсну) фазу тіста. Рідка фаза тіста (дисперсійне середовище) складається з водного розчину всіх рецептурних компонентів, крім борошна [18–21].

Тісто для крекерів має вологість 28,0–32,0 %, невелику кількість цукру 2,0–4,0 %. У разі додавання рецептурної кількості жиру у жировий прошарок, дисперсійне середовище буде складатися з водного розчину з невеликою кількістю цукристих речовин. Тому структурно-механічні властивості тіста будуть визначати властивості пшеничного борошна. Основні технологічні властивості пшеничного борошна зумовлюють його білкові речовини. Нерозчинні у воді гліадинова та глютенінова фракції під час замішування тіста утворюють зв'язану, пружно-в'язко-еластичну масу – клейковину. Гліадини, обумовлюють розтяжність і в'язкість тіста, глютеніни забезпечують пружні, еластичні та когезивні властивості. За умови взаємодії даних фракцій забезпечується утворення клейковини з формуванням важливих функціонально-технологічних властивостей [18–21].

Для коагуляційних дисперсних систем, до яких відноситься тісто для крекеру, дисперсійне середовище буде складатися з низькоконцентрованого водного розчину цукристих речовин. Низька концентрація цукру у дисперсійному середовищі сприяє отриманню міцної просторової решітки тіста з пружно-еластичними властивостями. Для надання тістовому напівфабрикату більш пластичних властивостей рекомендується застосування пшеничного борошна зі середньою чи задовільно слабкою за якістю клейковиною (ІДК $80,0 \pm 5,0$ од. приладу, розтяжність 10–20 см). Якщо клейковина занадто міцна, то при приготуванні тіста потрібно прийняти заходи для пластифікації тіста, зокрема подовжений заміс, вистоювання, використання поліпшувачів відновної дії. При застосуванні пшеничного борошна з високим вмістом сильної

клейковини рекомендується підвищувати масову частку вологи при замісі, це призводить до того, що тісто стає занадто пружним, що унеможливорює процес ламінування і призводить до того, що тісто рветься. Залежно від властивостей пшеничного борошна найкращі результати для умов прокатки тіста за показником граничної напруги зсуву (ГНЗ) лежать в діапазоні від 4,3–4,9 кПа [18–21].

У промисловості для регулювання СМВ тіста для крекеру застосовують піросульфід (метабісульфід) натрію. Піросульфід натрію широко використовується, перш за все, завдяки своїй високій ефективності при порівняно невисокій ціні. Але у чутливих людей піросульфід може викликати алергічні реакції.

Однією з можливостей регулювання технологічних властивостей борошна з метою випуску продукції з необхідними показниками якості є застосування ферментних препаратів протеолітичної дії та технологічних поліпшувачів, використання яких при приготуванні виробів дозволяє зменшити час приготування тіста, вилучити з рецептури хімічні препарати, такі як піросульфід натрію [22–24].

Недоліком крекерів є те, що їх рецептурний склад незбалансований за вмістом білка та більшістю важливих біологічно-активних речовин, макро- та мікронутрієнтів, вітамінів, харчових волокон. Тому виникає необхідність корегування їх хімічного складу. З цією метою потрібно використовувати нову природну нетрадиційну сировину, яка потребує глибоких наукових досліджень.

Під час зберігання крекерів під впливом зовнішніх факторів відбуваються окислювальні перетворення ліпідів у результаті чого знижується якість, погіршуються органолептичні властивості, утворюються токсичні продукти. Для вирішення даної проблеми необхідно у склад виробів додавати природні антиоксиданти.

У дисертаційній роботі виділено три основні напрями удосконалення технології крекерів з покращеними структурно-механічними властивостями,

підвищеною харчовою та біологічною цінністю, з оригінальними органолептичними показниками та подовженим терміном зберігання рис. 1.1.



Рис. 1.1. Напрями удосконалення технології крекерів

1.2. Особливості застосування ферментних препаратів і поліпшувачів для регулювання структурно-механічних показників тіста для крекерів

Першим етапом наукових досліджень дисертаційної роботи є вивчення впливу та перспектива використання ферментних препаратів протеолітичної дії та технологічних поліпшувачів з метою покращення структурно-механічних властивостей крекерного тіста.

Препарати протеолітичної дії використовують для поліпшення якості пшеничного борошна з сильною клейковиною, що характеризується великою пружністю і еластичністю (ІДК 60–75 од. приладу) і незначною розтяжністю – до 10 см. Незадовільна за якістю сильна клейковина має ІДК 40–60 од. приладу, нееластичну чи короткорвану структуру. Технологічний ефект від застосування протеаз зумовлений їх сумарним гідролітичним впливом на білкові речовини борошна. При використанні протеолітичних ферментних препаратів відбувається контрольоване розщеплення клейковини та регулювання її водозв'язуючої здатності. В результаті чого значно покращуються властивості тіста та якість готових виробів. Крім того, що ферменти здатні впливати на реологічні властивості тіста, вони здатні нівелювати коливання якісних показників різних партій борошна, що надходить на підприємства [25–34].

У дисертаційній роботі Іванової О.С. було досліджено вплив ФП на СМВ тіста та фізико-хімічні показники якості листових дріжджових та бездріжджових виробів. Було встановлено, що незалежно від виду ферментного препарату, збільшується загальна та пластична деформація тіста. При цьому в листових виробках спостерігається збільшення питомого об'єму та шаруватості. Найкращими показниками якості володіли вироби, виготовлені з внесенням ферментного препарату з геміцелюлазною активністю, яка діє на водорозчинні пентозани житнього та пшеничного борошна [35].

Також, авторами [35] розроблено комплексну суміш для листових дріжджових та бездріжджових виробів на основі житнього борошна, сухої пшеничної клейковини, сухого яєчного порошку, ФП мальтогенної α -амілазної та геміцелюлазної дії.

Використання ФП відновлювальної дії доцільне при виробництві листового дріжджового та бездріжджового тіста, крекери, зтяжного печива, галет. Їх внесення стабілізує властивості тістових напівфабрикатів, що піддаються багатократному шаруванню та вилежуванню, скорочує процес виробництва за рахунок періоду вилежування, знижуючи пружність тіста, покращує органолептичні властивості готових виробів [29, 30, 31, 36, 37].

Особливістю ферментів, як речовин білкової природи, каталізаторів хімічних реакцій, є висока урегульованість їх активності, залежність ефективності дії від низки факторів: тривалості реакції, концентрації та будови субстрату, рН середовища, температури, наявності активаторів та інгібіторів. На швидкість гідролізу клейковинних білків протеолітичними ферментами впливає щільність пакування макромолекул, присутність певних хімічних груп, наприклад сульфгідрильних, дисульфідних [25].

Для розслаблення структурно-механічних властивостей клейковини можливе використання сірковмісної амінокислоти цистеїну. Швидкість ферментних реакцій залежить від присутності активаторів. Цистеїн містить сульфгідрильні групи, що є активаторами ферментів. Активуюча дія їх ґрунтується на тому, що вони відновлюють дисульфідні групи ферменту в сульфгідрильні, які є необхідними для відновлення ферментативної активності. При цьому самі активатори окислюються. L-цистеїн (Е 920) дозволяє підвищити еластичність тіста, поліпшити його консистенцію в разі занадто міцної клейковини. Завдяки L-цистеїну скорочується час замішування тіста, збільшується вихід готової продукції.

Відновлювачі збільшують розтяжність клейковини і знижують її пружність, покращують якість виробів з борошна з надмірно крихкою або короткорваною клейковиною. До даної групи можна віднести тіосульфат натрію (Е 539), глутатіон (в його відновленій формі), ферментні препарати, що володіють відновлювальною дією [29, 30, 31, 36, 37].

Німецька компанія «Mühlchemie GmbH & Co» пропонує низку ферментних препаратів протеолітичної дії і L-цистеїнових поліпшувачів для

покращення реологічних властивостей тіста для крекерів, зокрема ФП на основі бактеріальної протеази «Alphamalt BK 5020» і «Alphamalt PRO», L-ЦП «EMCEsoft P 10», L-ЦП «Porit L» [38–40]. Але у комерційних пропозиціях компанії наведено загальні рекомендації щодо застосування цих ФП та L-ЦП.

ФП «Alphamalt BK 5020» рекомендовано застосовувати при виробництві крекерів та печива для розслаблення клейковинного каркасу борошна. Застосування ферменту вирівнює коливання в якості борошна з міцною, не еластичною клейковиною.

Ферментний протеазний поліпшувач «Alphamalt PRO» розслаблює клейковину пшеничного борошна, підвищує розтяжність тіста, покращує пористість виробів.

Поліпшувачі борошна «EMCEsoft P 10» та «Porit L» базуються на L-цистеїні. Рекомендується застосовувати для покращення реологічних властивостей тіста, особливо із борошна з короткою клейковиною.

Використання технологічних поліпшувачів при виробництві крекерів є умовою, часто необхідною та економічно виправданою, для отримання якісної, безпечної та корисної для споживача продукції. Протеолітичні ферменти та цистеїнові поліпшувачі повністю руйнуються при термообробці, таким чином їх наявність може не вказуватись на етикетці, оскільки вони не завдають шкідливого впливу здоров'ю людини. Тому при створенні нового асортименту виробів необхідно провести низку досліджень для визначення впливу даних поліпшувачів на структурні властивості виробів та корегування технологічних режимів їх виробництва.

1.3. Досвід використання нетрадиційної рослинної сировини для підвищення харчової та біологічної цінності крекерів

Удосконалення технології крекерів з метою створення виробів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, а також пошуки натуральних інгредієнтів багатоцільового призначення, здатних забезпечити технологічне поліпшення якості продуктів з комплексними властивостями є другим етапом дисертаційної роботи.

Одним з напрямів поліпшення жирнокислотного та білкового складу виробів є використання борошняних композитних сумішей із зернобобових та олійних культур [41–43]. Доведено, що включення борошна із зернобобових та олійних культур підвищує у виробах якість білка за амінокислотним складом, покращує їх жирнокислотний склад та збільшує вміст мікронутрієнтів [44].

Науковцями встановлено доцільність використання нетрадиційних рослинних олій – льняної, соєвої, гарбузової та обліпихової у виробництві печива. Завдяки вмісту нетрадиційних олій продукт збагачується есенціальними кислотами, співвідношення насичених жирних кислот (НЖК), мононенасичених жирних кислот (МНЖК) та поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) стає більш збалансованим [45]. Для отримання оптимального жирнокислотного складу доцільне купажування традиційних олій з льняною та рижієвою [46].

Вченими рекомендовано використання макухи ріпакового насіння, яке дозволяє покращити жирнокислотний склад БКВ [47, 48].

Ефективним є спосіб виробництва крекерів з використанням зерен масляного льону, подрібненого та неподрібненого, у кількості 13 % до маси борошна. Такі вироби мають покращені органолептичні властивості, їх біологічна цінність підвищується на 30 % [49]. Насіння льону дозволяє покращити жирнокислотний склад БКВ за рахунок наявності в ньому гліцеридів ліноленової, лінолевої, олеїнової, пальмітинової та стеаринової кислот [50, 51].

Збагатити рецептурний склад печива можливо за рахунок внесення шротів обліпихового, кедрового, кунжутного, порошка із хурми тощо [52, 53].

Вченими доведено, що повна або часткова заміна борошна пшеничного нетрадиційними видами борошна з пророщеного зерна у виробництві здобного печива значно підвищує його харчову та біологічну цінність. У вітчизняній і зарубіжній науковій літературі зазначається, що в процесі пророщування зерна зростає вміст вітамінів. На підставі проведених науковцями досліджень, розроблено печиво з додаванням борошна з пророщеного зерна пшениці –

«Сонячне мереживо», «Соло» і вівса – «Зернова феєрія» та «Вівсяне з солодом». Зразки печива розширюють асортимент виробів зі зниженою калорійністю, підвищеним вмістом незамінних амінокислот (НАК), есенціальних жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин [54].

Аналіз літературних джерел показав, що одним з напрямів поліпшення білкового складу БКВ є використання рослинних культур збагачених білком, що дасть змогу у виробі підвищити якість білка за амінокислотним складом, збільшити вміст мікронутрієнтів та розширити асортимент продукції [44, 55].

Перспективною сировиною, для підвищення харчової та біологічної цінності крекерів, на наш погляд, є амарантове борошно. Рослина амарант (*Amaranth caudatus* L., *A. Mantegazzianus*, *A. cruentus*, *A. hypocondriacus*), є цінною рослиною, головним чином через свій харчовий, функціональний, сільськогосподарський і технологічний потенціал.

1.4. Застосування амарантового борошна при виробництві харчових продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю

Амарант – широколистяна однорічна трав'яниста рослина 3-4 м висотою з множинними ошатними суцвіттями, які містять насіння. Родина амарантових налічує 65 рід і 850 вид, які поширені переважно в субтропічних областях земної кулі. Всі вони є зерновими культурами [56].

Багато вчених досліджували біохімічну, фізико-хімічну характеристику та перспективу застосування амарантового борошна у харчовій промисловості та властивості готової продукції, а саме: Іоргачова К. Г., Солоницька І. В., Молодожен Ю. Б., Калугіна І. М., Височина Г. І., Кравців Р. Й., Кононков П. Ф., Шмалько Н. А., Росляков Ю. Ф., Wojnanska T., Torres Vargas O. L., Дерканосова Н. М., Силков С. И., Gemel T. H., Haber T., Aperecida F. T., Tikekar R. V. та ін.

Вченими доведено, що борошно амаранту містить значну кількість білка, крохмалю, харчових волокон, ліпідів, мінеральних речовин та біоактивних компонентів, які впливають на харчування людей [57–59].

Напрямок практичного застосування різних частин амаранту дуже різноманітний та універсальний. Так насіння (смажене, екструдоване) та борошно з нього різного ступеню подрібнення використовується у хлібопекарській та кондитерській галузях, при виробництві макаронних виробів, у харчоконцентратній галузі при виробництві каш і пластівців. Олія з зерен амаранту та крохмаль застосовується при виготовленні харчових концентратів, в фармацевтичній та косметичній галузях, листя та молоді стебла – у гастрономії (салати, соуси), у виготовленні кормів для тварин (зелений корм, силос, сухий корм, брикети) [60, 61]. Також амарант використовується у якості харчового барвника [62].

З літературних джерел відомо, що амарантове борошно містить підвищений вміст білка (14-17 %), який добре збалансований за амінокислотним складом, сумарний білок амаранту на 28-35 % складається з незамінних амінокислот, зокрема кількість лізину майже у 2,5 рази та метіоніну у 1,5 рази більше, ніж у пшеничному борошні. Борошно амарантове містить: білки – 16,0 г, вуглеводи – 54,5 г, жири – 6,5 г, клітковину – 0,85 г, мінеральні речовини – 3,6 г. За концентрацією заліза, кальцію і міді амарантове борошно перевершує пшеничне борошно, а саме: заліза в пшеничному борошні 2,1 мг, в амарантовому – 28,0 мг; кальцію, відповідно, 74,0 та 96,0 мг; міді – 0,18 та 2,4 мг, тому амарант є перспективною сировиною для введення в раціон людини як нове джерело заліза і кальцію. Має високий вміст вітамінів: С, Е, В₁, В₂, В₉, РР, А, D, органічних кислот, стероїдів і фітостероїдів. В зернах амаранту вітамін Е міститься в токотрієнольній формі, антиоксидантні властивості якої в 40-50 разів вище, ніж у токоферольних форм. В складі жирів – близько 50 % поліненасичених жирних кислот. Амарантове борошно є природним джерелом сквалену. Сквален – це поліненасичений вуглеводень. Головна властивість сквалену – насичення тканин і органів необхідною кількістю кисню і провітамінами, володіє високою антиоксидантною властивістю [63–72].

Продукти, в яких міститься амарант мають високий комерційний потенціал, оскільки є функціональними продуктами, які здатні забезпечувати

високу якість білка, вміст харчових волокон та є цінним джерелом мінерального та вітамінного комплексу [73–76].

Амарант володіє високою антиоксидантною здатністю. Антиоксидантними сполуками амаранту є поліфеноли, фітостероли, β -ситостероли, хоча білки також відіграють важливу роль як радикали. В різних сортах амаранту ідентифіковані поліфеноли (ізокверцетин і рутин) і фенольні кислоти. Амарант також багатий амінокислотами, які мають антиоксидантні властивості, такі як: сірковмісні (цистеїн і метіонін), ароматичні (тирозин та триптофан), лізин, гістидин, пролін, гліцин, аланін і треонін. Також знайдені водорозчинні пептиди вільних радикалів, що гальмують окислювальні процеси в насінні амаранту виду *Amaranthus mantegazzianus*. Водні екстракти гідролізатів білка *A. Mantegazzianus* показали потенційну здатність поглинати вільні радикали [77–79].

Зерна амаранту можна використовувати як джерело біологічно активних речовин у виробництві кондитерських, хлібопекарських, макаронних та екструдованих виробів [80–82].

В ОНАХТ розроблена технологія виробництва борошна з зерен амаранту. Цей продукт характеризується наявністю біологічно активних речовин (Ca, Mg, Fe, ліпідів, вітамінів B₁ та B₂), добре збалансований високоякісним білком, близьким до поживного значення молочного білка, і має радіопротекторні властивості [83]. Доведена можливість використання та розроблена технологія виробництва мармеладу та помадних цукерок на основі додавання продуктів переробки амаранту, а саме борошна із зерен та порошку з листків амаранту [84, 85].

У науковій роботі дослідниками були узагальнені і систематизовані розробки методів виділення пектинового полісахариду з амаранту (*Amaranthus cruentus* L.). Хімічна модифікація пектинових полісахаридів давала нові фізіологічно активні сполуки, які є водорозчинними комплексами з макро- і мікроелементами [86].

Вітчизняними та зарубіжними науковцями було приділено багато уваги створенню борошняних кондитерських та хлібобулочних виробів із застосуванням амарантового борошна з метою підвищення харчових характеристик та з метою регулювання реологічних властивостей тіста [87–90]. Вченими доведено, що для амарантового борошна характерна велика різноманітність молекулярних форм білка за рахунок включення частинок ендосперму, велика частина білків цього борошна припадає на альбуміни і глобуліни, менша частина – на запасні (проламіни і глютеліни), що не дозволяє сформувати тісто з заданими пружно-в'язко-пластичними властивостями. У зв'язку з цим при використанні борошна з амаранту доцільно здійснювати тільки часткову заміну ним хлібопекарського пшеничного борошна [91].

Вченими було встановлено, що вміст сирової клейковини при внесенні амарантового борошна незначно зменшується. Із збільшенням дозування добавки змінюються і структурно-механічні характеристики клейковини. Показник ІДК збільшується, тобто використання амарантового борошна розслабляє клейковину і змінює її структурно-механічні властивості, що актуально при переробці пшеничного борошна з дуже міцною клейковиною [92].

Розроблено технологію бісквітів на основі цільозернового борошна жита, пшениці і амаранту, що дозволяє отримати якісний продукт з тонкою структурою пор, приємним смаком і ароматом з високою харчовою та біологічною цінністю. З'ясовано, що у розроблених бісквітах вміст білка збільшується в 1,5 рази, харчових волокон в 6 разів, калію в 10,8 рази, кальцію в 11 разів, фосфору в 3 рази, заліза в 3,3 рази; вітаміну B_6 в 4,1 рази, B_{12} в 2,4 рази, B_9 в 12,4 рази, порівняно з контролем. В бісквітах з додаванням амарантового борошна спостерігається найбільша антиоксидантна активність, що пояснюється наявністю антиоксиданту сквалену [93].

Науковцями Antoniewska A. та ін. вивчено вплив часткової заміни (17-50 %) пшеничного борошна на пластівці гречаної суміші та амарантового борошна на якість мафінів під час зберігання, особливу увагу звертали на їх

антиоксидантні, харчові та сенсорні властивості. Інтенсивність горіхового аромату та смаку збільшувалася з збільшенням вмісту гречаної суміші та амарантового борошна. Заміна пшеничного борошна на пластівці гречаної суміші та амарантового борошна в кількості 50 % у мафінах покращила їх харчові та антиоксидантні властивості, ефективно інгібуючи розпад гідропероксиду, тим самим запобігаючи утворенню токсичних вторинних продуктів окиснення ліпідів [94]. Для підвищення харчової цінності безглютенових кондитерських виробів було використано добавки у вигляді борошна льону, амаранту та гречки. Встановлено, що додавання даної сировини покращило технологічну та органолептичну характеристику виробів. Доведено значне зростання білка, амінокислотної композиції, харчових волокон, мікро- та макроелементів в порівнянні з контрольними зразками [95].

Відомо, що при виробництві бісквітного напівфабрикату може використовуватися пшеничне борошно з різними технологічними характеристиками, що не дозволяє отримувати вироби стабільної якості. Тому для регулювання сили пшеничного борошна (зниження кількості клейковини в тісті, ослаблення її властивостей) в рецептурах бісквітів передбачено внесення крохмалю. Вміст і якість клейковини в борошні при виготовленні виробів з бісквітного тіста для запобігання його «затягування» можна регулювати і шляхом внесення борошна, що не містить клейковини [96, 97].

Науковцями у якості такої сировини було обрано амарантове борошно. Встановлено, що внесення амарантового борошна знижує кількість клейковини та її пружні властивості. Збагачення БКВ борошном з насіння амаранту сприяє наданню їм функціональної дії та дає змогу отримати вироби підвищеної харчової цінності з високими споживчими властивостями [98–101].

В ОНАХТ розроблено технологію зтяжного печива «Гамма», до рецептури якого внесено 7,5 % борошна з зерен амаранту. Встановлено, що дане печиво має підвищену крихкість та здатність до намокання, а також володіє поліпшеними споживчими властивостями [102].

Науковцями було досліджено вплив амарантового борошна на показники якості крекери, обґрунтована рецептура приготування та технологія виробництва крекери з частковою заміною пшеничного борошна на амарантове. За органолептичними та фізико-хімічними властивостями рекомендовано додавання амарантового борошна в кількості 10 % до маси пшеничного борошна [103]. Але таке невелике дозування амарантового борошна не дає суттєво підвищити біологічну цінність листових виробів, зокрема крекерів. Оскільки амарантове борошно не містить клейковини необхідно шукати нові технологічні рішення та додаткові структуроутворювачі для розробки виробів зі збільшеним дозуванням амарантового борошна.

Останнім часом велике застосування у виробництві кондитерських виробів знаходять добавки рослинного походження, що поєднують технологічні властивості зі здатністю надавати позитивний вплив на низку фізіологічних функцій організму людини. До таких добавок належить гуміарабік (ГА).

Згідно з визначенням Об'єднаного Експертного Комітету ФАО/ВООЗ , ГА (Гам Арабік, Гам Акація, Аравійська камедь) являє собою висушений на повітрі ексудат, отриманий при надрізі стовбурів або гілок *Acacia Senegal L. Willdenow* або *Acacia seyal*, а також інших споріднених різновидів Акації (Fam. Leguminosae). За INS – номер гуміарабіку Е 414. Смоли акації очищують простим фізичним шляхом (розчиненням у воді, центрифугуванням, фільтрацією та стерилізацією) без хімічної та ензиматичної модифікації [104].

Функціонально-технологічні властивості ГА обумовлені особливостями його структури. За хімічною будовою ГА відноситься до класу глікопротеїнів, тобто біополімерів молекула яких містить фрагменти як полісахаридної, так і білкової природи. Загальний вміст білка становить близько 2 % (інколи 1 %), але в окремих фракціях білка може бути до 25 % [105].

ГА значно перевершує інші полісахариди як по розчинності у воді, так і по швидкості гідратації. В'язкість розчинів дуже низька порівняно з іншими камедями (гуару, рожкового дерева, трагакану, ксантану) та залежить від

концентрації, температури, рН середовища. Розгалужена структура ГА сприяє стійкості до гідролізу і високих температур [105–107].

Плівки ГА мають більш низьке водопоглинання, порівняно з плівками інших полісахаридів, також виконують функцію підсилювача смаку, тому його використання становить значний інтерес для застосування у технологіях кондитерських виробів. Також ГА використовується в дієтичних продуктах, адже володіє стійкістю до дії ферментів шлунково-кишкового тракту людини і може служити джерелом некаріогенних розчинних харчових волокон.

Основні функції: виконує пребіотичну та гіпоглікемічну функцію, має низьку енергетичну цінність, може зв'язуватися з іншими важливими компонентами нутрицевтиків, зокрема з поліфенолами і мінеральними речовинами, являється стабілізатором колоїдних систем, структуроутворювачем, регулює активність води [108–113].

Вченими доведено, що внесення ГА сприяє підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста для цукрового печива [114]. У працях вчених доведено технологічний ефект позитивного впливу додавання ГА на стійкість емульсії і якість цукрового печива. Розроблено технології цукрового печива, яке містить функціональні інгредієнти: препарати харчових волокон «Herbasel AQ Plus» та ГА TM «Fibregum» і дисахарид лактулозу, які мають пребіотичні властивості. Вчені встановили такі технологічні властивості ГА: стабілізація вологи в кондитерських виробках; антиоксидантні властивості; зменшення показника активності води і подовження термінів зберігання готових виробів [114].

У працях вчених доведено ефективність застосування ГА TM «Fibregum» як пребіотики та регулятора структури здобного тіста. Науковцями встановлено, що ГА виявляє здатність до гідрофобних взаємодій з клейковинним комплексом борошна, сприяє підвищенню розтяжності та еластичності клейковини і підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста. Завдяки внесенню ГА, який має антиоксидантні властивості та збільшенню у печиві вітаміну Е термін зберігання печива становить 4 місяці [54].

Отже, огляд літературних джерел показав доцільність використання ГА для підвищення харчової та біологічної цінності крекеру з додаванням амарантового борошна та можливості стабілізації структурно-механічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів.

1.5. Шляхи збагачення борошняних кондитерських виробів рослинними антиоксидантами

Основним критерієм оцінки якості кондитерських виробів є органолептичні показники, зміна яких обумовлена різними процесами під час зберігання. При зберіганні крекерів головним домінуючим фактором є стан ліпідного комплексу. Фундаментальні принципи окислення ліпідів викладено у чисельних роботах [115–118]. Окислювальне прогіркання є найбільш поширеним типом псування жирів під час їхнього зберігання. Розвиток окислювальних процесів призводить до виникнення в жирах і жиромісних продуктах сполук перекисного характеру, альдегідів, кетонів, низькомолекулярних кислот, окисикислот та ін. Завдяки цьому жири втрачають свою харчову цінність, стають токсичними. Задовго до виникнення чітких ознак псування жири починають втрачати свою біологічну цінність. Нестійкість жирів проявляється в їх прогірканні, яке є результатом складних хімічних і біохімічних реакцій. В основу окислювального автокаталітичного прогіркання покладено ланцюгові радикальні процеси з виродженням розгалуженням між киснем повітря і ненасиченими жирними кислотами жиру. Первинними продуктами цього процесу є гідроперекиси, з яких шляхом складних реакцій утворюється різноманітна суміш різних сполук, насичених і ненасичених альдегідів, кетонів, моно- і дикарбонових кислот, альдегідокислот, кетокислот та їх ефірів, гідроксисполук, епоксидів тощо. Більшість цих речовин бере участь у виникненні присмаку прогіркання; леткі речовини, крім того, обумовлюють погіршення смаку. Застосування антиоксидантів у деяких випадках є одним із найкращих методів стабілізації жирів та жиромісних продуктів. Антиоксиданти (антиокислювачі) – речовини, які сприяють

запобіганню процесів перекисного окислення ліпідів і не дають накопичуватися в ньому вільним радикалам окислення [115–118].

Натуральні антиоксиданти, що отримані з рослин, містять у своєму складі фенольні і поліфенольні сполуки, каротиноїди, які здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гіпероксиди без утворення вільних радикалів, що спричиняє розрив ланцюга і сповільнення швидкості окиснення. Крім того, використання натуральних антиоксидантів підвищує харчову й біологічну цінність продукту, тому останнім часом актуальними є розробки та впровадження антиоксидантів природного походження на основі рослинної сировини [115–122].

Вплив природних антиоксидантів на зміну якості жирів у кондитерських виробках досліджувався у працях І. В. Сирохмана, М. І. Соболевої, А. М. Дорохович, Т. М. Лозової, В. Т. Лебединець, О. Я. Давидович та інших.

Науковцями досліджено антиоксидантні властивості деяких продуктів рослинного походження. Так, наприклад, спиртові 70-відсоткові екстракти з глоду характеризуються найбільш високим рівнем флювонолів і поліфенолів, з ожини – середнім, а з мушмули – найнижчим. Також, важливим критерієм цінності плодів глоду є наявність у них аскорбінової кислоти, що при окисненні проявляє свої антиоксидантні властивості [123]. Доведена ефективність використання порошків журавлини, глоду, моркви та чорної смородини з точки зору захисту жирів від окиснення. Окрім того, використання цих природних добавок під час виробництва кондитерських виробів позитивно впливає на харчову цінність готових виробів [124]. Дослідженням антиоксидантної дії складових насіння винограду, кореня цикорію, клітковини гарбузової на кондитерський жир виявлено, що насіння винограду і корінь цикорію є найбільш ефективними інгібіторами жиру та поліпшують споживчі властивості вафельних виробів [125]. Науково обґрунтовано можливість використання рослинної сировини, а саме клітковини пшеничної з брусницею та шроту кедрового горіха у виробництві пісочного печива [126]. Термічна обробка істотно не зменшує антиоксидантні властивості овочевих напівфабрикатів під

час переробки. Виявлено сильну протирадикальну дію томатного концентрату і перцевої маси [127, 128].

Для запобігання окислення жирів, також застосовують прянощі та трави, які мають високі антиоксидантні показники. Високу антиоксидантну активність виявляє шавлія, завдяки вмісту терпенів, токоферолів та стероїдів, розмарин до складу якого входять терпени і терпеноїди та кмин, що містить у своєму складі токоферолі, каротин і вітамін С, летючі та ефірні масла, кавову кислоту, кумарини, що володіють антиоксидантними властивостями та сповільнюють процеси окиснення жирів. Антиоксиданти такі як каротиноїди та токоферолі містяться у плодах шипшини [129, 130, 131, 132]. Антиоксидантні властивості бази́ліку забезпечуються флавоноїдами, каротиноїдами та вітаміном С [133].

Встановлено можливість використання сухих порошків з рослинної сировини як антиоксидантів для збільшення термінів зберігання жировмісних кондитерських виробів, а саме: шавлії, розмарину, бази́ліку, кмину, імбиру та плодів шипшини [134]. Визначення загального вмісту фенолів і антиоксидантної активності для дистильованих екстрактів бази́ліка, лавра, петрушки, ялівцю, анісового насіння, фенхелю, кмину, кардамону та імбиру показали, що найвищими антиоксидантними властивостями володіють екстракти бази́ліка і лавра [135]. Рослинний екстракт з бруньок гвоздики має високу антиоксидантну властивість та може використовуватись у якості антиоксиданту [136]. Бадьян має високі антиоксидантні, протимікробні та протигрибкові властивості та може застосовуватись як антиоксидант [137]. Велика кількість кверцетину міститься у японському перці [138]. Ялівцеві ягоди, ягоди барбариса, насіння пажитника, гвоздика, бадьян, лемонграсс, перець сичуанський, перець рожевий, шавлія, кмин містять велику кількість фенольних з'єднань, флавоноїдів та мають антиоксидантні властивості [139, 140, 141, 142]. Як і фенольні з'єднання, флавоноїди приймають участь у окисно-відновних процесах у рослинах [143].

Встановлено антиоксидантну дію натуральних рослинних інгредієнтів, а саме любистку лікарського, квасолі звичайної і липи серцелистої. Доведено, що

введення порошків 0,5 % до маси жиру любистку лікарського, квасолі звичайної та липи серцелистої сприяло стабільності жирової композиції проти окислення [144]. Встановлені антиоксидантні властивості екстракту розторопші плямистої на маслі вершковому [145].

Дослідження природних добавок плодів горобини звичайної та глоду колючого, листя меліси лікарської, а також трави грициків і споришу звичайного на зміну якості кондитерських жирів показали, що найвищу антиоксидантну дію проявили складові трави грициків і листя меліси лікарської [146]. Вивчено стабілізувальні властивості природних добавок (порошку листя меліси лікарської, пелюстків троянди дамаської, коріння кульбаби лікарської та квітів волошки синьої) на жирову основу нового печива цукрового. Експериментально підтверджено, що добавки-антиоксиданти сповільнюють утворення продуктів окислення і гідролізу у ліпідному комплексі печива вдвічі [147, 148].

Пасти та порошкоподібні концентрати з кропиви та шипшини збільшують терміни зберігання вафельних кондитерських виробів з жировими начинками в 1,5 рази [149].

За результатами комплексних досліджень впливу різних чинників на споживчі властивості та збереженість крекерів встановлено, що використання природних добавок – м'яти перцевої, цикорію, мускатного горіха – дозволяє продовжити строк зберігання крекерів у 2 рази порівняно з гарантійним [150].

Встановлено можливість поліпшити споживчі властивості і підвищити стійкість у зберіганні цукрового печива з низьким і середнім вмістом жиру, з додаванням кверцетину, аскорбінової кислоти і чайно-катехінового концентрату. За рахунок кверцетину і чайно-катехінового концентрату суттєво підвищуються споживчі властивості виробів щодо харчової цінності і стійкості у зберіганні [151].

У дисертаційній роботі Безуглої І. Н. було розглянуто та вивчено вплив рослинної сировини для отримання харчових та біологічно активних добавок для кондитерської галузі, а саме виробництва заварних пряників із

застосуванням продуктів екстракції рідким харчовим двоокисом вуглецю CO₂-шротів різної рослинної сировини. CO₂-шроти тривалий час зберігають свої корисні властивості, так як самі вони є консервантами і антиоксидантами. Отримані дані щодо зміни перекисного числа жирової фази в процесі зберігання показують, що внесення CO₂-шротів лікарських і пряно-ароматичних рослин, що містять в своєму складі природні антиоксиданти, дозволяє збільшити термін зберігання порівняно з контролем заварних пряникових виробів до 40 днів, а також збільшити вміст таких мінеральних елементів, як калій, кальцій, магній і залізо. Введення в заварні пряники CO₂-шротів лікарських і пряно-ароматичних рослин збагачує їх вітамінами С, Р, В₁, В₂ і РР [152].

Науковцем Красіною І. Б. створено діабетичні БКВ, що розширює асортимент діабетичних продуктів завдяки отриманню біологічно-активних добавок зі стевії (*Stevia rebaudiana* Bertoni) і знежиреної ПАС (коріандр, материнка, м'ята перцева, чебрець, мелісса, мигдаль солодкий, репешок, мускатний горіх, липовий цвіт, ромашка, буркун, звіробій, гвоздика, апельсинова цедра, кориця), що послужили базою для створення діабетичних БКВ (затяжного, вівсяного печива, пряників і крекеру). Всі збори знежирених пряно-ароматичних рослин мають високий вміст мінеральних речовин, харчових волокон, а також вітамінів С, РР і вітамінів групи В. Позитивний вплив має біологічно-активна добавка зі стевії і біологічно-активні добавки зі знежиреної ПАС на ступінь окислення жирової фази в процесі зберігання [153].

Таким чином, для запобігання процесів окислення у ліпідних фазах доцільно вводити натуральні антиоксиданти рослинного походження. Оскільки природні антиокислювачі діють більш м'яко, пошуки і дослідження ефективних рослинних антиоксидантів для захисту жирової основи та надання оригінального пряно-ароматичного смаку та аромату крекерам є третім етапом дисертаційної роботи. Високе значення антиоксидантної дії зумовлюють можливість розгляду пряно-ароматичних добавок, зокрема листків пажитника сінного та монарди двійчастої, як перспективної сировини для створення нових

рецептур крекерів з підвищеною харчовою цінністю, оригінальними органолептичними властивостями та подовженим терміном зберігання.

1.6. Перспектива використання пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum* L.) та монарди двійчастої (*Monarda didyma*) у виробництві крекерів

До ПАС, що має приємний смак та аромат, збагачена БАР та володіє антиоксидантними властивостями, а також виявляє позитивну дію на організм людини, у тому числі антиоксидантну, протекторну, антисептичну, протизапальну та можуть використовуватись як лікарські так і харчові рослини відносять листки монарди двійчастої та пажитника сінного [154–156].

Пажитник сінний (*Trigonella foenum-graecum* L.), (шамбала, фенугрек, чаман, грибна трава, гуньба сінна, буркун синій, грецьке сіно, буркотина, трилисник, верблюжа трава) – однорічна пряно-ароматична рослина, належить до родини бобових. Культивують його в Україні, Грузії і Латвії і використовують як спецію. Рід *Trigonella* включає в себе близько 260 видів, розповсюджених по всьому світу і належить до сімейства *Fabaceae*.

Використовують у харчовій промисловості насіння та листки рослини. Пажитник містить багато антисептичних, антиоксидантних і протизапальних сполук, таких як апігенін, геністеїн, кемпферол, кверцетин, рутин, селен і супероксидсмутази. Він також містить алкалоїди, такі як тригонеллін, кетони, альдегіди, сполуки йоду. Додатково, в складі листків містяться амінокислоти та полісахариди, останні є природними розчинними волокнами. Листки пажитника володіють заспокійливою, седативною, обволікаючою, протизапальною, протипухлинною, імуностимулюючою, антисклеротичною і антибактеріальною дією. Також пажитник має досить сильну антифунгальну дію, що в перспективі матиме позитивний вплив на термін зберігання збагачених ним продуктів [154–161].

У складі листків пажитника міститься велика кількість необхідних для нормального функціонування організму людини поживних та біологічно-активних речовин, а саме: білки (до 18 %), залізо, калій, фосфор, магній,

кальцій, таніни, вітаміни А, С, В₁, В₂, В₉ (фолієва кислота) і ензими, нікотинова кислота (вітамін РР) – до 14 мг%, рутин, стероїдні сапоніни, фітостероли і фітостерини, флавоноїди, слизові (до 20 %), ефірну олію (0,3 %), каротин – до 150 мг/кг, невеликі кількості алкалоїду тригонеліну (0,3 %), терпеноїди, стероїди, антоціани, дубильні речовини, холін, лецитин, харчові волокна. Харчова цінність листків пажитника сушеного: вуглеводи – 6,0 г, жири – 0,9 г, білки – 4,4 г, калорійність 49 ккал/100 г. Пажитник допомагає збалансувати рівень холестерину, знизити рівень цукру, лікувати запалення шкіри та болі в горлі [162–171].

Монарда двійчаста (*Monarda didyma*) – багаторічна трав'яниста рослина, що належить до родини *Lamiaceae*, містить цінну за компонентним складом ефірну олію, використовується як пряносмакова та лікарська рослина. Культивуються переважно види *M. didyma*, *M. fistulosa*, *M. punctata* та *M. citriodora*.

Природний ареал монарди знаходиться у Північній Америці і Мексиці. За літературними джерелами, в Європу рослина потрапила у 1752 році і стала одним з найулюбленіших ароматизаторів в Англії. Тут її називають солодким бергамотом і широко використовують у напоях, салатах, для ароматизації води і оцту. В Німеччині монарда має назву «Індіанська кропива» і використовується як садово-паркова рослина, дуже декоративна завдяки великій кількості суцвіть на кущі. В Німеччині, Англії та Нідерландах виведено близько ста сортів цієї рослини [172–174]. Крім того, монарда – чудова медоносна рослина, мед з якої має цілющі властивості.

Монарда володіє великим спектром дії, а саме: антисептичною, спазмолітичною, протизапальною, імуномодельною, радіопротекторною дією. На відміну від країн Європи та Америки, де монарда введена в культуру як декоративна, пряно-ароматична та лікарська рослина, в Україні вона не набула значного поширення. Це пов'язано насамперед з недостатніми і неповно проведеними інтродукційними та біоморфологічними дослідженнями рослин роду *Monarda* в Україні. Дослідження монарди як джерела БАР проводили в

Інституті ефіроолійних і лікарських рослин у Сімферополі, у Никітському ботанічному саду [175]. Як перспективні ефіроолійні рослини *M. fistulosa* та *M. didyma* вивчалися в Росії, Молдові та Литві. Література про монарду в Україні майже відсутня, інформація про рослину представлена фрагментарно, окремими тезами. Незважаючи на важливе значення видів роду *Monarda*, до цього часу вони широко в Україні не вирощуються [176–179].

Деякі види монарди слугують прянощами для консервної, виноробної, харчової та сировиною для парфумерної і фармацевтичної промисловості. Ефірну олію монарди та її траву використовують в медицині, оскільки вона має різко виражені бактерицидні властивості, які зберігаються при переробці сировини та у харчовій промисловості, де може бути прекрасним заміником імпортного чорного перцю в сухих прямих сумішах та при виготовленні овочевих маринадів [176–179].

Якість продуктів, виготовлених з додаванням ПАС, залежить від таких речовин як цукри, кислоти, каротин, дубильні речовини, флавоноїди, вітаміни та ін., які відіграють важливу роль у становленні смаку і аромату. Але перш за все пряно-ароматичні рослини цінують за вміст ефірних олій, які надають рослинам приємного аромату. Аромат монарди зумовлений наявністю ефірної олії, у складі якої ідентифіковано 24 компоненти, причому 70 % припадає на тимол і карвакрол [180–182].

Багатьма вченими вивчено за допомогою сучасних методів компонентний склад ефірної олії монарди. Основна частина її зосереджена у квітках та листках. Компонентний склад ефірної олії: тимол, пара-цимен, гамма-терпінен, карвакрол тощо. Останній має характерний гострий аромат орегано. Низька токсичність, приємний запах і смак дозволяють використовувати карвакрол як протибактеріальний засіб.

Фракційний склад монарди має вміст біологічно активних речовин в абсолютно сухій сировині: сухі речовини – 26,48 %, цукри – 9,30 %, дубильні речовини – 3,74 %, кількість кумаринів фенолкарбонових кислот і флавоноїдів – 11,61 %. Крім того, в сировині містяться фенольні сполуки, антоціан монардеїн

та гіркоти. Флавоноїдний склад листків: рутин – 82,08 мг%, гіперозид, кверцитрин – 4,59 мг%, лютеолін і кверцетин. Кількість вітаміну С – 29,3 мг%.

Ефірна олія має репродуктивну, антистресову, антиоксидантну і антианемічну дію. Антибактеріальну і антисептичну дію монарді надає наявність тимолу [181–199].

Зважаючи на значний вміст сполук терпеноїдної та сесквітерпеноїдної природи (лімонен, цимол, цинеол, сабінен, карвакрол, оцимен, мірцен), рослини монарди та пажитника, є перспективною сировиною для подальших фітохімічних досліджень, оскільки відомо [163, 187], що вони мають значні протизапальні, імуностимулюючі, седативні й антивірусні властивості.

Під час зберігання БКВ змінюються органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники. Листки пажитника та монарди є джерелом натуральних антиоксидантів, які здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гіпероксиди без утворення вільних радикалів тим самим подовжуючи термін зберігання крекерів. На наш погляд, використання листків ПС та МД при виробництві крекерів як натуральних антиоксидантів та смако-ароматичних добавок дозволить створити вироби з оригінальними смаковими властивостями та сприятиме подовженню їх терміну зберігання.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Аналітичними дослідженнями доведено, що питанню створення крекерів з поліпшеними споживчими властивостями приділялася увага багатьох вчених. Але для отримання нових видів конкурентоспроможної продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, збагачених біологічно-активними компонентами, подовженим терміном придатності, оригінальними смаковими властивостями необхідно удосконалення технології та застосування нетрадиційної рослинної сировини з підвищеним вмістом ФФІ.

2. Для удосконалення технології виробів крекерів доцільно використовувати технологічні поліпшувачі, які суттєво впливають на структурно-механічні властивості напівфабрикатів та готових виробів. До таких поліпшувачів відносяться препарати протеолітичної дії та технологічні

поліпшувачі на основі амінокислоти L-цистеїн, використання яких потребує системних досліджень для корегування технологічних режимів виробництва.

3. На підставі аналізу літературних джерел зроблено висновок, що одним з напрямів поліпшення харчової та біологічної цінності крекерів є використання амарантового борошна. Амарантове борошно не містить клейковини, тому необхідно шукати нові технологічні рішення та добавки рослинного походження, що дозволять отримати задані структурно-механічні властивості тіста та готових виробів при частковій заміні в рецептурах виробів пшеничного борошна на амарантове та поєднують технологічні властивості зі здатністю надавати позитивний вплив на низку фізіологічних функцій організму.

4. Огляд літературних джерел показав доцільність використання ГА як пребіотики та додаткового структуроутворювача для стабілізації структурно-механічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів.

5. Оскільки під час аналізу літературних джерел не було знайдено матеріалів із застосування амарантового борошна і пребіотики ГА у виробництві крекерів виникає потреба у проведенні досліджень для наукового обґрунтування технології нового асортименту крекерів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

6. На підставі аналітичних досліджень літературних джерел зроблено висновок, про перспективність використання ПАС – листків ПС та МД при виробництві крекерів, що сприятиме подовженню терміну зберігання, підвищенню харчової цінності, поліпшенню органолептичних властивостей крекерів завдяки вмісту в ПАС есенціальних нутрієнтів, ароматичних та фенольних сполук.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ, ПРЕДМЕТІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика об'єктів та предметів досліджень

Об'єкт досліджень – технологія крекери.

Предмет досліджень – ферментні препарати, поліпшувачі; амарантове борошно; листки монарди двійчастої та пажитника сінного; крекери і напівфабрикати для їх приготування.

Під час проведення лабораторних досліджень і виробничих випробувань використовували таку сировину та харчові добавки:

- борошно пшеничне хлібопекарське вищого сорту згідно ГСТУ 46.004–99;
- борошно амарантове згідно з сертифікатом якості (виробник «Амарант України»). Показники якості амарантового борошна наведені в таблиці 2.1;

Таблиця 2.1 – Показники якості амарантового борошна

Показник	Амарантове борошно
Вологість, %	8,0
Зольність, %	2,1
Дисперсність, мкм	220
Колір	Кремовий
Запах	Насичений (з легким горіховим відтінком)
Хімічний склад, г/100 г борошна	
Білки	16,0
Жири	6,8
- в т. ч. насичені жирні кислоти	2,9
Вуглеводи	56,0
- в т. ч. цукри	0,4
Клітковина	11,0
Енергетична цінність, кДж/ккал	1568 / 372

➤ камедь акації – ГАTM «Fibregum B» (виробник компанія «Nexira», Франція) згідно з сертифікатом якості;

➤ листки ПС та МД згідно ТУ 10.17 УССР 39-88;

➤ піросульфит (метабісульфит) натрію згідно ГОСТ 11683-76;

➤ ФП на основі активованої фосфоліпідами бактеріальної протеази «Alphamalt ВК 5020», ферментний протеазний поліпшувач «Alphamalt PRO» на основі бактеріальної протеази, L-ЦП «EMCEsoft P10», L-ЦП «Porit L» компанії «Mühlentchemie GmbH&Co» згідно з сертифікатами якості;

- цукор білий кристалічний згідно ДСТУ 4623:2006;
- маргарин столовий «Молочний» згідно ДСТУ 4465:2005;
- олія соняшникова рафінована згідно ДСТУ 4492:2017;
- сіль кухонна згідно ДСТУ 3583:2015;
- інвертний сироп (напівфабрикат);
- амоній харчовий згідно ГОСТ 9325-79;
- сода харчова (натрій двовуглекислий) згідно ГОСТ 2156-76.

Блок-схему проведення досліджень щодо удосконалення технології крекерів з покращеними структурно-механічними властивостями, підвищеною харчовою та біологічною цінністю, з оригінальними органолептичними властивостями та підвищеним терміном зберігання зображено на рис. 2.1.

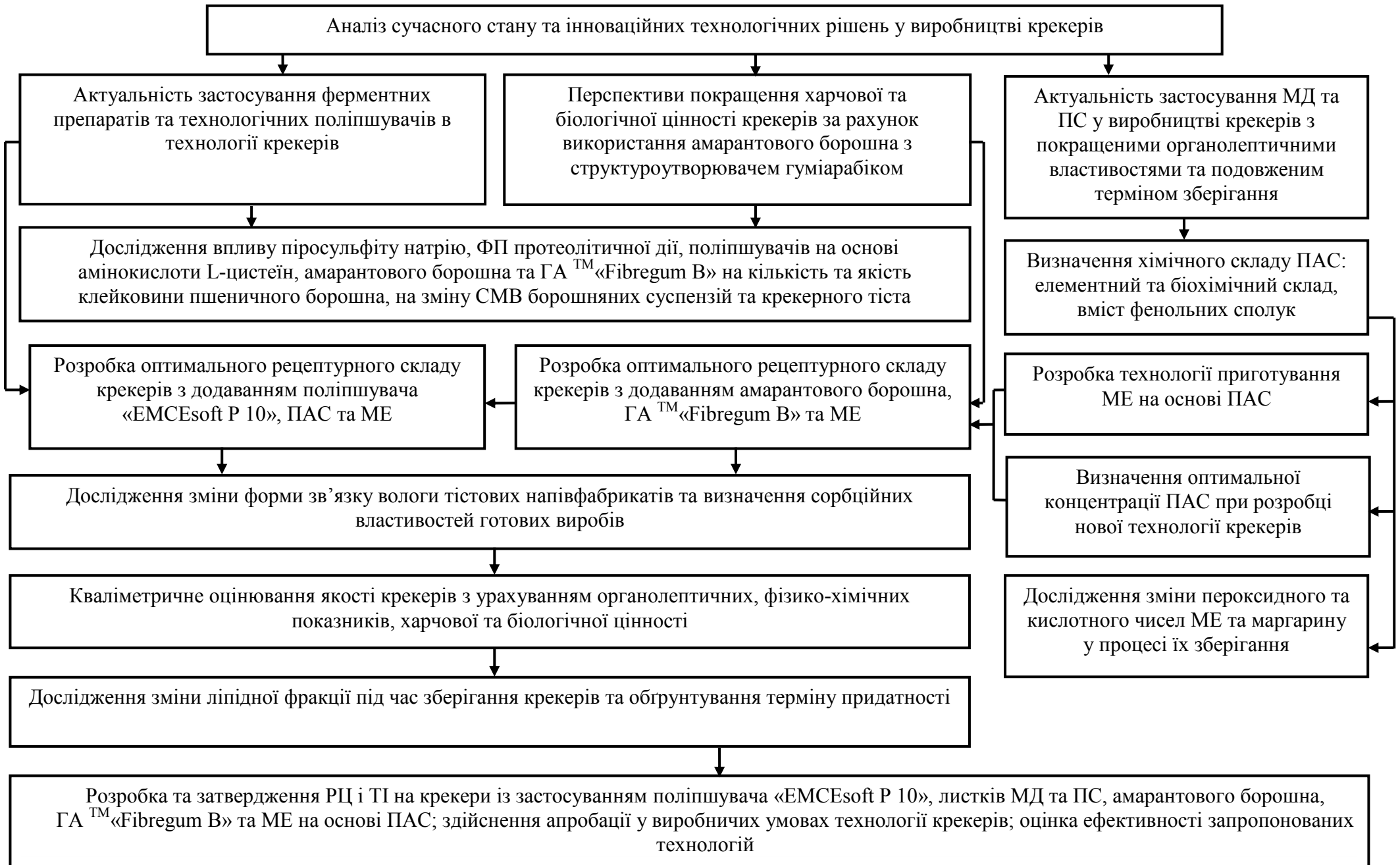


Рис. 2.1. Блок-схема комплексних досліджень з удосконалення технології крекерів з поліпшеними споживчими властивостями

2.2. Характеристика методів експериментальних досліджень

Експериментальна частина роботи виконувалася у лабораторних умовах: кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів (НУХТ), кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів (НУХТ), кафедри хлібопекарського, кондитерського та бродильного виробництва інституту післядипломної освіти НУХТ, Українського інституту експертизи рослин Національної академії сільськогосподарських наук, молекулярної фізики Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка, Інституту фізичної та колоїдної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України, лабораторії НВК «Екофарм», науково-технічному центрі «ВИРИА-Ltd», Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Тісто готували за допомогою лабораторної тістомісильної машини. Термообробку виробів проводили в лабораторній пекарній камері.

Рецептури, способи приготування напівфабрикатів та технологічні режими наведені в розділі 6.

Виробничі випробування проведено в умовах ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква), ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква).

2.2.1. Методи визначення якості сировини

Вміст сирої клейковини пшеничного борошна визначали способом ручного відмивання відповідно до ГОСТ 27839–88 [200].

Якість сирої клейковини оцінювали за її кольором, розтяжністю, еластичністю, пружністю [200].

Визначення титрованої кислотності ПАС. Метод заснований на титруванні екстрагованих водою кислот розчином лугу відомої концентрації [201].

Загальний вміст цукрів у ПАС визначали методом Бертрана [201].

Визначення аскорбінової кислоти (вітаміну С) у ПАС проводили методом титрування. Принцип методу визначення заснований на здатності аскорбінової кислоти відновлюватися в кислому середовищі до дегідроаскорбінової кислоти.

Синя фарба (2,6–дихлорфеноліндофенол) покладена в основу визначення вітаміну С у свіжих рослинах. За кількістю 2,6–дихлорфеноліндофенолу, витраченого на титрування, визначають кількість аскорбінової кислоти в дослідному матеріалі [201].

Визначення дубильних речовин у ПАС проводили методом титрування розчином перманганату калію у присутності індигокарміну [201].

Абсолютно суху речовину у ПАС визначали шляхом висушування зразків до постійної маси при температурі 105⁰С [202].

Визначення каротину у ПАС проводили спектрофотометрично із застосуванням розчинника бензину Колоша [203].

Визначення масової частки ефірного масла у листках монарди та пажитника визначали методом відгонки. Після закінчення процесу величину стовпчика ефірного масла визначали за допомогою кататометра [204].

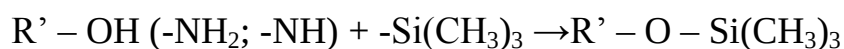
Елементний склад рослинної сировини листків ПС та МД визначали рентгенофлуоресцентним методом на енерго-дисперсійному спектрометрі енергій рентгенівського випромінювання «ElvaxX» у науково-технічному центрі «ВИРИА-LTD». Метод аналізу ґрунтується на вимірюванні інтенсивності ліній спектра рентгенівської флуоресценції атомів хімічного елементу під час збудження їх рентгенівським випроміненням, джерелом якого є рентгенівська трубка [205].

Для визначення вмісту біофлавоноїдів МД та ПС використовували методи:

- ультрашвидкісної високоефективної рідинної хроматографії (UPLC) при діодноматричному детектуванні (PDA), який одночасно записує електронний спектр поглинання сполук. Результати отримані на приладі фірми WATERS(USA). Аналіз проводили в градієнтному режимі зміни складу рухомої фази (ацетонитрил-вода). Колонка ACQUITY UPLC®BEHC₁₈ 1,7 μm, 50*2,1 mm [163];
- спектроскопії. Результати були отримані на приладі фірми Specord 210 Plus (Німеччина) [206];

- газової хроматографії з масс-селективним детектуванням та бібліотекою масс-спектрів до (етанольні концентрати) і після кислотного гідролізу вихідних та модифікованих (TMS дериватів) форм. Результати були отримані на приладі фірми Agilent GC/MSD 7890A/5975C з капілярною колонкою HP-5MS [166].

Оскільки органічні сполуки, що містять рухливий атом водню (вуглеводи, кислоти, флавоноїди та ін.) погано піддаються аналізу методом газової хроматографії на практиці використовують метод заміщення протону на більш гідрофобну групу, що дає можливість застосувати метод газової хроматографії:



З цією метою успішно використовують ангідриди, хлорангідриди, альдегіди, хлорвмісні сполуки. В результаті, утворюється гідрофобна сполука, що покращує хроматографічні характеристики, селективність, а також робить достовірну ідентифікацію. Застосування масс-селективного детектора суттєво підвищує ефективність ідентифікаційного процесу (за наявності бібліотеки масс-спектрів). У зв'язку з тим, що сполуки з рухливими атомами водню в рослинах присутні у кон'югованому вигляді і такі форми складні для ідентифікації, було використано для отримання вільних агліконів кислотний гідроліз. Після проведення гідролізу, аглікони виділяли екстракційним методом. Також досліджували етанольні розчини гідролізатів після видалення в вакуумі розчинника (етилового спирту).

Для ідентифікації сполук з рухливими атомами було використано метод дериватизації (отримання похідних), що дозволяє збільшувати молекулярну масу вихідної сполуки на відому величину, проводити більш якісне хроматографування, а також збільшивши її вихідну молекулярну масу – достовірну ідентифікацію. В дослідженнях використовували для цієї мети реагент N-метил-N-триметилсиліл-трифторацетамід (TMS).

2.2.2. Методи визначення органолептичних, структурно-механічних та фізико-хімічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів

Органолептичні показники якості досліджуваних крекерів визначали методом експертних оцінок.

Масову частку води напівфабрикатів і готових виробів контролювали за допомогою приладу Чижової та сушильної шафи СЕШ-3 [207].

Намочуваність визначали за збільшенням маси борошняних кондитерських виробів при зануренні у воду з температурою 20° С на встановлений час. Намочуваність характеризується відношенням маси виробів після намокання до маси сухих виробів [208].

Структурно-механічні властивості тіста визначали за допомогою «Структурометра СТ-1», принцип дії якого ґрунтується на вимірюванні механічного навантаження на насадці-інденторі, зануренні її з заданою швидкістю в підготовлену пробу продукту. В результаті дослідження отримуємо точку початку й закінчення навантаження і загальну деформацію H_1 . За даними розвантаження відзначали точку закінчення вимірювань, в якій визначили значення пластичної деформації H_2 . Розрахунковим шляхом визначали пружну деформацію H_3 , як різницю між загальною і пластичною деформаціями H_1 і H_2 , співвідношення пружної деформації до пластичної H_3/H_2 [209, 210].

Визначення граничної напруги зсуву (ГНЗ) в напівфабрикатах базується на заглибленні конусу з кутом розкриття 30°. Методика заснована на визначенні зусиль занурення конуса при його входженні на визначену глибину у харчовий продукт, визначення часу релаксації напружень, які виникли при його деформації і розрахунку ГНЗ, з урахуванням кута при вершині конуса [210].

Величину ГНЗ (ϕ_0 , кПа) розраховували за формулою Ребіндера:

$$\phi_0 = K_a * \frac{F}{h^2}, \quad (2.3)$$

де K – константа приладу, яка залежить від кута при вершині конуса, ($K_{30} = 0,959$); F – зусилля пенетрації, Н; h – глибина заглиблення конусу, м.

Адгезійну напругу (міцність) (AM) визначали методом занурення диска у тісто, протягом певного часу деформації (h_d , мм), яке не перевищує визначеного значення, а потім у виставлені сили відриву ($F_{\text{відр.}}$ Н) диска від дослідної маси. Адгезійну напругу ($P_{\text{адг}}$, Па) розраховували шляхом співвідношення зусилля відриву ($F_{\text{відр.}}$ Н) до площі диска (S , м²) [210].

$$P_{\text{адг}} = \frac{F}{S}, \quad (2.4)$$

де F – сила відриву, Н; S – площа поверхні контакту, м².

Фізичні властивості борошняних суспензій проводили за допомогою фаринографа Брабендера. Згідно з методикою, під час дослідження зразків тіста визначали час його утворення, стійкість, еластичність, розрідження та водопоглинальну здатність [211].

Форми зв'язку вільної та зв'язаної води у досліджуваних зразках визначали методом термогравіметричного аналізу на дериватографі Q–1500.

За зміною швидкості видалення води та величин теплових ефектів аналізували характер процесів, які відбувалися під час прогрівання досліджуваних зразків, одночасно вимірювали температуру (T), зміну маси (TG), швидкість зміни маси (DTG) та зміну теплоємності (DTA) залежно від часу. За дериватограмами визначали величину втрати маси (Δm) досліджуваного зразка за відповідної температури [212, 213].

Для визначення кількості води із різними формами зв'язку, застосовували метод диференційованого термічного аналізу. Аналіз виконували за методикою у вигляді логарифмічної залежності ступеня перетворення α (відношення виділеної води до її загальної кількості) – залежність – $\lg \alpha$, до величини оберненої температури – $10^3/T$.

Енергію активації, яка показує надлишкову кількість енергії, якою повинна володіти молекула, щоб розпочалось хімічне перетворення, обраховували за наступною формулою:

$$E = R \cdot \frac{b}{a}, \quad (2.6)$$

де R – універсальна газова стала, рівна $0,0083$ кДж/моль · К [214, 215].

Сорбційні характеристики крекерів визначали на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена, де на попередньо зневоднених зразках за температури 20°C та під тиском від 0 до 18 мм рт. ст. сорбували водяну пару, після цього десорбували в рівноважних умовах. При аналізі ізотерм сорбції-десорбції води використовували графічну інтерпретацію рівняння полімолекулярної адсорбції. На підставі експериментальних ізотерм сорбції-десорбції розраховувалася питома поверхня зразка S , граничний сорбційний об'єм пор V_s і середній діаметр пор d . Розмір питомої поверхні зразків розраховувався з ізотерм адсорбції парів за методом полімолекулярної теорії адсорбції парів Брунауера-Еммета-Теллера (метод BET) [216–218].

При аналізі ізотерм адсорбції води використовували емпіричне рівняння Фрейндліха:

$$a = K \cdot (a_w)^{1/n}, \quad (2.7)$$

де a – кількість адсорбованої води, a_w – її активність, $1/n$ – стала, яка характеризує інтенсивність адсорбції.

Пероксидне число жиру є показником вмісту первинних продуктів окиснення в жирі (пероксидів та гідропероксидів) [219].

Пероксидне число (P , ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг) розраховували за формулою:

$$P = \frac{1000 \cdot (V - V_0)}{m} \cdot C, \quad (2.8)$$

де V , V_0 – об'єм розчину тіосульфату натрію відповідно в основному і контрольному досліді, см^3 ; C – концентрація розчину тіосульфату натрію, моль/дм ^{3} ; m – маса дослідної проби, г. Розраховували середнє значення та похибку вимірювання.

Кислотне число рослинних олій є одним з основних якісних показників і регламентується стандартами на жири [219].

Кислотне число визначали титруванням розчину наважки жиру розчином гідроксиду калію (або натрію) в 96%-ному етанолі концентрацією $0,1$ моль/дм ^{3} в присутності індикатора фенолфталеїну.

Кислотне число (КЧ) в мг КОН на 1 г жиру розраховували за формулою:

$$\text{КЧ} = \frac{5,611 \cdot V \cdot K}{m} \quad (2.9)$$

де, 5,611 – титр розчину гідроксиду калію концентрацією 0,1 моль/дм³, мг/см³; V – об'єм розчину гідроксиду калію або натрію концентрацією 0,1 моль/дм³, витрачений на титрування, см³; K – коефіцієнт для перерахунку об'єму розчину лугу, витраченого на титрування, на об'єм розчину з точною концентрацією 0,1 моль/дм³; m – маса наважки жиру, г.

2.2.3. Методи математичного моделювання та оброблення експериментальних даних

Статистичну обробку результатів досліджень, побудову графіків і діаграм виконували з використанням програмного забезпечення MS Office, MathCAD, Corel Draw, AutoCAD.

Кваліметричну оцінку якості напівфабрикатів та готових виробів проводили за математичною моделлю:

$$\begin{aligned} K = & M_1 \left(M_{11} \frac{P_{11}}{P_{11}^6} + M_{12} \frac{P_{12}}{P_{12}^6} + M_{13} \frac{P_{13}}{P_{13}^6} + M_{14} \frac{P_{14}}{P_{14}^6} + M_{15} \frac{P_{15}}{P_{15}^6} + M_{16} \frac{P_{16}}{P_{16}^6} \right) + M_2 \frac{P_2}{P_2^6} + \\ & + M_3 \left(M_{31} \left(M_{31}^1 \frac{P_{31}^1}{P_{31}^{16}} + M_{31}^2 \frac{P_{31}^2}{P_{31}^{26}} + M_{31}^3 \frac{P_{31}^3}{P_{31}^{36}} + M_{31}^4 \frac{P_{31}^4}{P_{31}^{46}} + M_{31}^5 \frac{P_{31}^5}{P_{31}^{56}} + M_{31}^6 \frac{P_{31}^6}{P_{31}^{66}} + M_{31}^7 \frac{P_{31}^7}{P_{31}^{76}} + M_{31}^8 \frac{P_{31}^8}{P_{31}^{86}} \right) + M_{32} \left(M_{32}^2 \frac{P_{32}^2}{P_{32}^{26}} + M_{32}^2 \frac{P_{32}^2}{P_{32}^{26}} + M_{32}^3 \frac{P_{32}^3}{P_{32}^{36}} \right) + \right. \\ & + M_{33} \left(M_{33}^1 \frac{P_{33}^1}{P_{33}^{16}} + M_{33}^2 \frac{P_{33}^2}{P_{33}^{26}} + M_{33}^3 \frac{P_{33}^3}{P_{33}^{36}} \right) + M_{34} \left(M_{34}^1 \frac{P_{34}^1}{P_{34}^{16}} + M_{34}^2 \frac{P_{34}^2}{P_{34}^{26}} + M_{34}^3 \frac{P_{34}^3}{P_{34}^{36}} + M_{34}^4 \frac{P_{34}^4}{P_{34}^{46}} + M_{34}^5 \frac{P_{34}^5}{P_{34}^{56}} \right) + \\ & \left. + M_{35} \left(M_{35}^1 \frac{P_{35}^1}{P_{35}^{16}} + M_{35}^2 \frac{P_{35}^2}{P_{35}^{26}} + M_{35}^3 \frac{P_{35}^3}{P_{35}^{36}} + M_{35}^4 \frac{P_{35}^4}{P_{35}^{46}} + M_{35}^5 \frac{P_{35}^5}{P_{35}^{56}} + M_{35}^6 \frac{P_{35}^6}{P_{35}^{66}} + M_{35}^7 \frac{P_{35}^7}{P_{35}^{76}} \right) \right) \quad (2.10) \end{aligned}$$

де K – КПЯ крекери, що враховує наступні диференційні показники якості – органолептичні показники (P₁): форма (P₁₁), поверхня (P₁₂), колір (P₁₃), вигляд у розломі (P₁₄), смак (P₁₅), запах (P₁₆); фізико-хімічні показники: намоочуваність (P₂); харчова цінність (P₃), вміст НАК (P₃₁): вміст валіну, ізолейцину, лейцину, лізину, метіоніну+цистеїну, треоніну, триптофану, фенілаланіну+тирозину відповідно (P₃₁¹), (P₃₁²), (P₃₁³), (P₃₁⁴), (P₃₁⁵), (P₃₁⁶), (P₃₁⁷), (P₃₁⁸), вміст жирів (P₃₂): насичених (P₃₂¹), мононенасичених (P₃₂²), поліненасичених (P₃₂³) жирних

кислот, вміст вуглеводів (P_{33}), цукрів (P^1_{33}), крохмалю (P^2_{33}), харчових волокон (P^3_{33}) у 100 г досліджуваного продукту; вміст вітамінів (P_{34}): B_2 , B_4 , B_5 , B_6 , B_9 , відповідно (P^1_{34}), (P^2_{34}), (P^3_{34}), (P^4_{34}), (P^5_{34}), вміст мінеральних речовин (P_{35}): K , Ca , Mg , P , Fe , Zn , Mn , відповідно (P^1_{35}), (P^2_{35}), (P^3_{35}), (P^4_{35}), (P^5_{35}), (P^6_{35}), (P^7_{35}), P_{ij}^6 – базовий показник якості контрольного зразку крекеру. M_i , M_{ij} – показники вагомості.

Для методу математичного моделювання та оптимізації технологічного процесу виробництва використовували метод повного факторного експерименту (ПФЕ). Для проведення експериментальних дослідів складали план з матрицею планування експерименту та вказували в ній кількість дослідів та межі зміни факторів. У якості критерію оптимальності вибрана гранична напруга зсуву, що більш точно характеризує властивості тіста. Обробку результатів проводили із застосуванням методу математичної статистики методом «крутого сходження» – Бокса-Уілсона. Перевірку адекватності рівняння регресії проводили за критерієм Фішера [220–223].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Розроблено блок-схему комплексних досліджень з удосконалення технології крекерів з поліпшеними споживчими властивостями.
2. Обрано та охарактеризовано об'єкти та предмети досліджень.
3. Визначено методики, що дають можливість встановити властивості і якість сировини, напівфабрикатів, готової продукції, зміни в ході технологічного процесу виробництва крекерів та під час їх зберігання.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРОТЕОЛІТИЧНОЇ ДІЇ ТА L- ЦИСТЕЇНОВИХ ПОЛІПШУВАЧІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА ДЛЯ КРЕКЕРІВ ТА ЯКІСТЬ ГОТОВИХ ВИРОБІВ

3.1. Дослідження впливу ферментних препаратів протеолітичної дії та L-цистеїнових поліпшувачів на якість клейковини пшеничного борошна і структурно-механічні властивості тіста для крекерів

У разі застосування пшеничного борошна з сильною клейковиною з великою пружністю і еластичністю та незначною розтяжністю, або борошна з нееластичною клейковиною чи з короткорваною структурою необхідно використовувати поліпшувачі з метою корегування його властивостей.

У кондитерській галузі для регулювання СМВ крекерного тіста застосовують піросульфід (метабісульфід) натрію. Піросульфід натрію діє як типовий відновник, розриваючи частину дисульфідних містків клейковини і перетворюючи їх на SH-групи. В результаті досягається розслаблення клейковинного каркасу борошна, значно скорочується процес вилежування тіста після замісу, поліпшуються умови прокатки. Але піросульфід натрію є алергеном, тому законодавством більшості європейських країн заборонений для використання у продуктах харчування.

З аналітичного огляду літературних джерел встановлено, що однією з можливостей регулювання технологічних властивостей борошна з метою випуску продукції з необхідними показниками якості є застосування ферментних препаратів протеолітичної дії та L-цистеїнових поліпшувачів.

Метою проведених досліджень було вивчення впливу ФП та L-ЦП, а саме: «Alphamalt BK 5020», «Alphamalt PRO», «EMCEsoft P 10», «Porit L», компанії «Mühlenc Chemie GmbH & Co» (Німеччина) на показники якості клейковини, на СМВ крекерного тіста та технологічні режими його приготування.

Виконуючи основну роль у формуванні пружно-в'язкого скелету тіста, білки клейковини в значній мірі визначають його СМВ як своєю кількістю, так і якістю. Для крекерного тіста рекомендовано застосовувати пшеничне борошно з низьким вмістом клейковини та відповідними показниками якості (ІДК 75–85 од. приладу, розтяжність 10–20 см). При використанні пшеничного борошна з високим вмістом сильної клейковини рекомендується застосування відновника піросульфїту натрію, Е 223.

За рекомендаціями виробника, кількість застосовуваного піросульфїту може змінюватися від 0,015 % до 0,05 % до маси борошна. Дозування залежить від вмісту і сили сирої клейковини. Піросульфїт натрію додають у тістомісильну машину у вигляді розчину. Дія піросульфїту проявляється миттєво. Його можна додавати навіть після закінчення замісу тіста і отримувати при цьому прийнятні результати.

При проведенні досліджень було обрано пшеничне борошно вищого сорту з наступними показниками якості: кількість сирої клейковини – 24,6 %, індекс ІДК – 60,0 од. приладу. Результати досліджень впливу піросульфїту натрію на клейковину пшеничного борошна наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика клейковини пшеничного борошна з додаванням піросульфїту натрію

Кількість піросульфїту Na / 100 г борошна	Органолептична оцінка	Розтяжність, см	ІДК, од. пр.
Контроль	Клейковина світла з жовтим відтінком, не липка, пружна, погано розтягується з частковими розривами	10,5	60,0
З додаванням 0,015% піросульфїту Na	Клейковина світла з жовтим відтінком, рівномірно розтягується, відновлює форму	15,5	79,0
З додаванням 0,025% піросульфїту Na	Клейковина світла, порівняно з контрольним зразком значно краще розтягується, липка, не відновлює форму	23,5	94,0
З додаванням 0,035% піросульфїту Na	Вихід клейковини досить низький через її високу липкість, що призводить до високого рівня втрат при дослідженні, дуже липка, погано тримає структуру, еластичність незадовільна	29,0	104,0

Найкращі результати були отримані у разі додавання 0,015 % піросульфїту натрію до маси пшеничного борошна. З додаванням 0,035 % піросульфїту натрію клейковина дуже липка, погано тримає структуру, еластичність незадовільна.

Для забезпечення певних властивостей застосовують протеолітичні ферменти або протеази, які здатні частково руйнувати структуру білкової молекули. На відміну від піросульфїту, протеїназа діє не одразу. При використанні цього ферменту слід дотримуватись параметрів операції та тривалості вилежування тіста, щоб реакція встигла відбутися.

Нами були проведені дослідження впливу ФП «Alphamalt BK 5020» та «Alphamalt PRO» на якість клейковини пшеничного борошна (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Характеристика клейковини з додаванням ФП протеолітичної дії «Alphamalt BK 5020» та «Alphamalt PRO»

Кількість ФП / 100 г борошна	Органолептична оцінка	Розтяжність, см	ІДК, од. пр.
Контроль	Клейковина світла з жовтим відтінком, не липка, пружна, погано розтягується з частковими розривами	10,5	60,0
З додаванням «Alphamalt BK 5020» 0,015%	Клейковина світла з жовтим відтінком, рівномірно розтягується, швидко відновлює форму, не рветься	13,0	73,0
З додаванням «Alphamalt BK 5020» 0,025%	Клейковина світла з кремовим відтінком, гарно розтягується, частково відновлює форму	17,5	84,0
З додаванням «Alphamalt BK 5020» 0,035%	Дуже липка, еластичність незадовільна, не відновлює форму	25,5	99,0
З додаванням «Alphamalt PRO» 0,015%	Клейковина світла з жовтим відтінком, рівномірно розтягується, не рветься, швидко відновлює форму	12,5	70,0
З додаванням «Alphamalt PRO» 0,025%	Клейковина світла з кремовим відтінком, розтягується рівномірно, частково відновлює форму	15,5	78,0
З додаванням «Alphamalt PRO» 0,035%	Клейковина світла з кремовим відтінком, липка, не відновлює форму	21,0	90,0

Встановлено, що додавання ФП суттєво впливає на показники якості клейковини, порівняно з контролем. Так, у разі застосування препарату

«Alphamalt BK 5020» спостерігається зростання ІДК та розтяжності у 1,21–1,65 та 1,24–2,43 рази відповідно. При застосуванні ФП «Alphamalt PRO» відбувається збільшення ІДК та розтяжності у 1,16–1,50 та 1,20–2,00 рази відповідно. Найкращі результати були отримані у разі додавання ФП у кількості 0,025 % до маси пшеничного борошна. З додаванням 0,035 % клейковина дуже липка, погано тримає структуру, еластичність незадовільна.

Поліпшувачі на основі амінокислоти L-цистеїну, як і ФП, дають змогу контролювати процес розщеплення клейковини та регулювання водозв'язуючої здатності та діють не одразу. При їх застосуванні також необхідно враховувати час вилежування тіста в залежності від характеристик пшеничного борошна. За результатами досліджень встановлений значний вплив поліпшувачів відновлювальної дії «EMCESoft P 10» та «Porit L» на клейковину пшеничного борошна (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Характеристика клейковини пшеничного борошна з додаванням L-ЦП «EMCESoft P 10» та «Porit L»

Кількість L-ЦП / 100 г борошна	Органолептична оцінка	Розтяжність, см	ІДК, од. пр.
Контроль	Клейковина світла з жовтим відтінком, не липка, пружна, погано розтягується з частковими розривами	10,5	60,0
З додаванням «EMCESoft P 10» 0,015%	Клейковина світла з жовтим відтінком, рівномірно розтягується, швидко відновлює форму, не рветься	12,5	71,0
З додаванням «EMCESoft P 10» 0,025%	Клейковина світла з кремовим відтінком, розтягується рівномірно, частково відновлює форму	16,5	82,0
З додаванням «EMCESoft P 10» 0,035%	Клейковина світла з кремовим відтінком, розтягується рівномірно, не відновлює форму	24,5	96,0
З додаванням «PoritL» 0,015%	Клейковина світла з жовтим відтінком, пружна, швидко відновлює форму, погано розтягується	12,0	68,0
З додаванням «PoritL» 0,025%	Клейковина світла з кремовим відтінком, розтягується рівномірно, відновлює форму	14,0	76,0
З додаванням «PoritL» 0,035%	Клейковина світла з кремовим відтінком, розтягується рівномірно, частково відновлює форму	20,0	88,0

При застосуванні поліпшувача «EMCESoft P 10» відбувається збільшення розтяжності клейковини у 1,20–2,33 та збільшення показника ІДК у 1,18–1,60 рази, порівняно з контролем. При застосуванні поліпшувача «Porit L» розтяжність клейковини збільшується у 1,14–1,90 рази та відбувається збільшення деформації клейковини у 1,13–1,47 рази, порівняно з контролем.

Найкращі результати були отримані у разі додавання L-ЦП у кількості 0,025 % до маси пшеничного борошна, клейковина розтягується рівномірно, добре тримає структуру, еластичність задовільна.

Можна зробити висновок, що застосування ФП та поліпшувачів при виробництві крекерів дозволить значно впливати на показники якості клейковини пшеничного борошна, таким чином корегувати технологічний процес змінюючи СМВ тіста.

Наступним етапом досліджень було визначення впливу ФП та поліпшувачів на процес утворення тіста з пшеничного борошна за допомогою фаринографа Брабендера. Єдиним узагальнюючим показником характеристики фізичних властивостей тіста за фаринографом є розмір площі, яку займає фаринограма. Найменші величини за фаринографом, як правило, отримують при дослідженні пшеничного борошна із слабкою за якістю клейковиною, тісто якої значно розріджується. Показники розрідження й оцінки фаринографа використовують для характеристики пшениць за «силою». Для проведення експериментальних дослідів було взято ФП та L-ЦП у концентрації 0,025 % до маси борошна. Результати досліджень наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Дослідження впливу ФП та L-ЦП на фізичні властивості тіста із пшеничного борошна на фаринографі Брабендера

Назва показників	Значення показників модельних зразків тіста				
	Контроль	Porit L	Alphamalt Pro	EMCESoft P 10	Alphamalt BK 5020
Водопоглинальна здатність, %	58,1	57,9	57,7	57,5	57,0
Час утворення тіста, хв	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Стабільність, хв	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Розрідження, од. пр.	70	75	85	90,0	95,0
Оцінка фаринографа, об. фар.	46	43	42	41	38

При дослідженні впливу ФП та L-ЦП на процес утворення тіста за допомогою фаринографа Брабендера встановлено, що при їх додаванні зменшується водопоглинальна здатність борошна. Крім зменшення водопоглинальної здатності, додавання поліпшувачів збільшує показник розрідження тіста після замісу, відповідно зменшуючи оцінку фаринографа. Вірогідно, ФП та L-ЦП частково порушують структуру білкових молекул, що призводить до рихлості білкових агрегатів та пластифікації структури тіста.

СМВ тіста важливі для формування тістової стрічки, її ламінування та формування тістових заготовок з неї, також у процесі технологічної обробки тісто буде знаходитися у контакті з поверхнею різних робочих органів технологічного обладнання та поверхнею транспортеру. Тому, з технологічної точки зору, необхідно визначити вплив ФП та поліпшувачів на зміну структурно-механічних характеристик тіста.

Ферментні препарати та поліпшувачі додавали під час замісу тіста у вигляді водного розчину. Необхідну кількість препарату розбавляли водою в співвідношенні 1: 20 і вносили безпосередньо у тістомісильну машину. При замісі тіста на емульсії водний розчин препарату вносили в емульсію в кінці її приготування. Витрату води на заміс тіста зменшували на відповідну кількість води, що вносились з розчином ФП або поліпшувача.

Дослідження впливу ФП «Alphamalt BK 5020», «Alphamalt PRO» та поліпшувачів «EMCESoft P 10», «Porit L» на структурно-механічні характеристики тіста проводились на структурометрі СТ-1. При проведенні досліджень враховувався різний час дії ФП та L-ЦП на пшеничне борошно, при концентрації поліпшувачів 0,025 % до маси борошна. Результати досліджень наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Зміна ГНЗ тіста (кПа) та АМ тіста (Па) при додаванні ФП та L-ЦП

Тривалість ферментації, хв	«Alfamalt BK 5020»		«Alfamalt PRO»		«Porit L»		«EMCESoft P 10»	
	ГНЗ	АМ	ГНЗ	АМ	ГНЗ	АМ	ГНЗ	АМ
0	6,42	4,16	6,75	4,05	6,93	3,85	6,52	4,10
15	5,85	4,45	6,49	4,10	6,44	3,85	6,05	4,32
30	5,15	4,73	5,71	4,51	5,97	4,35	5,25	4,82
45	4,05	5,52	4,75	5,15	5,38	4,71	4,35	5,35

За даними таблиці 3.5 встановлено, що при збільшенні тривалості ферментації величина ГНЗ зменшується, при додаванні протеолітичних ферментів «Alfamalt BK 5020» та «Alfamalt PRO» у 1,58 та 1,42 рази відповідно, L-ЦП «EMCESoft P 10» та «Porit L» у 1,50 та 1,29 рази відповідно. Натомість відбувається помітне збільшення АМ при додаванні поліпшувачів: «Alfamalt BK 5020» – 1,33 рази, «Alfamalt PRO» – 1,27 рази, «EMCESoft P 10» – 1,31 рази, «Porit L» – 1,22 рази.

Субстратом для протеолітичних ферментів є пептиди і білки. Відмінності в просторовій структурі білків, їх конфігураційній рухливості, доступності пептидних зв'язків, визначають здатність протеолітичних ферментів до розщеплення пептидних зв'язків. Бактеріальні ферменти вибірково діють на α -гліадинову фракцію пшеничного борошна. Застосування бактеріальної протеази призводить до розтяжності клейковини, зменшуючи її еластичність, завдяки гідролізу пептидних зв'язків. Введення протеаз сприяє пластифікації тіста, внаслідок чого воно стає розтяжним [25].

На підставі досліджень зміни СМВ модельних зразків тіста було встановлено, що найбільш ефективним ФП протеолітичної дії є «Alfamalt BK 5020» та L-ЦП «EMCESoft P 10», які суттєво впливають на СМВ тіста.

Останнім часом на підприємствах кондитерської галузі при виробництві крекерів використовують переважно ФП протеолітичної дії, що дозволяють поліпшувати структуру та зовнішній вигляд виробів; зменшувати енергозатрати при замісі тіста; попереджувати утворення тріщин на поверхні виробів.

Але спеціалістам підприємств не завжди вдається отримати необхідну структуру крекерів. Викликало інтерес визначити закономірності процесу зміни структурно-механічних характеристик крекерного тіста залежно від технологічних режимів застосування поліпшувача «EMCESoft P 10».

Дослідження впливу поліпшувача «EMCESoft P 10» на структурно-механічні характеристики крекерного тіста проводились на структурометрі СТ-1.

Метою досліджень було визначення зміни СМВ тіста при різних концентраціях препарату. Поліпшувач додавали у вигляді водного розчину при замісі тіста на емульсії, водний розчин препарату вносили в емульсію в кінці її приготування. При проведенні досліджень враховували різний час тривалості ферментації тіста – від 15 до 45 хвилин. Результати зміни ГНЗ та АМ наведені у табл. 3.6, 3.7.

Таблиця 3.6 – Зміна ГНЗ тіста при додаванні L-ЦП «EMCESoft P 10»

Тривалість ферментації тіста	Концентрація L-ЦП до маси борошна, %						
	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04
ГНЗ тіста (кПа) при показнику ІДК борошна – 65 од. пр.							
15 хв	9,94	9,31	9,10	7,85	7,12	5,96	4,68
30 хв	9,05	8,95	7,83	6,94	5,81	4,55	3,82
45 хв	8,64	8,05	7,23	6,50	4,61	4,05	3,54

Таблиця 3.7 – Зміна АМ тіста при додаванні L-ЦП «EMCESoft P 10»

Тривалість ферментації тіста	Концентрація L-ЦП до маси борошна, %						
	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04
АМ тіста (Па) при показнику ІДК борошна – 65 од. пр.							
15 хв	2,62	2,83	3,10	3,22	3,85	4,38	5,32
30 хв	2,96	3,25	3,38	3,74	4,60	4,97	6,05
45 хв	3,35	3,64	3,75	3,97	5,51	5,75	7,78

За результатами досліджень встановлено, що для пшеничного борошна з показником ІДК 65 од. приладу концентрація L-ЦП становить 0,03-0,04 % до маси борошна. При збільшенні концентрації L-ЦП тривалість ферментації зменшується. Визначено, що у процесі вилежування тіста внаслідок дії поліпшувача відбувалася зміна його СМВ, зменшувалася ГНЗ та збільшувалася АМ, що пояснюється прискоренням ферментативних реакцій.

На підставі проведених досліджень зроблено висновок, що застосування L-ЦП «EMCESoft P 10» дозволяє корегувати властивості пшеничного борошна при виробництві крекерів, регулювати реологічні властивості тіста з занадто міцною короткорваною клейковиною, покращувати СМВ тіста, сприяти скороченню часу вилежування тіста.

3.2. Оптимізація рецептурного складу та параметрів приготування крекерного тіста із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача «EMCESoft P 10»

Оптимальну кількість L-ЦП та технологічні параметри приготування тістового напівфабрикату, а саме вологість тіста та тривалість ферментації, визначали на підставі проведеного математичного моделювання процесу приготування тіста методом багатofакторного експерименту та отриманої математичної моделі за допомогою методу крутого сходження Бокса-Уїлсона.

Критерієм оптимальності вибрана реологічна характеристика тіста, а саме ГНЗ (Y), яка досягається співвідношенням рецептурних компонентів і масової частки вологи тіста, яка повинна бути в межах 4,3–4,9 кПа, що найбільш точно характеризує якість тіста та дозволяє отримати тістовий напівфабрикат з певними СМВ. У табл. 3.8 наведені рівні та крок варіювання експерименту, де X_1 – кількість поліпшувача, X_2 – масова частка вологи тіста; X_3 – тривалість ферментації тіста ($t = 28^\circ\text{C}$, $\phi = 75\%$). При дослідженні використовували борошно з показником ІДК – 65 од. приладу.

План факторного експерименту та результати дослідів наведені у таблицях 3.9, 3.10.

Таблиця 3.8 – Рівні та крок варіювання експерименту

Рівні фактори	Позначення	Досліджувані фактори		
		Кількість поліпшувача (X_1), %	Масова частка води тіста (X_2), %	Тривалість ферментації (X_3), хв
Нульовий рівень	X_i^0	0,025	31	30
Верхній рівень	X_i^+	0,04	35	45
Нижній рівень	X_i^-	0,01	27	15
Інтервал варіювання	λ_i	0,015	4	15

Таблиця 3.9 – Матриця плану експерименту

№ п/п	Кількість поліпшувача, %, X_1		Масова частка води тіста, %, X_2		Тривалість ферментації тіста, хв, X_3		ГНЗ $Y_{\text{сер}}$, кПа
1	+	0,04	+	35	+	45	2,71
2	-	0,01	+	35	+	45	4,39
3	+	0,04	-	27	+	45	3,59
4	-	0,01	-	27	+	45	5,750
5	+	0,04	+	35	-	15	3,19
6	-	0,01	+	35	-	15	5,27
7	+	0,04	-	27	-	15	4,86
8	-	0,01	-	27	-	15	6,84

Таблиця 3.10 – Зведені результати дослідів та їх опрацювання

№ п/п	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ₁ , кПа	Y ₂ , кПа	Y ₃ , кПа	Y _{сер} , кПа	Полінійна дисперсія (похибка дослідів)
1	+	+	+	2,92	2,52	2,69	2,710	0,04
2	-	+	+	4,31	4,41	4,46	4,393	0,006
3	+	-	+	3,89	3,36	3,51	3,587	0,075
4	-	-	+	5,79	5,61	5,85	5,750	0,016
5	+	+	-	3,15	3,23	3,19	3,190	0,002
6	-	+	-	5,04	5,19	5,59	5,273	0,081
7	+	-	-	4,76	4,92	4,9	4,860	0,008
8	-	-	-	6,98	6,94	6,59	6,837	0,046
$\sum S_i$								0,272

Критерій Кохрена (розр.) = **0,297**;

Критерій Кохрена (табл.) = **0,8159**;

Дисперсія однорідна, оскільки $G_t > G_p$

Коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_0 = 4,505 \quad b_1 = 0,988 \quad b_2 = -0,683 \quad b_3 = 0,465$$

При складанні матриці активного експерименту отримали рівняння регресії:

$$Y = 4,505 + 0,988 \times X_1 - 0,683 \times X_2 + 0,465 \times X_3$$

У таблиці 3.11 наведені результати програми «крутого сходження».

Таблиця 3.11 – Вихідні дані і результати розрахунку програми «крутого сходження»

Найменування	Фактори		
	X ₁ кількість ферменту	X ₂ масова частка вологи тіста	X ₃ тривалість ферментації
Нульовий рівень x _{і0}	0,025	31,0	30,0
Інтервал варіювання λ _і	0,015	4	15
Коефіцієнт b _і	0,988	-0,683	0,465
Розрахунок:			
Добуток b _і ×λ _і	0,01	2,73	6,98 = max = a
Інтервал h _і від базового фактору на h _a	0,004	1,2	h _a = 3
Заокруглений крок	0,005	1	3

X_3 приймається за базовий фактор, оскільки для нього добуток коефіцієнта регресії на інтервал варіювання максимальний: 6,98.

Крок крутого сходження для базового фактора = 3.

У таблиці 3.12 наведено результати програми крутого сходження.

Таблиця 3.12 – Програма крутого сходження

№ п/п	(+) X_1	(-) X_2	(+) X_3	Критерій оптимальності Y , кПа
9	0,025	31	30	Y_1 (5,24)
10	0,03	30	33	Y_2 (4,65)
11	0,035	29	36	Y_3 (4,15)
12	0,04	28	39	Y_4 (3,73)
13	0,045	27	42	Y_5 (3,15)
14	0,05	26	45	Y_6 (2,58)

Отже, за програмою «крутого сходження» обираємо варіант №10 (табл. 3.12), в якому ГНЗ становить 4,65 (в межах похибки), при якому кількість L-ЦП становить 0,03 %, масова частка вологи тіста 30 %, тривалість ферментації тіста 33 хв. Таким чином, на підставі проведеної оптимізації було визначено оптимальне дозування в рецептуру крекерного тіста L-ЦП. СМВ контрольного зразка без поліпшувача та досліджуваного зразка з отриманими оптимальними параметрами наведені в таблиці 3.13. Встановлено, що застосування поліпшувача «EMCESoft P 10» призводить до зменшення ГНЗ, загальної і пружної деформації та збільшення АМ та пластичної деформації тіста, що покращує умови ламінування тіста при виробництві крекерів.

Таблиця 3.13 – Структурно-механічні властивості крекерного тіста
контрольного та досліджуваного зразків

Зразок тіста	ГНЗ, кПа	АМ, Па	$\Delta H_{\text{заг.}}$ од. пр.	$\Delta H_{\text{пл.}}$ од. пр.	$\Delta H_{\text{пр.}}$ од. пр.	$\Delta H_{\text{пл.}}^{\text{відн.}}$ %	$\Delta H_{\text{пр.}}^{\text{відн.}}$ %
Контроль	7,10	3,82	9,47	7,75	1,72	81,84	18,16
EMCESoft P 10	4,65	5,71	8,43	7,32	1,11	86,83	13,17

3.3. Дослідження впливу поліпшувача «EMCEsoft P 10» на сорбційні властивості крекерів

На збереження якості крекерів впливають процеси зовнішньої дифузії. Тобто для крекерів характерним є сорбція вологи із зовнішнього середовища до встановлення рівноважного вологовмісту. Тому були проведені дослідження сорбційних і десорбційних властивостей зразків крекеру без додавання поліпшувача (контроль) та з додаванням поліпшувача «EMCEsoft P 10».

Зняття ізотерм адсорбції парів води проводилося ваговим методом на вакуумній установці з пружинними кварцовими вагами Мак-Бена. Ізотерми представлялися графічно як $a = f(P/P_s)$, де a – величина адсорбції в $\text{cm}^3/\text{г}$, P/P_s – відносний тиск парів адсорбтиву (рис. 3.1).

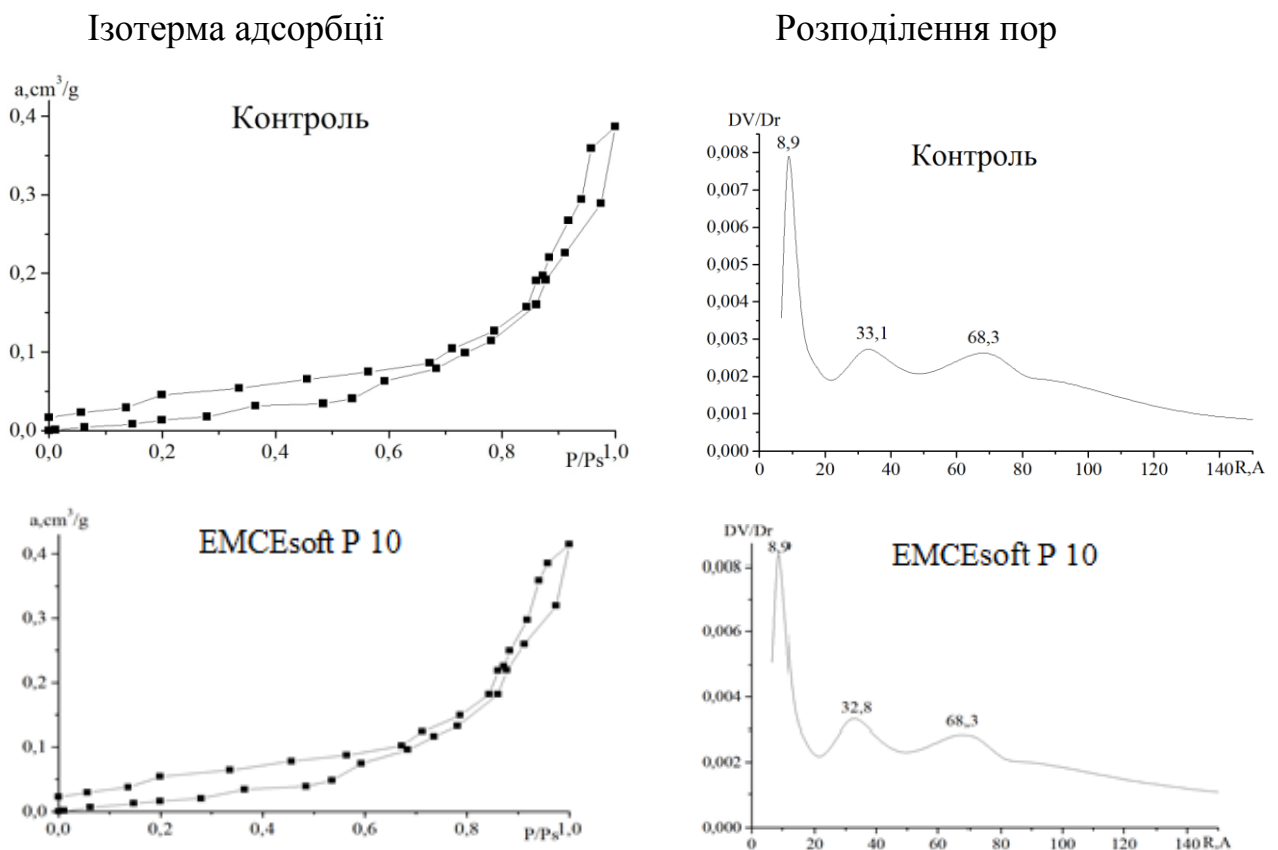


Рис. 3.1. Графіки ізотерми адсорбції та розподілення пор у досліджуваних зразках крекерів

При аналізі ізотерм адсорбції води використовували графічну інтерпретацію рівняння полімолекулярної адсорбції Фрейндліха.

При обробці експериментальних даних ізотерм адсорбції водяної пари зразками спостерігалось розділення ізотерм на три зони, кількість адсорбованої вологи, співвідношення вільної та зв'язаної вологи у першій, другій та третій зонах наведено у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Кількість та співвідношення вільної та зв'язаної вологи у зразках крекерів з L-ЦП

№ п/п	Назва зразку	Кількість зв'язаної вологи, ммоль/г / %			
		I зона, міцно- зв'язана волога	II зона, адсорбційно зв'язана волога	III зона, осмотично зв'язана волога	Загальна кількість адсорбованої вологи (волога гігроскопічного стану)
1	Контроль	0,73 / 2,75	4,38 / 16,47	21,48 / 80,78	26,59 / 100
2	З додаванням EMCESoft P 10	0,87 / 2,98	5,33 / 18,22	23,05 / 78,80	29,25 / 100

Властивості води в продукті у різних зонах відрізняються. В першій зоні знаходиться вода, що найбільш сильно адсорбована і нерухома, завдяки полярним вода-іон і вода-диполь взаємодіям. Вона нездатна бути розчинником і міститься в незначних кількостях і тому не впливає на пластичні властивості продукту. Тому гідратаційна здатність крекерів в першій зоні надзвичайно мала. В другій зоні вода утворює мультишар і взаємодіє з сусідніми молекулами через водневі зв'язки. Ця вода приймає участь в процесі розчинення, діє як пластифікуючий агент і сприяє набухання дрібних пор гідроколоїдів. Вона складає для крекерів без добавок 4,38 ммоль/г, із додаванням поліпшувача 5,33 ммоль/г. В третій зоні знаходиться волога, що найменше зв'язана і є мобільною, тому відбувається процес дифузії вологи у капілярно-пористу структуру крекерів.

Кількість адсорбованої води у гігроскопічному стані становить в контрольному зразку 26,59 ммоль/г, зразку з додаванням «EMCEsoft P 10» 29,25 ммоль/г. Це можна пояснити тим, що зруйновані білкові молекули мають підвищену гідратаційну здатність.

Рівноважний вологовміст контрольного зразку крекерів при відносній вологості повітря 75 % становить 4,2 %, з додаванням поліпшувача 4,5 %. Тобто при даних умовах зберігання процеси зовнішньої дифузії будуть відбуватися дуже швидко. Тому після охолодження крекери треба швидко пакувати. При ізотермічному процесі швидкість внутрішньої та зовнішньої дифузії у крекерів буде залежати від сорбційного об'єму пор, розмірів пор, функції розподілення пор за розмірами.

Пористість крекерів визначали на основі аналізу експериментальних ізотерм сорбції-десорбції (рис. 3.1). За методом полімолекулярної теорії адсорбції парів Брунауера, Еммета і Теллера (метод BET) розраховували питому поверхню (S), максимальний об'єм пор (V_s) і середній діаметр пор (d) дослідних зразків крекерів (табл. 3.15).

Розглядаючи графіки адсорбції парів води та розподілу пор за радіусами (рис. 3.1) можна зробити висновок, що зразки мають однакову адсорбційну структуру і однакові великі та середні пори, невелика різниця лише у їх кількості. Аналіз експериментальних даних показав, що при додаванні поліпшувача питома поверхня зразків крекерів зменшується, а сорбційний об'єм та діаметр пор зростають (табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Структурні характеристики зразків крекерів, які були зняті у парах води

№ п/п	Назва зразка	S , м ² /г	R^2	V_s , см ³ /г	D , А
1	Контрольний зразок	80	0,7816	0,39	195
2	З додаванням поліпшувача «EMCEsoft P 10» 0,03 г/ 100г борошна	71	0,9951	0,41	231

$D=4V_s/S$, ангстрем, S – адсорбція, м²/г, V_s – сорбційний об'єм пор, см³/г, R^2 – квадрат похибки розрахунку адсорбційної поверхні.

Виходячи з графіків адсорбції води, можна визначити, що зразки з додаванням поліпшувача «EMCEsoft P 10» мають більший об'єм пор, бо їх ізотерма адсорбції йде вище за ізотерму адсорбції контрольного зразку і сорбційний об'єм пор дорівнює $V_s = 0,41 \text{ см}^3/\text{г}$, а сорбційний об'єм пор контрольного зразка дорівнює $V_s = 0,39 \text{ см}^3/\text{г}$.

Петля гістерезису досить вузька у всіх зразках і ізотерми показують, що десорбція йде не до кінця, тобто має місце хемосорбція – вода хімічно зв'язалася зі зразками. Проте всі зразки мають приблизно однакову структуру, адже графіки ізотерм адсорбції і графіки розподілу пор за радіусами майже співпадають. Петля гістерезису дуже вузька, що вказує на те, що зразки, взявши воду, потім легко її віддають до вихідного становища при тій же температурі. На графіках розподілу пор за радіусами видно, що пори зразків мають однаковий діаметр пор трьох видів: пори малих діаметрів з діаметром 8,9 та 9,2 ангстрем, середні пори з діаметром 32,8 ангстрем та великі пори з діаметром 68,3 ангстрем. Кількість пор більша у зразків з додаванням поліпшувача «EMCEsoft P 10».

Отже, за результатами цих досліджень, можна зробити висновок, що застосування L-ЦП сприяє збільшенню пористості крекера.

Важливим фізико-хімічним показником якості крекерів є намоочуваність, оскільки вона побічно характеризує пористість печива – чим краща пористість, тим більша намоочуваність. Тому було визначено намоочуваність контрольного зразку крекеру та зразку з додаванням поліпшувача (табл. 3.16).

Таблиця 3.16 – Визначення намоочуваності дослідних зразків крекерів

№ п/п	Зразки крекерів	Намоочуваність, %
1	Контроль	158
2	З додаванням L-ЦП «EMCEsoft P 10»	173

Встановлено, що намоочуваність досліджуваного зразка з додаванням L-ЦП «EMCEsoft P 10» збільшилась на 15 % порівняно з контролем.

Таким чином використання L-ЦП «EMCEsoft P 10» при виробництві крекерів буде сприяти покращенню СМВ крекерного тіста; скороченню часу вилежування/релаксації тіста, полегшенню процесу ламінування та формування, стабілізації форми виробів після формування тістових заготовок; поліпшенню структурних властивостей виробів завдяки збільшенню їх пористості та намоочуваності.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. На підставі експериментальних досліджень вивчені процеси структуроутворення крекерного тіста із застосуванням піросульфіту натрію, ФП на основі активованої фосфоліпідами бактеріальної протеази «Alphamalt ВК 5020», ферментного протеазного поліпшувача «Alphamalt PRO» на основі бактеріальної протеази, L-ЦП «EMCEsoft P 10», L-ЦП «Porit L».

2. Доведено, що найбільш ефективним поліпшувачем є L-ЦП «EMCEsoft P 10», який суттєво впливає на показники якості клейковини пшеничного борошна: збільшує розтяжність та індекс ІДК, зменшує водопоглинальну здатність пшеничного борошна, збільшує розрідження тіста після замісу.

3. Встановлено, що при додаванні поліпшувача «EMCEsoft P 10» у процесі вилежування тіста відбувалася зміна СМВ, а саме зменшується ГНЗ та збільшується АМ.

4. На підставі математичного моделювання процесу приготування крекерного тіста методом багатофакторного експерименту та отриманої математичної моделі за допомогою методу крутого сходження Бокса-Уілсона визначено, що оптимальне дозування поліпшувача «EMCEsoft P 10» становить 0,03 % до маси борошна з показником ІДК = 65 од. приладу, масова частка води тіста становить 30 %, тривалість ферментації тіста – 33 хвилини.

5. Дослідження сорбційних властивостей крекерів з доданням L-ЦП показали, що питома поверхня зразків виробів зменшується у 1,1 рази, сорбційний об'єм та діаметр пор зростають у 1,2 рази. Тобто збільшується пористість виробів, поліпшуються їх структурні властивості.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ РОЗДІЛУ

1. Дзигар О.О., Оболкіна В.І., Букшина Л.С. Ферментний препарат на основі протеази для поліпшення якості виробів з листового тіста. *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 3. С. 28–30.
2. Маршалок Т., Дзигар О., Оболкіна В. Дослідження впливу ферментного препарату на основі активованої фосфоліпідами бактеріальної протеази «Альфамальт БК 5020» на структурно-механічні властивості тіста для листового печива. Матеріали 82 Міжнародної наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті»*, 12–14 квітня 2016 р. Київ, 2016. Ч.1. С.148.
3. Дзигар О., Маршалок Т., Оболкіна В., Букшина Л. Дослідження впливу ферментного препарату «Альфамальт БК 5020» на структурно-механічні властивості листового тіста. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій *«Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2016. С. 153–154.
4. Дзигар О., Маршалок Т., Оболкіна В. Дослідження впливу ферментних препаратів бактеріальної протеази та поліпшувачів L-цистеїнової природи на процес утворення листового тіста. Матеріали 83 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 5–6 квітня 2017 р. Київ, 2017. Ч.1. С. 168.

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРЕКЕРІВ З ПІДВИЩЕНОЮ ХАРЧОВОЮ ТА БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АМАРАНТОВОГО БОРОШНА ТА ГУМІАРАБІКУ

4.1. Дослідження впливу амарантового борошна на якість та кількість клейковини пшеничного борошна та структурно-механічні властивості тіста для крекерів

Крекери мають високі смакові властивості, але їх недоліком є низький вміст білку та невелика кількість БАР. Тому виникає необхідність корегування їх хімічного складу завдяки використанню нетрадиційних видів борошна, зокрема амарантового борошна (АБ). З літературного огляду відомо, що насіння амаранту є цінним джерелом мінеральних речовин, має високий вміст вітамінів: С, Е, В₁, В₂, В₉, РР, А, D та володіє високою антиоксидантною здатністю за рахунок комплексної дії речовин, а саме підвищеному вмісту вітаміну Е, наявності поліфенолів (ізокверцетину і рутину), фітостеролів, β -ситостеролів, фенольних кислот та сквалену.

Оскільки амарантове борошно має специфічний фракційний склад білку це має суттєво впливати на технологічні властивості композитних сумішей з пшеничним борошном. Було проведено комплекс досліджень щодо його впливу на якість та кількість клейковини пшеничного борошна та на формування структурно-механічних властивостей крекерного тіста у разі заміни пшеничного борошна амарантовим.

Для проведення досліджень та отримання композитних сумішей застосовували різне співвідношення пшеничного та амарантового борошна. Дозування амарантового борошна становило 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 50 % від загальної кількості пшеничного борошна. Збільшення дозування амарантового борошна (більше 50 %) знижувало органолептичні показники крекерів. У композитних сумішах визначали якість та кількість сирової клейковини та її деформаційні властивості за показником ІДК.

Результати наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники якості клейковини пшеничного борошна у композитних сумішах

Масова частка АБ, %	Маса сирії клейковини, %	Розтяжність, см	ІДК-1, од. приладу
0	26,5	14,5	75,0
10	24,5	17,0	83,0
15	22,9	19,5	95,0
20	21,7	22,5	102,0
25	20,2	24,0	108,0
50	13,2	26,5	113,0

Як видно із наведених даних, що із збільшенням кількості амарантового борошна від 10 до 50 % змінюються СМВ клейковини, а саме знижуються її пружні властивості, тобто амарантове борошно послаблює клейковину пшеничного борошна. Із збільшенням амарантового борошна у композитних сумішах до 50 % вихід сирії клейковини зменшується у 2 рази порівняно з контрольним зразком без АБ.

Також відбувається збільшення розтяжності клейковини у 1,8 рази та показника деформації (ІДК) у 1,5 рази порівняно з контрольним зразком. Тобто клейковина композитної суміші мала дуже низькі технологічні властивості. Такі результати можна пояснити особливостями хімічного складу амарантового борошна та взаємодії його з пшеничним борошном. Зменшення кількості клейковини обумовлено зниженням кількості клейковинних білків (гліадину та глютеніну).

Водопоглинальну здатність, а також структурні характеристики модельних зразків тіста для крекерів з борошном пшеничним та борошном амарантовим визначали за допомогою фаринографа Брабендера (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Характеристика фаринограм замісу модельних зразків тіста на основі композитних сумішей пшеничного та амарантового борошна

Назва показників	Значення показників модельних зразків тіста з різним дозуванням амарантового борошна					
	контроль	10 %	15 %	20 %	25 %	50 %
Водопоглинальна здатність, %	55,0	56,0	57,5	59,5	62,5	68,5
Час утворення тіста, хв	2,0	2,0	2,0	3,5	4,0	4,3
Стабільність, хв	0,5	0,5	2,0	2,0	2,0	2,0
Розрідження, од. приладу	80,0	85,0	90,0	95,0	105,0	125,0
Еластичність тіста, мм	29	25	23	21	20	18

На підставі аналізу фаринограм замішування модельних зразків тіста було встановлено, що водопоглинальна здатність композитної суміші зі збільшенням масової частки амарантового борошна (10-50 %) зростає, що пов'язано з гідрофільністю високомолекулярних сполук (білків, клітковини).

Під час утворення тіста збільшується його розрідження та час утворення, зокрема при заміні 50 % АБ розрідження збільшується у 1,56 рази, час утворення у 2,15 рази, еластичність зменшується у 1,61 рази. Тобто амарантове борошно має дуже низькі технологічні властивості.

Для розроблення нового виду крекерів підвищеної харчової та біологічної цінності ставилося завдання максимально замінити пшеничне борошно на амарантове. Заміна пшеничного борошна амарантовим погано впливала на СМВ, структура тіста була крихкою та одночасно липкою, неоднорідною, що унеможливлювало процес ламінування та формування тістових напівфабрикатів.

Тому для створення технологій нового асортименту крекерів з використанням амарантового борошна потрібно було шукати нові технологічні рішення й додаткові структуроутворювачі, які допомогли б корегувати структурні властивості тістового напівфабрикату.

З метою поліпшення СМВ тістового напівфабрикату у рецептурний склад запропоновано вводити додатковий структуроутворювач – камедь акації

гуміарабікTM «Fibregum B», який застосовується у різних харчових продуктах у якості регулятора консистенції, являється стабілізатором колоїдних систем, регулює активність води [108–113]. З літературного огляду доведено, що додавання ГА сприяє підвищенню розтяжності та еластичності клейковини і підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста [54, 114].

Під час проведення модельних дослідів на фаринографі використовували композитну суміш пшеничного та амарантового борошна у співвідношенні 50:50 % із додаванням 1,5 % та 3,5 % гуміарабіку (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Характеристика фаринограм замішування модельних зразків тіста композитної суміші та гуміарабіку

Показники	Значення показників тіста		
	з 50 % АБ	з 50 % АБ та додаванням	
		1,5 % гуміарабіку	3,5 % гуміарабіку
Водопоглинальна здатність, %	68,5	65,2	62,7
Час утворення тіста, хв	4,3	5,0	5,5
Стабільність, хв	2,0	2,0	2,5
Розрідження, од. приладу	125,0	105	90
Еластичність тіста, мм	18	23	27

Аналіз фаринограм замішування показав, що в модельних зразках тіста з додаванням ГА водопоглинальна здатність зменшувалася на 3,3–5,8 %, розрідження тіста зменшувалося у 1,2–1,4 рази, еластичність збільшувалася у 1,3–1,5 рази. На підставі проведених досліджень зроблено висновок про доцільність додавання ГА для корегування структурно-механічних властивостей крекернаго тіста з амарантовим борошном.

Структура крекерів залежить від властивостей сировини, яка входить до його рецептурного складу. Борошно є одним із основних інгредієнтів, що впливає на СМВ тіста та якість готових виробів. Тому застосування амарантового борошна у створенні нового асортименту крекерів вимагає визначення основних технологічних властивостей.

Для визначення СМВ тіста ГА вносили від 1,5 до 3,5 % до загальної кількості композитної суміші пшеничного та амарантового борошна у співвідношенні 50:50 % (табл. 4.4, рис. 4.1). Перед введенням гуміарабіку в тісто проводили його гідратацію при гідромодулі 1:15 з водою температури 28 °С протягом 60 с. При замісі тіста на емульсії водний розчин гуміарабіку вносили в емульсію в кінці її приготування. Визначення СМВ крекерного тіста проводились на структурометрі СТ-1.

Таблиця 4.4 – Вплив гуміарабіку на структурно-механічні властивості крекерного тіста з амарантовим борошном

Зразок тіста	$\Delta H_{\text{заг. од. пр.}}$	$\Delta H_{\text{пл., од. пр.}}$	$\Delta H_{\text{пр., од. пр.}}$	$\Delta H_{\text{відн. пл., \%}}$	$\Delta H_{\text{відн. пр., \%}}$
Без додавання ГА	6,25	5,52	0,73	88,32	11,68
З додаванням гуміарабіку					
1,5 %	7,75	6,71	0,95	86,58	12,13
2,5 %	8,32	7,04	1,18	84,61	14,18
3,5 %	8,95	7,50	1,45	83,80	16,20

Умовні позначення: $\Delta H_{\text{заг.}}$ – загальна деформація, $\Delta H_{\text{пл.}}$ – пластична деформація, $\Delta H_{\text{пр.}}$ – пружна деформація, $\Delta H_{\text{відн. пл.}}$ – відносна пластична деформація, $\Delta H_{\text{відн. пр.}}$ – відносна пружна деформація.

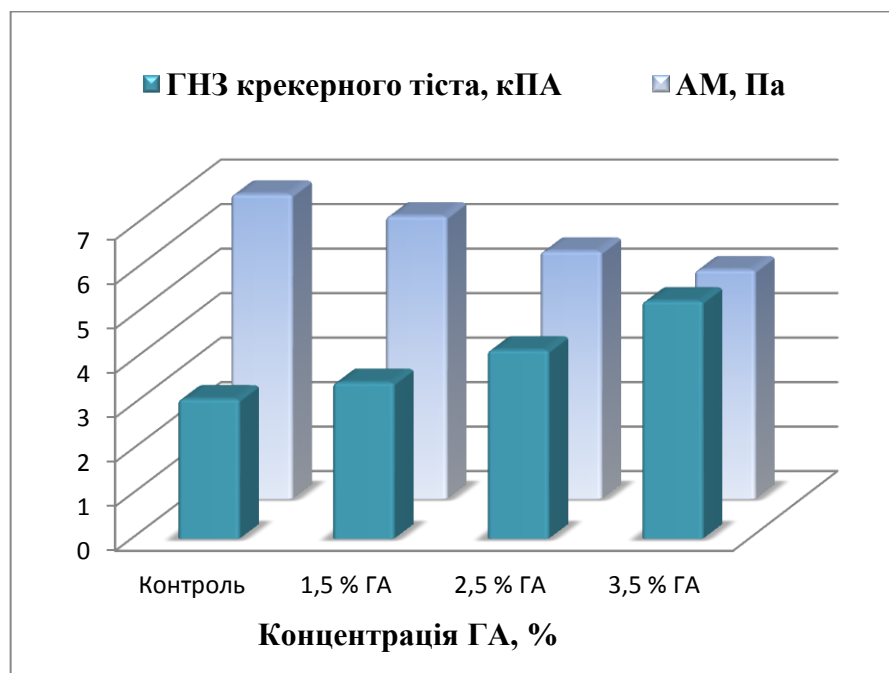


Рис. 4.1. Зміни граничної напруги та адгезійної міцності крекерного тіста з амарантовим борошном із додаванням гуміарабіку

У разі додавання гуміарабіку спостерігалось збільшення загальної та пружної деформації тіста. Встановлено, що додавання 3,5 % гуміарабіку сприяє збільшенню граничної напруги тіста у 1,7 рази, та зменшення адгезійної міцності тіста у 1,4 рази.

Функціонально-технологічні властивості ГА обумовлені особливостями його структури. Збільшення ГНЗ та пружної деформації тіста можна пояснити утворенням міцних структурних зв'язків у дисперсійному середовищі, що пов'язано зі зв'язуванням вільної вологи харчовими волокнами полісахариду. Крім того, молекула ГА має поліелектролітну природу та виявляє здатність до гідрофобних взаємодій з клейковинним комплексом з утворенням нековалентних зв'язків. Це, вірогідно, впливає на властивості клейковини пшеничного борошна та сприяє підвищенню пружно-пластичних властивостей тіста.

4.2. Визначення оптимальної кількості гуміарабіку та технологічних параметрів при приготуванні тіста на підставі математичного моделювання методом багатofакторного експерименту

Оптимальну кількість гуміарабіку та технологічні параметри приготування тістового напівфабрикату визначали на підставі проведеного математичного моделювання процесу приготування тіста методом багатofакторного експерименту та отриманої математичної моделі за допомогою методу крутого сходження Бокса-Уілсона.

Метою оптимізації було отримання тістового напівфабрикату з певними структурно-механічними властивостями. Критерієм оптимальності вибрана реологічна характеристика тіста, а саме гранична напруга зсуву (ГНЗ) (Y), яка досягається співвідношенням рецептурних компонентів і масової частки вологи тіста, яка повинна бути в межах 4,3–4,9 кПа та забезпечувати оптимальні умови ламінування тістової стрічки і формування тістових заготовок.

У табл. 4.5 наведені рівні та крок варіювання експерименту, де X_1 – кількість гуміарабіку, X_2 – масова частка вологи тіста; X_3 – тривалість замішування тіста.

План факторного експерименту та результати дослідів наведені у таблицях 4.6, 4.7.

Таблиця 4.5 – Рівні та крок варіювання експерименту

Показник	X ₁ , %	X ₂ , %	X ₃ , хв
Нульовий рівень	2,5	36,0	43,0
Верхній рівень	3,5	43,0	50,0
Нижній рівень	1,5	29,0	36,0
Інтервал варіювання	1,0	7	7

Таблиця 4.6 – Матриця плану експерименту

№ п/п	Кількість ГА, %, X ₁		Масова частка вологи тіста, %, X ₂		Тривалість замішування тіста, хв, X ₃		ГНЗ Y _{сер} , кПа
1	+	3,5	+	43,0	+	50,0	5,06
2	-	1,5	+	43,0	+	50,0	2,92
3	+	3,5	-	29,0	+	50,0	6,10
4	-	1,5	-	29,0	+	50,0	4,26
5	+	3,5	+	43,0	-	36,0	4,77
6	-	1,5	+	43,0	-	36,0	3,1
7	+	3,5	-	29,0	-	36,0	5,33
8	-	1,5	-	29,0	-	36,0	2,82

Таблиця 4.7 – Зведені результати дослідів та їх опрацювання

№ п/п	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ₁ , кПа	Y ₂ , кПа	Y ₃ , кПа	Y _{сер} , кПа	Полінійна дисперсія (похибка дослідів)
1	+	+	+	5,35	4,48	5,34	5,057	0,249
2	-	+	+	3,07	2,64	3,05	2,920	0,059
3	+	-	+	6,45	6,32	5,54	6,103	0,242
4	-	-	+	4,18	4,25	4,35	4,260	0,007
5	+	+	-	4,57	4,88	4,85	4,767	0,029
6	-	+	-	3,28	2,65	3,37	3,100	0,154
7	+	-	-	5,65	4,78	5,55	5,327	0,227
8	-	-	-	2,75	2,67	3,03	2,817	0,036
$\sum S_i$								1,003

При складанні матриці активного експерименту отримали рівняння регресії:

$$Y = 4,29 + 1,02 \times X_1 - 0,33 \times X_2 + 0,29 \times X_3$$

Таблиця 4.8 – Вихідні дані і результати розрахунку програми

«крутого сходження»

Найменування	Фактори		
	X ₁	X ₂	X ₃
Нульовий рівень X _{i0}	2,5	36,0	47,0
Інтервал варіювання λ _i	1	7	5
Коефіцієнт b _i	1,02	-0,33	0,291
Розрахунок:			
Добуток b _i λ _i	1,02	2,31 = max = a	1,455
Інтервал h _i при зміні базового фактору на h _a	0,8	h _a = 2	1,26
Заокруглений крок крутого сходження	0,5	2	2

X₂ приймається за базовий фактор, оскільки для нього добуток коефіцієнта регресії на інтервал варіювання максимальний: 2,31.

Крок крутого сходження для базового фактора = 2.

У таблиці 4.9 наведено результати програми крутого сходження.

Таблиця 4.9 – Програма крутого сходження

Номер досліджу	(+) X_1	(-) X_2	(+) X_3	Критерій оптимальності Y , кПа
9	2,5	36,0	43,0	$Y_1(4,20)$
10	3,0	34,0	45,0	$Y_2(4,86)$
11	3,5	32,0	47,0	$Y_3(5,27)$
12	4,0	30,0	49,0	$Y_4(5,72)$
13	4,5	28,0	51,0	$Y_5(6,15)$
14	5,0	26,0	53,0	$Y_6(6,65)$

За даними табл. 4.9 оптимальним обираємо варіант №10, в якому ГНЗ становить 4,86 (в межах похибки), при якому кількість ГА становить 3,0 %, масова частка вологи 34 %, тривалість замішування тіста 45 хв. Таким чином, на підставі проведеної оптимізації було визначено оптимальне дозування гуміарабіку та технологічних факторів приготування крекерного тіста із застосуванням амарантового борошна.

4.3. Дослідження впливу амарантового борошна та гуміарабіку на форми зв'язку вологи крекерного тіста

Для визначення стану зв'язаної та вільної вологи в тісті застосовували диференційний термічний аналіз, заснований на одночасній зміні маси і ентальпії досліджуваного матеріалу в процесі нагрівання. Дослідження проводили за допомогою приладу дериватограф Q-1500 в діапазоні температур 23–205 °C при швидкості нагріву зразків 2,5 °C за хвилину.

Була використана методика розшифрування дериваторам, яка з аналізу кривих зміни температури (TA) і зміни маси тіста при нагріванні (TG), а також їх похідних (DTA і DTG) дає змогу визначити температурні інтервали, які характеризують видалення вологи різних форм зв'язку.

Досліджувалися контрольний зразок тіста на пшеничному борошні, другий зразок – тісто з заміною 50 % пшеничного борошна на амарантове,

третій зразок – тісто з заміною 50 % пшеничного борошна амарантовим та додаванням 3 % гуміарабіку.

Отримані дериватограми наведено у додатку Е. Результати аналізу дериватограм зразків тіста розподілу вологи за формами зв'язку вологи наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Результати аналізу дериватограм зразків тіста

Зразок тіста	Вільно зв'язана волога макро- та мікрокапілярів, %		Осмотично зв'язана волога, %		Адсорбційно зв'язана волога, %	
	Темпера- турний діапазон, °C	Втрата маси, %	Темпера- турний діапазон, °C	Втрата маси, %	Темпера- турний діапазон, °C	Втрата маси, %
Контроль без АБ	23-110	64,7	110-125	10,9	125-160	24,4
З заміною 50% АБ	23-105	59,3	105-124	14,3	124-160	26,4
З заміною 50 % АБ і 3% ГА	23-104	58,0	104-122	14,3	122-162	27,7

На підставі аналізу кривих зміни температури (ТА) та маси (TG), а також їх похідних (DTA і DTG) виділено три температурні діапазони, які характеризуються різним темпом видалення вологи, тобто міцністю її зв'язку з матеріалом.

На першому етапі прогрівання в I діапазоні температур від 23 до 104 °C, 105 °C та 110 °C видаляється вільна волога макро- та мікрокапілярів або механічно зв'язана. На цьому етапі видаляється від 58 до 64,7 % усієї вологи у тісті. Найбільша кількість вільної вологи міститься в контрольному зразку тіста на пшеничному борошні.

Під час нагрівання зразків тіста від 104 °C, 105 °C та 110 °C до 122 °C, 124 °C та 125 °C на ДТА та ДТГ видно глибокий ендотермічний пік з термічними процесами в ньому. У цих температурних інтервалах видаляється осмотично зв'язана волога. Основною умовою осмотичного зв'язування води є вибіркова дифузія води через напівпроникну оболонку осмотичних комірок

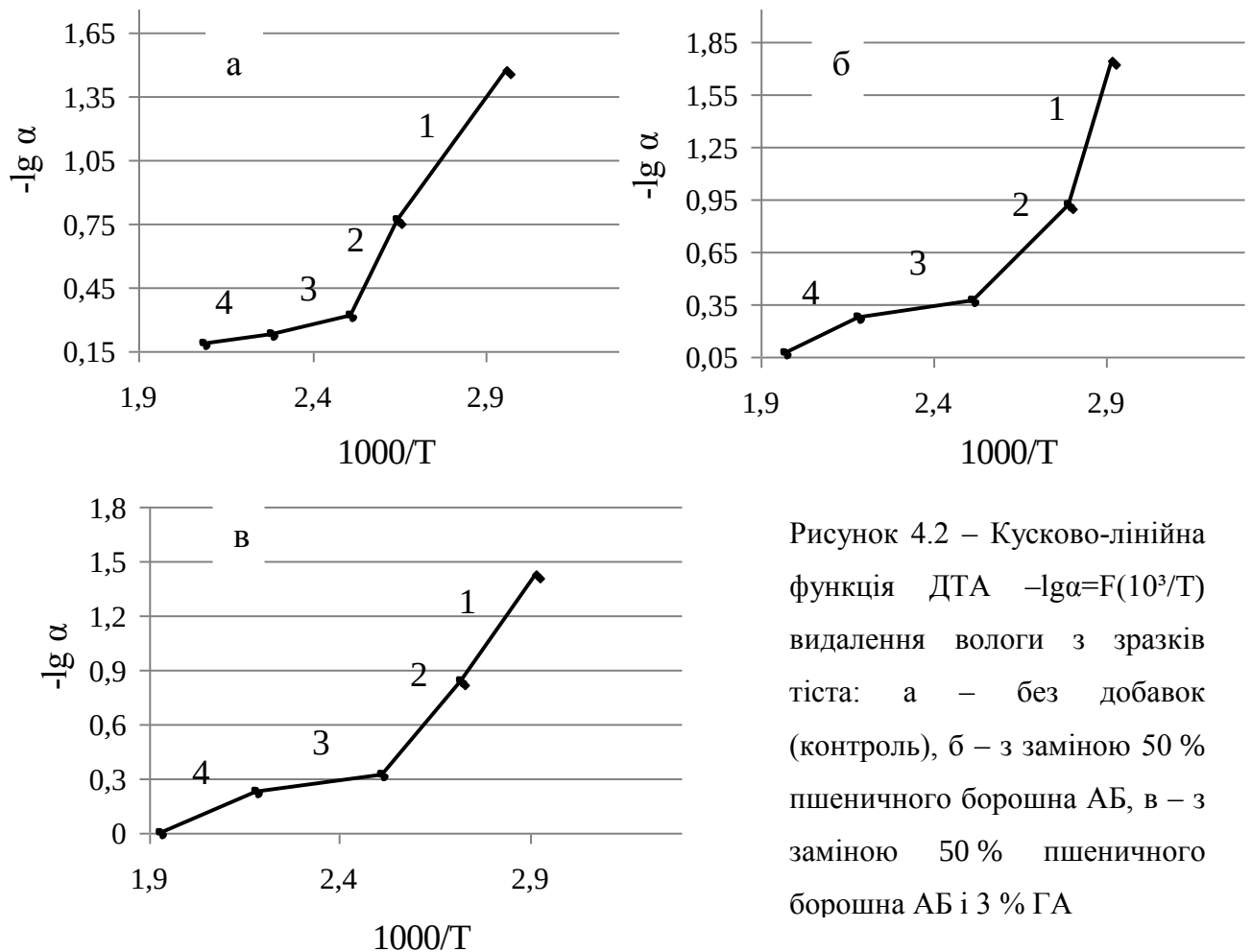
міцел колоїдних частинок або асоціатів макромолекулярних сполук. Найбільша кількість осмотично зв'язаної вологи міститься в зразках тіста з амарантовим борошном.

Під час нагрівання зразків тіста від 122 °С, 124 °С та 125 °С до 160 °С та 162 °С продовжується втрата вологи, яка зумовлена ймовірно видаленням адсорбційно-зв'язаної води (24,4 – 27,7 %). Згідно з адсорбційними законами, зв'язування води колоїдною системою відбувається на поверхні міцел – інтерміцелярно, або всередині міцел інтраміцелярно, коли молекула води проникає всередину міцел. Адсорбційно-зв'язана волога утримується на поверхні розділу колоїдних часток, завдяки молекулярно-силовій взаємодії поверхні міцел і гідрофільних центрів білків та полісахаридів та має велику енергію випаровування або активації.

Для отримання даних про механізм видалення вологи в тісті будували логарифмічні залежності ступеня перетворення α (залежність – $\lg \alpha$) до величини оберненої температури – $10^3/T$ (рис. 4.2).

Аналіз кусково-лінійної функції – $\lg \alpha = F(1000/T)$ уможливив виділити чотири лінійні ділянки, які відповідають випаровуванню вологи із системи з різними формами зв'язку. В першому періоді видаляється вільна волога – механічно-зв'язана вода макро- та мікрокапілярів (y_m). У другому періоді видаляється осмотично-зв'язана волога ($y_{осм}$), в третьому та четвертому періодах видаляється адсорбційна волога полімолекулярних ($y_{апм}$) та мономолекулярних ($y_{амм}$) шарів.

Для характеристики енергетичного стану колоїдної системи розрахована величина умовної енергії активації для крекернаго тіста при видаленні міцно зв'язаної вологи. Результати розрахунку енергії активації наведені в таблиці 4.11. Встановлено, що амарантове борошно та гуміарабик сприяють збільшенню енергії активації порівняно з контрольним зразком в 1,3 рази.



Таблиця 4.11 – Умовна енергія активації для крекерного тіста

Зразок тіста	Вільна волога, %	Зв'язана волога, %	Загальна умовна енергія активації, кДж/моль
Тісто (контроль)	64,7	35,3	5,4
Зразок 2 з заміною 50 % АБ	59,3	40,7	6,2
Зразок 3 з заміною 50 % АБ і 3 % ГА	58,0	42,0	7,1

Доведено, що в процесі приготування крекерного тіста з використанням додаткового структуроутворювача гуміарабіку спостерігається збільшення кількості адсорбційної вологи, це сприяє утворенню більш міцних зв'язків між молекулами високомолекулярних сполук та створенню оптимальних пружно-пластичних властивостей для тістового напівфабрикату з врахуванням умов його шарування та формування.

Визначена вологість досліджуваних зразків на основі композитної суміші борошна та гуміарабіку становила $4 \pm 1,5 \%$, тобто внесення амарантового борошна та гуміарабіку не позначалося на процесі вивільнення води при термообробці тістових напівфабрикатів.

4.4. Дослідження сорбційних властивостей крекерів із додаванням амарантового борошна та гуміарабіку

Відомо, що для крекерів характерною є сорбція води із навколишнього середовища до встановлення рівноважного вологовмісту. Тому були проведені дослідження сорбційних і десорбційних властивостей зразків крекеру із додаванням амарантового борошна та ГА. Пористість крекерів теж визначали на основі аналізу експериментальних ізотерм сорбції-десорбції (рис. 4.3).

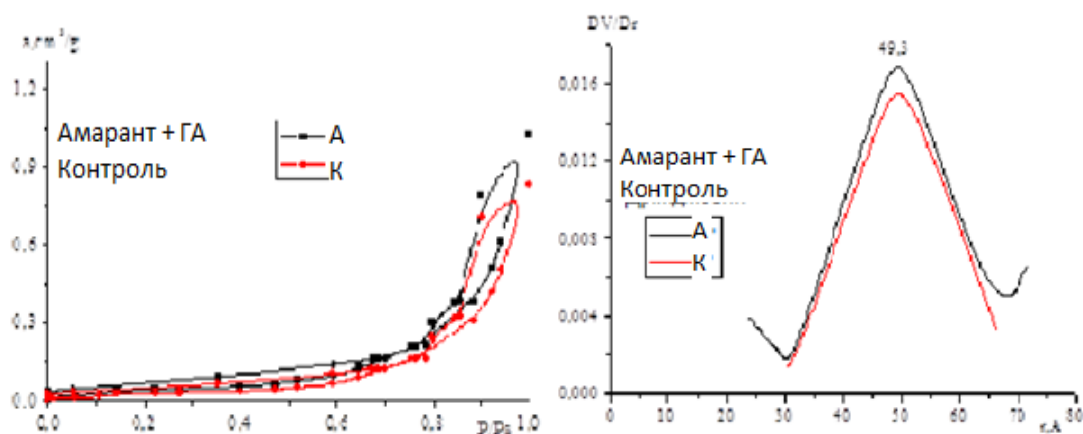


Рис. 4.3. Порівняльні графіки ізотерми адсорбції та розподілення пор у досліджуваних зразках крекерів із застосуванням амарантового борошна та гуміарабіку

Ізотерми представлялися графічно як $a = f(P/P_s)$, де a – величина адсорбції в $\text{см}^3/\text{г}$, P/P_s – відносний тиск парів адсорбтива.

При аналізі ізотерм адсорбції води використовували графічну інтерпретацію рівняння полімолекулярної адсорбції Фрейндліха.

Згідно значень активності води a_w ізотерми сорбції-десорбції було поділено на три зони: 1 зона – кількість адсорбованої води у моношарі при

$a_w = 0,0-0,25$, 2 зона – у полішарі при $a_w = 0,26-0,75$, 3 зона – у гігроскопічному стані при $a_w = 0,76-1,0$ (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 – Розподіл адсорбованої води у зразках крекерів по зонах

№ п/п	Назва зразку	Кількість адсорбованої води, ммоль/г			Залишкова вода після десорбції, ммоль/г
		I зона, у моношарі, ммоль/г $a_w = 0,0-0,25$	II зона, у полішарі ммоль/г $a_w = 0,26-0,75$	III зона, у гігр. стані ммоль/г $a_w = 0,76-1,0$	
1	Контроль	2,00	8,80	45,93	1,87
2	Крекер з амарантом + ГА	3,10	11,30	56,87	2,61

У першій зоні контрольний зразок та зразок з композитної суміші борошна та додаванням ГА практично не поглинає води. У другій зоні, тобто зоні полімолекулярної адсорбції, зразки проявляють сорбційні властивості. Кількість адсорбованої води у гігроскопічному стані становить для контрольного зразку 45,93 ммоль/г, зразку з додаванням ГА та амарантового борошна 56,87 ммоль/г.

Петлі гістерезису у зразків однакові. Аналізуючи десорбційні криві, можна сказати, що при зменшенні тиску парів води зразки віддають воду не до кінця. Це говорить про те, що має місце хемосорбція – зразок видаляє з себе тільки поверхневу воду, а хімічно зв'язана не видаляється і тому вони мають широкую петлю гістерезису.

Крекер має масову частку води 4,0–4,5 %, активність води для виробів становить 0,4–0,45. У разі відносної вологості повітря 75 % рівноважний вологовміст контрольного зразку крекеру становить 8,8 %, з заміною АБ 50 % і ГА 3 % – 11,3 %, тобто при даних умовах зберігання крекери будуть поглинати воду до рівноважного стану, особливо це стосується крекера з додаванням ГА та амарантового борошна. Тобто для збереження структурних властивостей виробів їх після охолодження треба одразу пакувати у вологонепроникні пакувальні матеріали.

Після аналізу графіків адсорбції парів води та розподілу пор за радіусами (рис. 4.3) можна зробити висновок, що зразки мають однакову адсорбційну структуру і однакові великі та середні пори, невелика різниця лише у їх кількості. За методом полімолекулярної теорії адсорбції парів Брунауера, Еммета і Теллера (метод БЕТ) розраховували питому поверхню (S), максимальний об'єм пор (V_s) і середній діаметр пор (d) контрольного зразку та зразку з композитної суміші та гуміарабіку (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Структурні характеристики зразків крекерів,
які були зняті у парах води

№ п\п	Назва зразка	S , м ² /г	R^2	V_s , см ³ /г	D , А
1	Контрольний зразок	76	0,8324	0,83	437
2	Досліджуваний зразок (композитна суміш та 3 % ГА)	115	0,9179	1,02	355

де $D = 4V_s/S$ ангстрем, S – адсорбція, м²/г; V_s – сорбційний об'єм пор, см³/г; R^2 – квадрат похибки розрахунку адсорбційної поверхні.

Аналіз експериментальних даних показав, що у досліджуваному зразку з додаванням ГА та заміною пшеничного борошна на амарантове питома поверхня й сорбційний об'єм збільшуються, а діаметр пор зменшується. На графіках розподілу пор за радіусами видно (рис. 4.3), що пори у цих зразків мають у своєму піку однаковий діаметр пор 49,3 ангстрем.

З рис. 4.3 та табл. 4.13 можна зробити висновок про те, що дані зразки мають практично однакову адсорбційну структуру, оскільки ізотерми адсорбції практично збігаються за формою та розмірами. Збільшення адсорбованої води у досліджуваному зразку пояснюється застосуванням гідроколоїду, а саме гуміарабіку, який здатний до комплексоутворення зі зв'язуванням води.

У результаті проведених досліджень удосконалена технологія крекерів. Проведені дослідження та наукове обґрунтування оптимального рецептурного складу крекерного тіста з використанням амарантового борошна та гуміарабіку™ «Fibregum В» дали можливість отримати тістові напівфабрикати зі стабільними структурними властивостями.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Доведено, що внесення амарантового борошна до композитної суміші з пшеничним знижує показники якості клейковини; у разі збільшення концентрації до 50 % амарантового борошна у композитній суміші збільшується розтяжність клейковини пшеничного борошна у 1,8 рази, індекс деформації ІДК у 1,5 рази.

2. Фаринографічними дослідженнями встановлено, що водопоглинальна здатність композитної суміші зі збільшенням масової частки амарантового борошна від 10 до 50 % зростала, під час утворення тіста у разі заміни пшеничного борошна на амарантове у кількості 50 % розрідження збільшувалося у 1,56 рази, еластичність зменшувалася у 1,61 рази. Доведено, що структура крекерного тіста була крихкою та одночасно липкою, неоднорідною, що унеможливлювало процес ламінування та формування тістових напівфабрикатів.

3. Для корегування СМВ крекерного тіста запропоновано додавання гідроколоїду камеді акації гуміарабіку TM«Fibregum B» у кількості від 1,5 до 3,5 %. Встановлено, що у разі застосування ГА розрідження тіста зменшувалося у 1,2–1,4 рази, еластичність збільшувалася у 1,3–1,5 рази, додавання 3,5 % гуміарабіку сприяло збільшенню граничної напруги тіста у 1,7 рази, та зменшенню адгезійної міцності у 1,4 рази. Підвищення пружно-пластичних властивостей тіста пов'язано зі зв'язуванням вільної води харчовими волокнами полісахариду та гідрофобних взаємодій молекули ГА з клейковинним комплексом пшеничного борошна.

4. На підставі математичного моделювання процесу приготування крекерного тіста методом багатофакторного експерименту та отриманої математичної моделі за допомогою методу крутого сходження Бокса-Уілсона визначено, що у разі приготування крекерного тіста оптимальне дозування ГА становить 3,0 % до маси композитної суміші пшеничного та амарантового борошна, масова частка води тіста 34,0 %, тривалість замісу 45 хв.

5. Дослідження форми зв'язку вологи крекерного тіста з заміною пшеничного борошна на амарантове та гуміарабіку показали, що з використанням гуміарабіку спостерігалось збільшення кількості адсорбційної вологи, утворенню більш міцних зв'язків між молекулами високомолекулярних сполук та створення оптимальних пружно-пластичних властивостей для тістового напівфабрикату з врахуванням умов його шарування та формування. Встановлено, що амарантове борошно та гуміарабік сприяють збільшенню енергії активації для крекерного тіста при видаленні міцно зв'язаної вологи.

6. Дослідження сорбційних властивостей крекерів з заміною пшеничного борошна на амарантове у кількості 50 % з додаванням 3 % ГА показали, що у разі полімолекулярної адсорбції за значенням активності води 0,75 рівноважний вологовміст контрольного зразку крекеру становить 8,8 %, досліджуваного зразку – 11,3 %, тобто при даних умовах зберігання крекери мають поглинати вологу до рівноважного стану. Аналіз експериментальних даних показав, що у досліджуваному зразку питома поверхня й сорбційний об'єм збільшуються, а діаметр пор зменшується. Застосування у досліджуваному зразку гуміарабіку сприяє збільшенню адсорбованої вологи, який здатний до комплексоутворення зі зв'язуванням вологи.

7. На підставі експериментальних досліджень вивчені процеси структуроутворення крекерного тіста на основі композитної суміші пшеничного та амарантового борошна у співвідношенні 50:50 % з додаванням камеді акації гуміарабіку TM«Fibregum B», що дали можливість отримати тістові напівфабрикати зі стабільними структурними властивостями.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ РОЗДІЛУ

1. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Визначення впливу борошна з насіння амаранту та гуміарабіку «Fibregum» на процес структуроутворення тіста при розробці технології крекерів підвищеної біологічної цінності. *Modern engineering and innovative technologies*. 2019. Р.1, № 9. С. 86–91.

2. Дзигар О. О., Стадник Т. Б., Оболкіна В. І. Перспективи використання амарантового борошна та гуміарабіку при створенні нового асортименту борошняних кондитерських виробів. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2018. С.141–143.

3. Дзигар О., Стадник Т., Оболкіна В. Особливості застосування борошна з насіння амаранту при створенні крекерів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Матеріали 85 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»*, 11–12 квітня 2019 р. Київ, 2019 р. Ч.1. С. 199.

4. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Дослідження впливу амарантового борошна та гуміарабіку на структурно-механічні властивості тіста при створенні технології крекерів підвищеної біологічної цінності. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності* : матеріали VII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2019 р. Київ, 2019. С. 20–21.

5. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Розроблення технології крекерів підвищеної біологічної цінності із застосуванням борошна з амаранту та камеді акації. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2019. С.143–144.

6. Дзигар О.О., Оболкіна В.І. Науковий підхід до створення технології крекерів підвищеної біологічної цінності із застосуванням борошна з насіння амаранту та гуміарабіку. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції* : програма та тези матеріалів VIII Міжнародної науково-технічної конференції, 5-6 листопада 2019 р. Київ, 2019. С. 111–112.

РОЗДІЛ 5

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КРЕКЕРІВ З ДОДАВАННЯМ ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ

У державах Європейського Союзу дуже популярні крекери із пікантним смаком або «пікантні крекери». Ці крекери мають ніжну крихку структуру, для додання смаку та аромату в рецептурний склад виробів додають пряно-ароматичні добавки та інші добавки. Аналіз літературних джерел показав, що рецептури пікантних крекерів відрізняються невеликою кількістю або повною відсутністю цукру та підвищеним вмістом жиру до 15%. При тривалому зберіганні виробів може відбуватися окислення жирової складової, погіршення смаку та аромату. Вченими доведено, що доцільно до рецептурного складу додавати антиоксиданти природного походження, зокрема ПАС, яка володіє такими властивостями, для продовження термінів зберігання виробів [123, 130, 132, 139].

Пряно-смакові рослини є перспективним джерелом для харчової галузі, зокрема кондитерської. Ефірні олії, цукри, дубильні та фенольні речовини відіграють важливу роль у забезпеченні смаку і аромату кондитерських виробів. До сировини, що має приємний смак, оригінальний аромат та володіє багатофункціональними властивостями відносять надземну фітомасу монарди двійчастої *Monarda didyma* (МД) та пажитника сінного *Trigonella foenum-graecum* (ПС).

5.1. Визначення хімічного складу пряно-ароматичної сировини монарди двійчастої та пажитника сінного

На підставі проведеного літературного огляду було встановлено, що селекцією та визначенням компонентного складу сортів монарди та пажитника займаються багато вчених по всьому світу. Але у роботах науковців виявляються значні відмінності стосовно хімічного складу цих рослин. Це пов'язано з кліматичними та агротехнічними умовами вирощування. З наукової

та практичної точки зору викликало інтерес вивчення хімічного складу листків МД та ПС, що ростуть на території України.

У Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України, розташованому у Києві, на межі Лісостепу та Полісся України проводяться науково-дослідні роботи з культивування МД та ПС. Для досліджень були обрані листки даних пряно-ароматичних рослин у період повного цвітіння, які потім висушували. Органолептична характеристика ПАС наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Органолептична характеристика пряно-смакових рослин

Рослина	Показник	Характеристика
Монарда двійчаста	Зовнішні ознаки	Листки
	Запах	Приємний сильний запах з широким букетом ароматів
	Смак	Пряний
Пажитник сінний	Зовнішні ознаки	Листки
	Запах	Аромат грибний, пряний
	Смак	Пряно-терпкий

Органолептичними дослідженнями встановлено, що застосування даної рослинної сировини є перспективним напрямком підвищення якості крекерів, зокрема надання оригінального пряного смаку та аромату.

Дослідження біохімічного складу фітосировини дослідних зразків листків ПС та МД, які проводилися спільно з науковцями біохімічної лабораторії відділу культурної флори Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України наведені в таблиці 5.2.

Було визначено, що листки МД та ПС містять цукри, аскорбінову кислоту, каротин, дубильні речовини, ефірні олії.

Слід зазначити, що у складі листків МД міститься вітаміну С у 2,3 рази більше ніж у ПС, ефірних олій більше майже у 35,7 рази.

Таблиця 5.2 – Хімічний склад листків *Monarda didyma* та *Trigonella foenum-graecum* L. в період цвітіння (на абс.суху масу)

Показники	<i>Monarda didyma</i>	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.
Сухі речовини, %	24,90	24,52
Загальний цукор, %	6,90	8,62
Вітамін С, мг/100 г	137,00	59,94
Каротин, мг/100 г	1,24	1,85
Титрована кислотність, % (перерахунок на яблучну кислоту)	11,90	2,40
Дубильні речовини, %	2,30	2,50
Ефірна олія, %	2,50	0,07

Визначення елементного складу листків пажитника та монарди проводили за допомогою рентгенфлюоресцентного аналізу у науково-технічному центрі «ВИРІА-Ltd» (табл. 5.3). Встановлено, що листки монарди та пажитника містять велику кількість макро- та мікроелементів.

Таблиця 5.3 – Вміст макро- та мікроелементів у листках ПС та МД

Хімічний елемент	Концентрація елементів у рослинній сировині, мкг/г	
	Пажитник	Монарда
S	1444,31 ± 475,60	5817,39 ± 838,70
Cl	4265,39 ± 304,58	249,79 ± 68,12
K	7421,57 ± 261,32	9888,85 ± 273,86
Ca	3170,06 ± 130,56	6193,91 ± 150,77
Cr	1,65 ± 0,59	-
Mn	16,91 ± 1,98	3,46 ± 0,90
Co	8,06 ± 1,36	-
Fe	218,91 ± 8,16	86,80 ± 4,18
Cu	4,53 ± 0,90	5,21 ± 0,92
Zn	31,16 ± 2,24	27,64 ± 2,13
Se	1,24 ± 0,30	-
Br	453,88 ± 6,07	1,03 ± 0,29
Sr	74,72 ± 2,12	31,49 ± 1,39
Rb	2,25 ± 0,36	2,38 ± 0,37
Zr	0,65 ± 0,18	2,31 ± 0,35
Pb	3,92 ± 0,64	-
Ni	-	1,62 ± 0,45

За результатами досліджень встановлено, що листки МД та ПС містять у своєму складі усі необхідні есенціальні елементи, а також низку важких металів, які знаходяться у невеликій кількості і не перевищують допустимих норм.

У монарді ідентифіковано наступні елементи:

K >Ca> S >Cl>Fe>Sr>Zn>Cu>Mn>Rb>Zr>Ni>Br

Кількість калію досягає 9890 мкг/г, кальцію – 6200 мкг/г.

У пажитнику ідентифіковано:

K>Cl>Ca>S>Br>Fe>Sr>Zn>Mn>Co>Cu>Pb>Rb>Cr>Se>Zr

Кількість калію – 7421,57 мкг/г, кальцію – 3170 мкг/г.

На основі органолептичних властивостей та хімічного складу листків МД та ПС, зроблено висновок, що дана ПАС може використовуватись у розробці нового виду крекерів з підвищеною харчовою цінністю й поліпшеними органолептичними властивостями.

Подальший інтерес викликають дослідження, щодо встановлення антиоксидантних властивостей цієї ПАС, а для цього слід провести визначення фенольних сполук в ній. Данні дослідження проводили у лабораторії НВК «Екофарм».

Фенольні сполуки, які присутні у рослинах рідко зустрічаються у вільному стані. Більшість їх представлено у вигляді різноманітних О- і С-глікозидів. Різноманіття флавоноїдних глікозидів обумовлено значним набором цукрів (глюкози, арабінози, ксилози та ін.) і можливостями приєднання їх в положенні агліконів, а також тим, що цукри можуть мати різну конфігурацію глікозидних зв'язків. Отже, ідентифікаційне та кількісне визначення фенольних сполук у рослинній сировині потребує багатосторонніх досліджень.

5.2. Визначення вмісту біологічно-активних речовин у листках монарди двійчатої

Об'єктом досліджень були листки МД (*Monarda didyma*), зразки отримували у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Результати вихідного етанольного концентрату наведені на рис. 5.1. Розділення етанольного концентрату методом UPLC-PDA засвідчує наявність в них фенольних та поліфенольних сполук (рис. 5.1). Даний аналіз дав можливість ідентифікувати 8 сполук. Визначено кількісне співвідношення між цими сполуками (табл. 5.4).

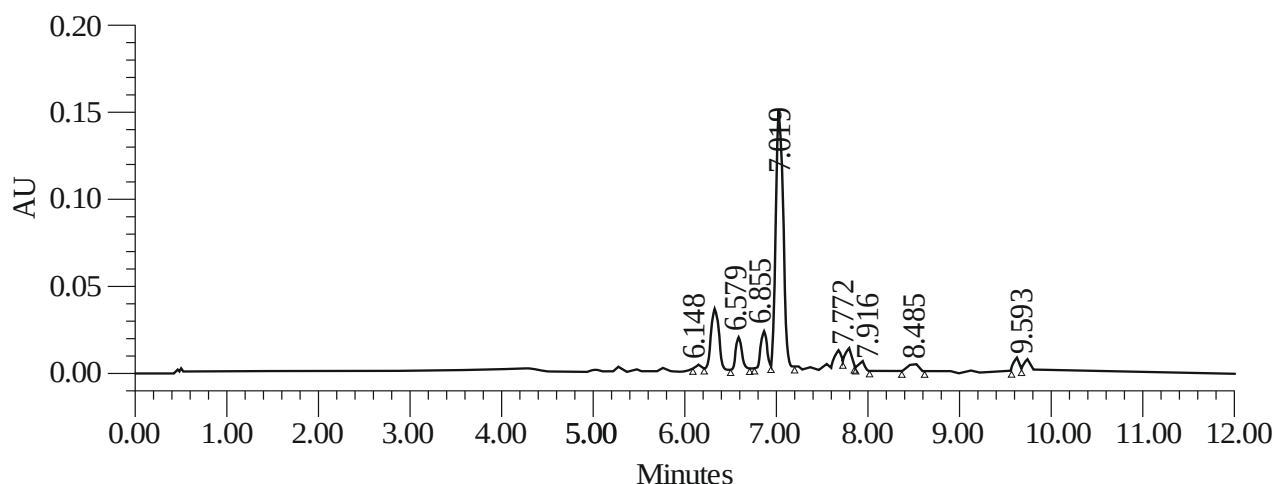


Рис. 5.1. Хроматограма вихідного етанольного концентрату (PDA 335.0 nm)

Таблиця 5.4 – Кількісне співвідношення сполук (PDA 335.0 nm)

№	Тривалість утримання, хв	Масова частка від суми, %
1	6,148	0,77
2	6,579	7,58
3	6,855	8,79
4	7,019	72,82
5	7,772	3,23
6	7,916	1,87
7	8,485	2,94
8	9,593	2,00

Після проведення кислотного гідролізу наважки сировини, тривалість утримання компонентів гідролізату відрізнялась від вихідного етанольного концентрату (рис. 5.2). На хроматограмі були ідентифіковані фенолкарбонові кислоти (4,26; 8,81 хв) та флавоноїди (6,32; 7,65; 7,79 та 8,49 хв). Визначено кількісне співвідношення компонентів гідролізату (табл. 5.5).

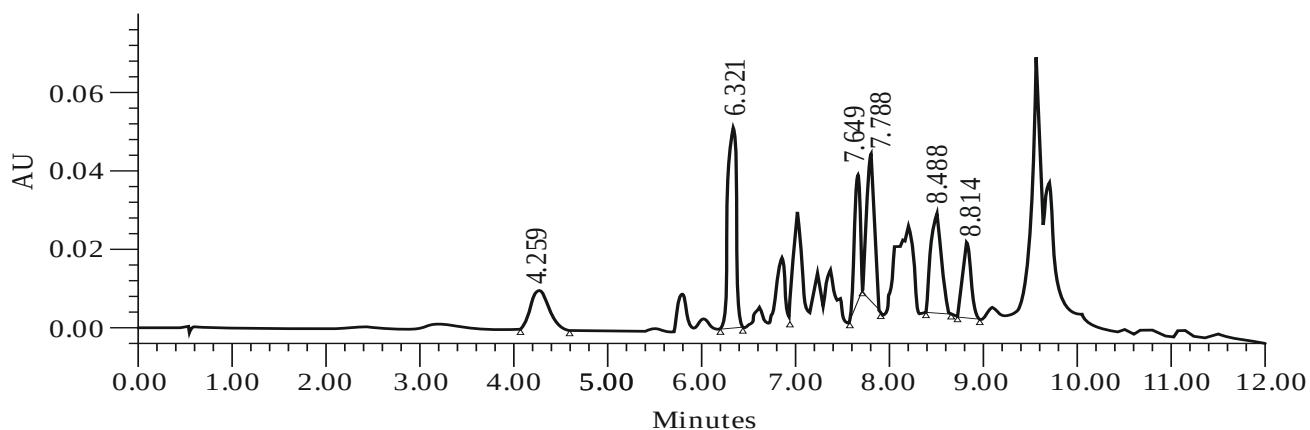


Рис. 5.2. Хроматограма кислотного гідролізату (PDA 350.0 nm)

Таблиця 5.5 – Масова частка компонентів гідролізату (PDA 350.0 nm)

№	Тривалість утримання, хв	Масова частка від суми, %
1	4,259	12,56
2	6,321	25,71
3	7,649	13,26
4	7,788	19,49
5	8,488	17,83
6	8,814	11,14

Аналіз спектрів (рис. 5.3) поглинання етанольного концентрату свідчить про присутність в ньому великої кількості сполук, що містять рухливий атом водню. Збільшення рН розчину (крива 2) обумовлює значне зміщення максимуму поглинання з 328 до 384 nm.

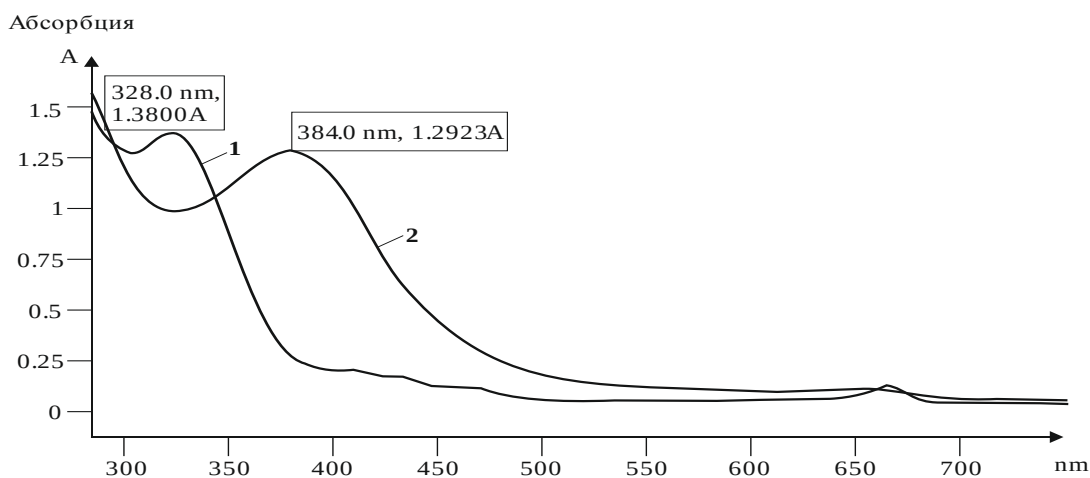


Рис. 5.3. Спектри поглинання вихідного етанольного концентрату
(1-рН = 6,5; 2-рН = 11,8)

Після кислотного гідролізу в спектрах поглинання також мало місце зміщення максимуму (рис. 5.4). Однак, на відміну від вихідного зразка в даному випадку відсутня точка перетину кривих, що вказує на руйнування деяких сполук при підвищенні рН розчину.

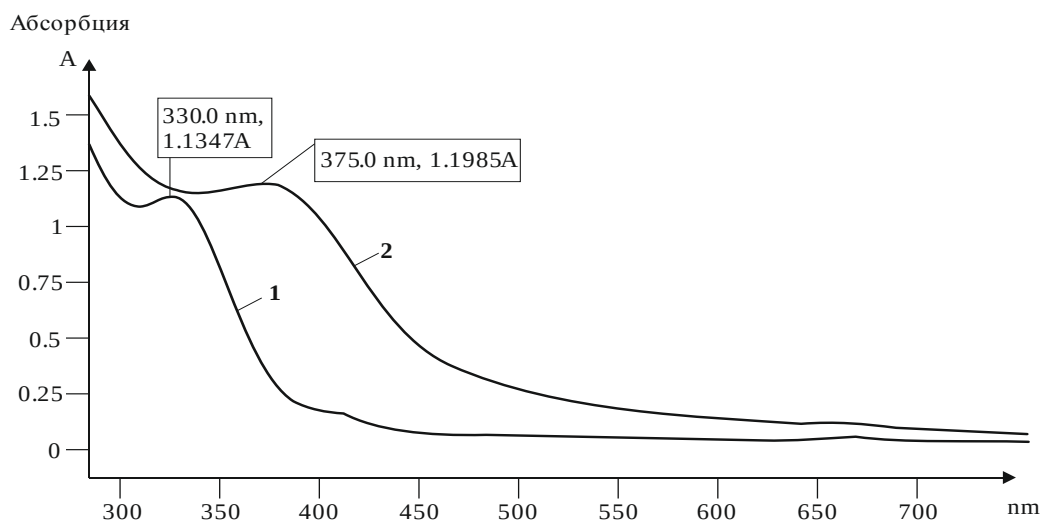


Рис. 5.4. Спектри поглинання кислотного гідролізату (1-рН = 6,5; 2-рН = 11,8)

Спектрофотометричний метод за реакції утворення комплексного з'єднання флавонів з іонами $Al(III)$ показав вміст суми флавоноїдних сполук зразка. Електронний спектр комплексу $Al(III)$ з флавоноїдами представлений на рис. 5.5. Обчислюваний вміст флавоноїдних сполук становить 0,65 мг/г або 65 мг% (в перерахунку на рутин), що підтверджує високі антиоксидантні властивості листків МД.

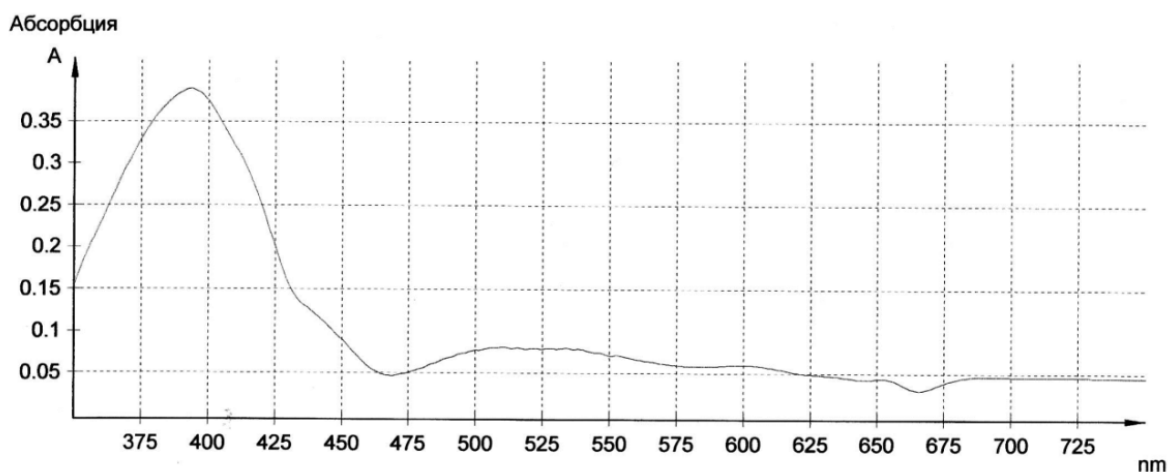


Рис. 5.5. Електронний спектр комплексу $Al(III)$ з флавонами

Аналіз результатів масс-хроматограми вихідного зразка дав можливість ідентифікувати наступні сполуки (рис. 5.6): альфа-туйон, вініламілкарбінол, о-кумол, альфа-терпінолін, метиловий ефір тиміну, карвакрол, тимол, d-гермакрин, амідолейнову кислоту, третбутилкатехол (табл. 5.6).

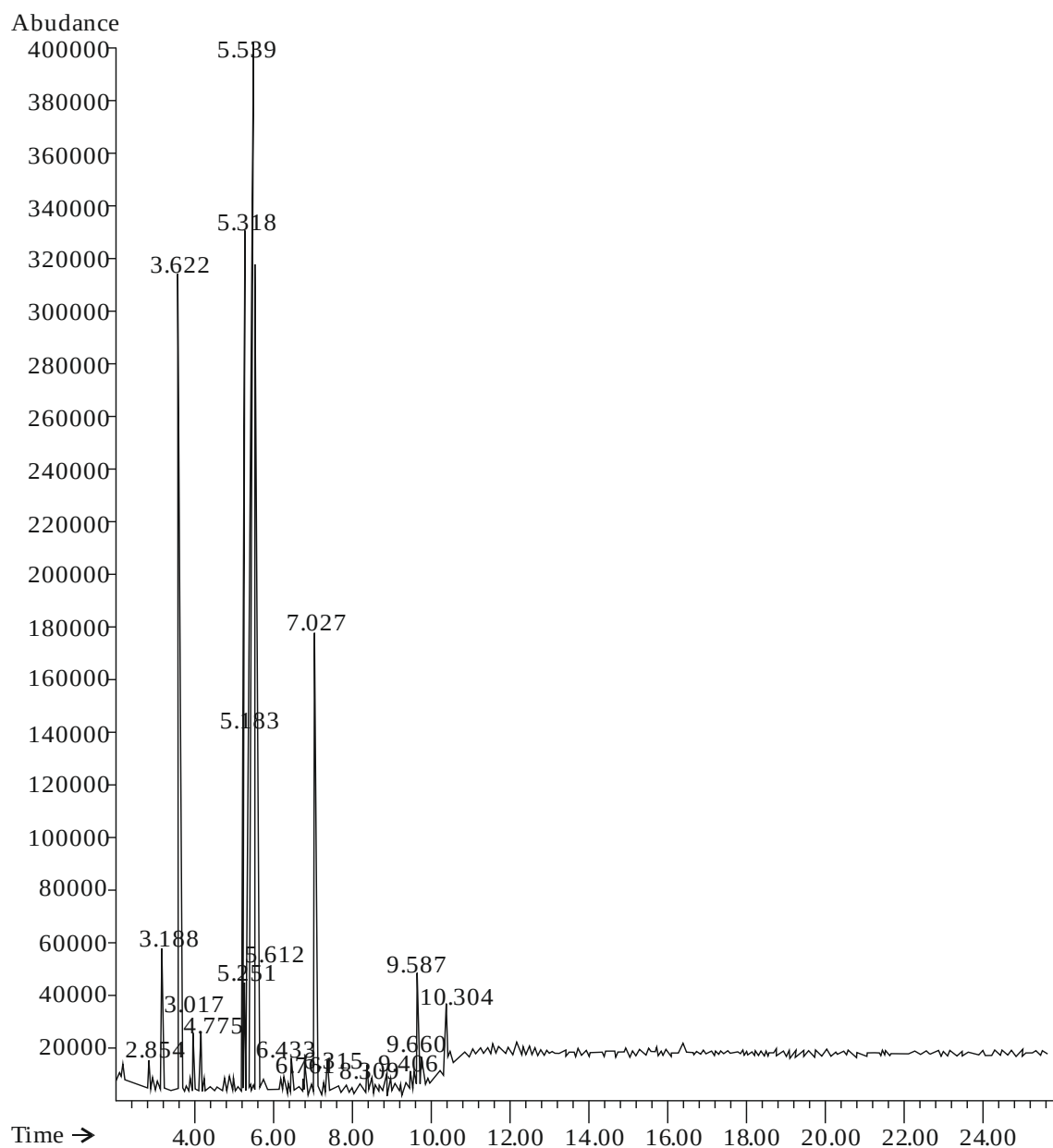


Рис. 5.6. Масс-хроматограма вихідного етанольного концентрату

Після кислотного гідролізу низка летких сполук не була виявлена (рис.5.7), але з'явилися сполуки, які були зв'язані гідроксилвмісними сполуками (флавоноїди, фенолкарбонові кислоти), в першу чергу етиловий ефір левулінової кислоти, етилпальмітат, тимол (табл. 5.6).

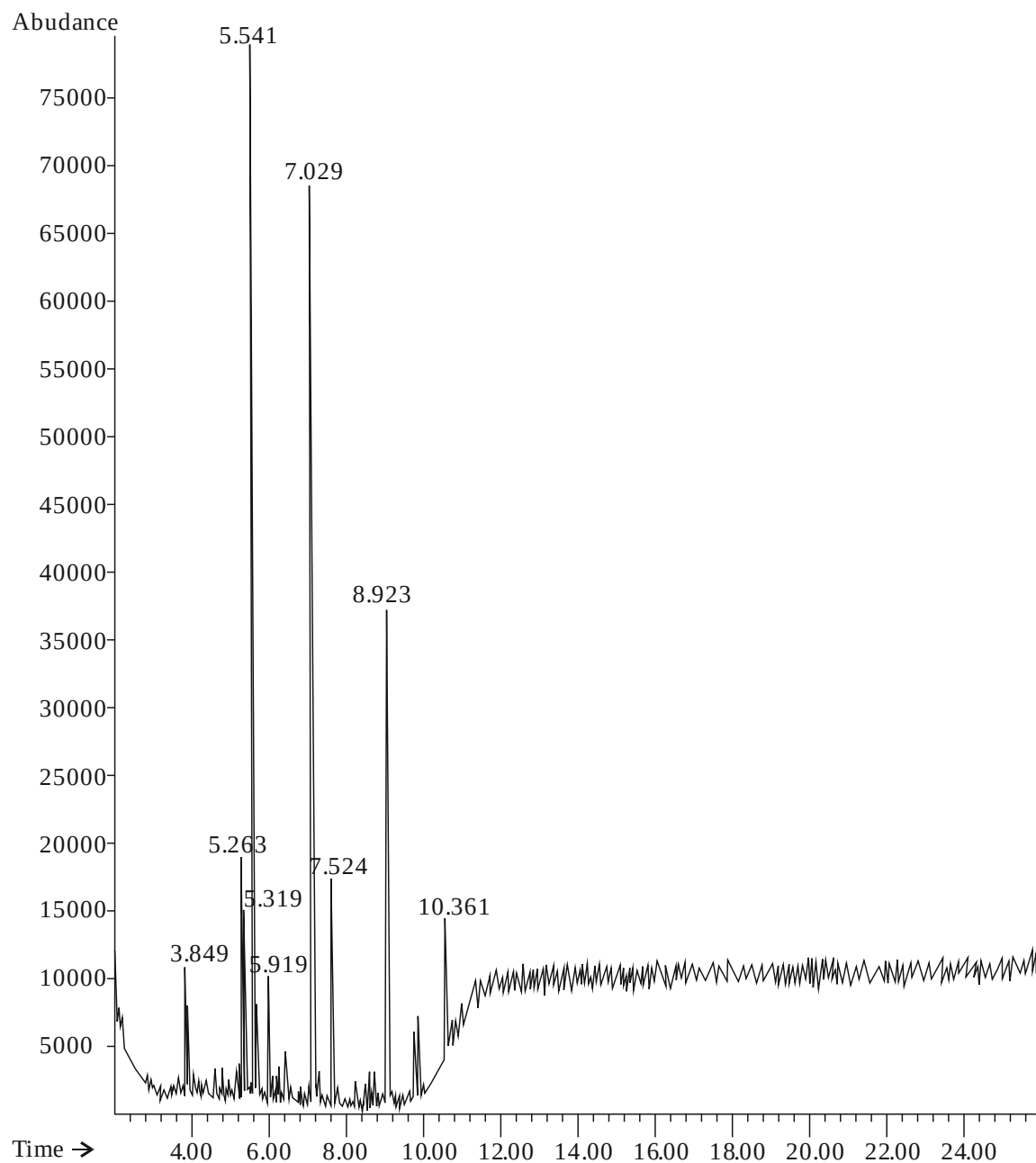
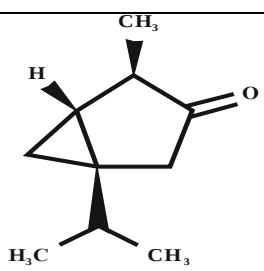
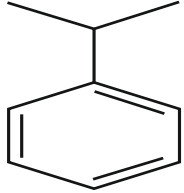
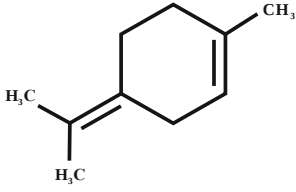
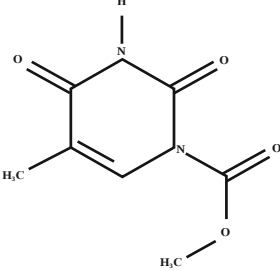
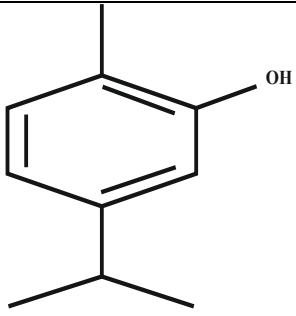
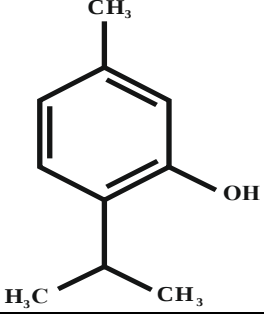
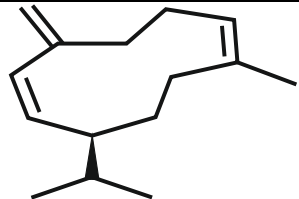
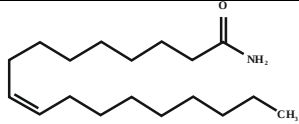
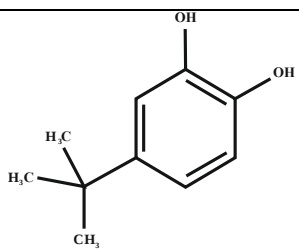
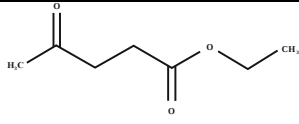
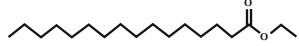


Рис. 5.7. Масс-хроматограма кислотного гідролізату

Таблиця 5.6 – Сполуки, виявлені в екстракті листків монарди методом
масс-хроматографії

№	Назва сполуки	Хімічна формула	Структурна формула	Властивості
1	Альфа-туйон	$C_{10}H_{16}O$		Ароматична речовина, з характерним запахом, що нагадує ментол. Є однією із двох стереоізомерних форм туйону.
2	о-кумол	$C_6H_5CH(CH_3)_2$		Органічна сполука ряду ароматичних вуглеводнів.
3	Альфа-терпінолін	$C_{10}H_{16}$		Ароматична речовина, що має солодкуватий хвойний аромат та антисептичну дію.
4	Метилловий ефір тиміну	$C_5H_6N_2O_2$		Входить до складу дезоксинуклеїнової кислоти (ДНК).
5	Карвакрол	$C_{10}H_{14}O$		Має бактерицидні і інсектицидні властивості: уповільнює розвиток деяких бактерій, таких як Escherichia coli або Bacillus cereus.
6	Тимол	$C_{10}H_{14}O$		Ізомер карвакролу з ароматом ментолу. Має сильні антимікробні властивості, застосовують як антисептичний засіб та в якості консерванту.

Закінчення таблиці 5.6

7	d-гермакрин	$C_{15}H_{24}$		Має антимікробні та інсектицидні властивості.
8	Амідолеїнова кислота	$C_{18}H_{35}NO$		Амід олеїнової кислоти.
9	Третбутилкатехол	$C_{10}H_{14}O_2$		Має антиоксидантні властивості.
10	Етиловий ефір левулінової кислоти	$C_7H_{13}O_3$		Ефіри левулінової кислоти використовуються в якості ароматичних агентів. Левулінова кислота є консервантом, володіє антисептичними властивостями.
11	Етилпальмітат	$C_{18}H_{36}O_2$		Етиловий ефір пальмітинової кислоти.

Кількість ідентифікованих сполук суттєво зросла після TMS дериватизації (рис. 5.8). Після TMS дериватизації встановили наявність у зразку: бета-гідроксимасляної кислоти, гліцерину, еритритолу, l-проліну, трет-бутилгідрокінону, ксилітолу, арабітолу. Виявлено значну кількість вуглеводів: арабінофуранозу, фруктозу, d-глюкозу, цукрозу, d-манітол, альфа-l-галактофуранозу, арабінозу. Знайдено фенолкарбонову кислоту (кавову), а також низку жирних кислот: пальмітинову, альфа-ліноленову, стеаринову, ейкозанову, лауринову (табл. 5.7).

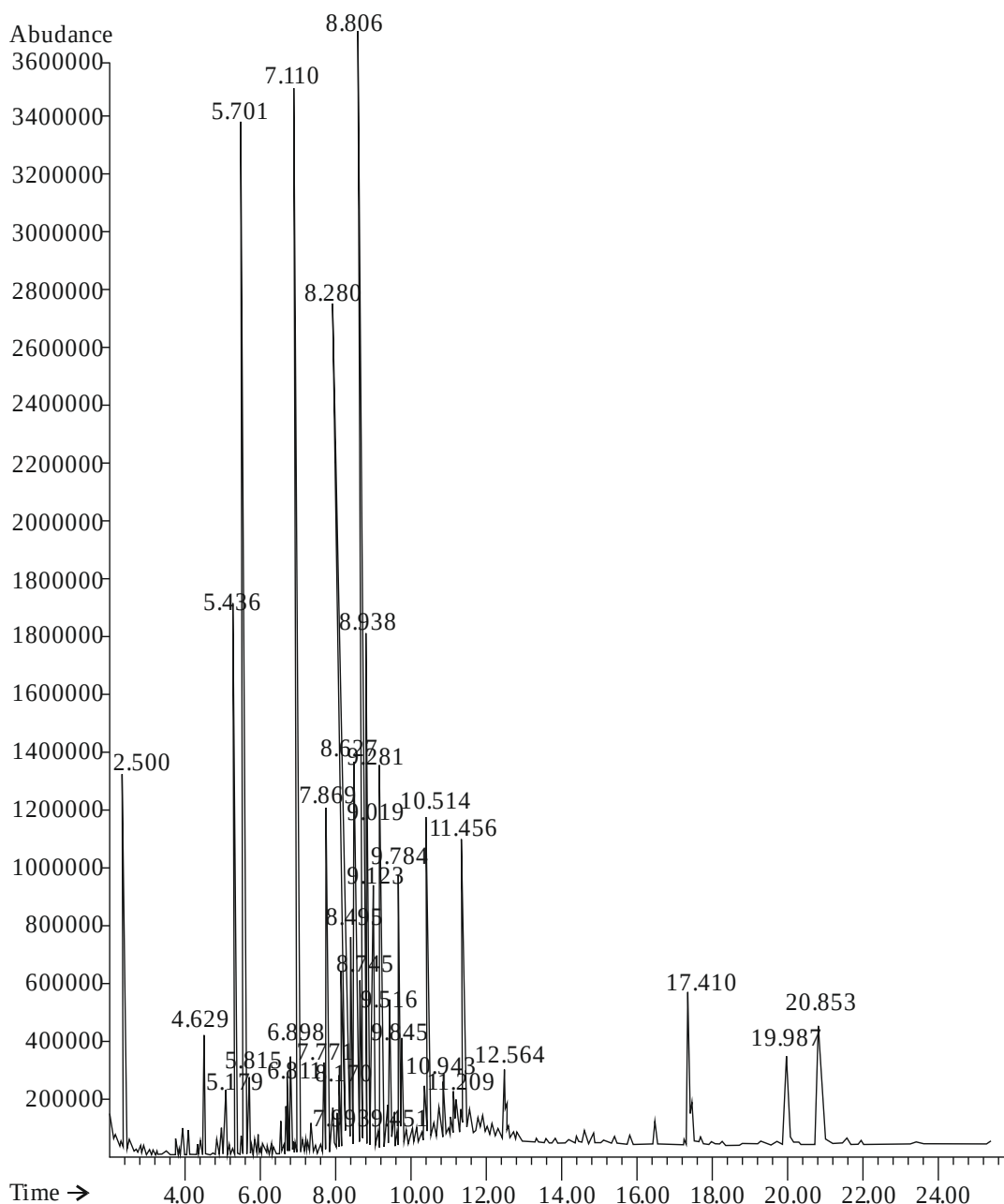


Рис. 5.8. Масс-хроматограма TMS дериватів вихідного етанольного концентрату

В складі TMS дериватів після кислотного гідролізу (рис. 5.9) ідентифіковано: бета-гідроксимасяну кислоту, метиловий ефір орнітину, тимол, трет-бутилгідроксихінон, етиловий ефір лимонної кислоти, 3-(3,4-дигідроксифеніл) лактонову кислоту, ефір катехоллактату, кавову кислоту (табл. 5.7).

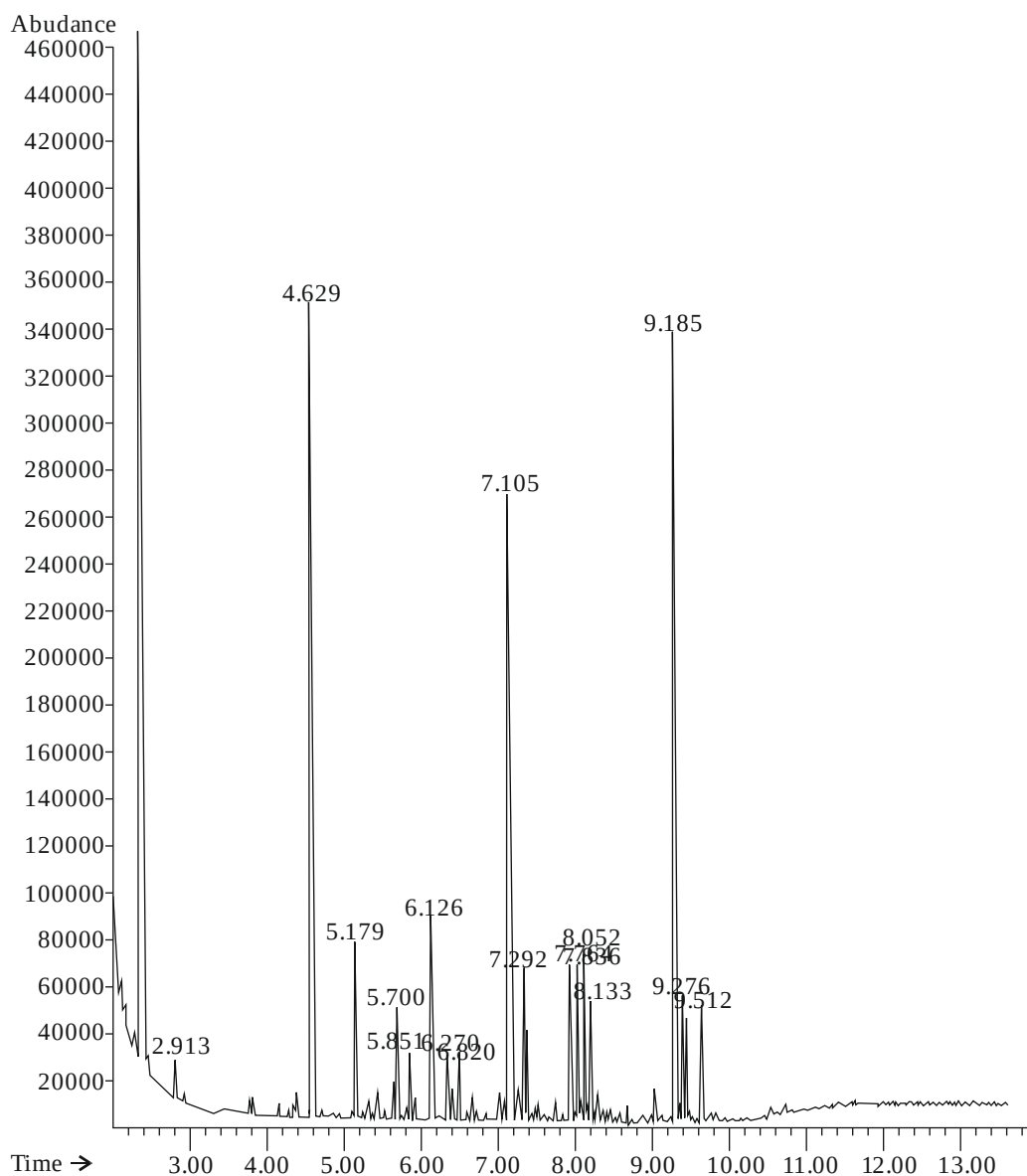
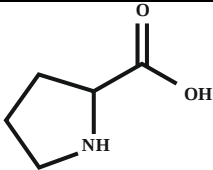
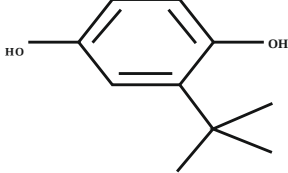
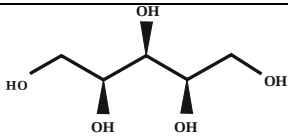
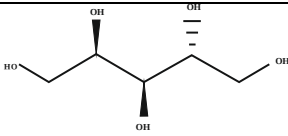
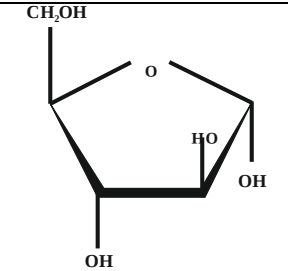
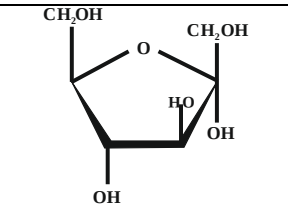
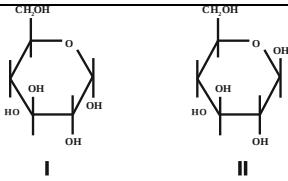
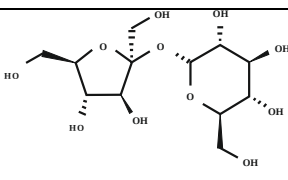
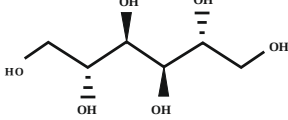


Рис. 5.9. Масс-хроматограма TMS дериватів кислотного гідролізату

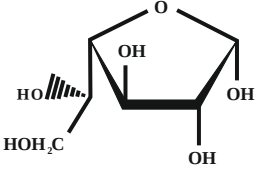
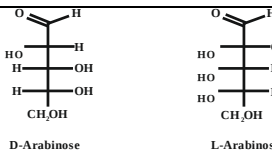
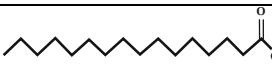
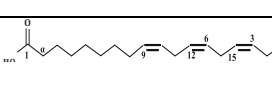
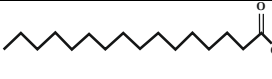
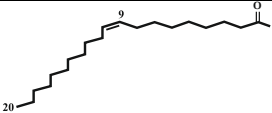
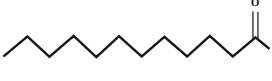
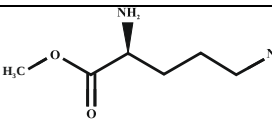
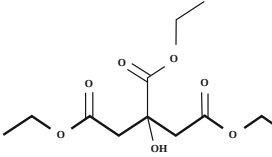
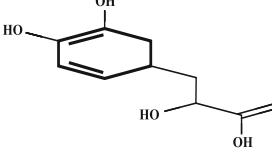
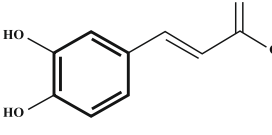
Таблиця 5.7 – Сполуки, виявлені в суміші TMS дериватів екстракту
листіків монарди методом масс-хроматографії

№	Назва сполуки	Хімічна формула	Структурна формула	Властивості
1	Бета-гідроксимасляна кислота	$C_4H_8O_3$		Одноосновна карбонова гідроксикислота.
2	Гліцерин	$C_3H_8O_3$		Триатомний спирт.
3	Еритритол	$C_4H_{10}O_4$		Цукровий спирт (або поліол).

Продовження таблиці 5.7

4	І-пролін	$C_5H_9NO_2$		Гетероциклічна амінокислота.
5	Третинний-бутилгідрокінон	$C_{10}H_{14}O_2$		Антиокислювач, належить до групи фенольних антиоксидантів. Зупиняє процес окислення на ранніх стадіях.
6	Ксилітол	$C_5H_{12}O_5$		П'ятивуглецевий цукровий спирт, використовується як підсолоджувач.
7	Арабітол	$C_5H_{12}O_5$		Цукровий спирт.
8	Арабінофураноза	$C_5H_{10}O_5$		Циклічна фуранова форма арабінози.
9	Фруктоза	$C_6H_{12}O_6$		Вуглевод із групи моносахаридів, шестиатомний кетоспирт.
10	d-глюкоза	$C_6H_{12}O_6$		Моносахарид солодкого смаку, що відноситься до групи альдогексоз.
11	Цукроза	$C_{12}H_{22}O_{11}$		Дисахарид. Складається із залишків молекул глюкози і фруктози.
12	d-манітол	$C_6H_8(OH)_6$		Шестиатомний спирт (стереоізомер сорбітолу).

Закінчення таблиці 5.7

13	Альфа-І-галактофураноза	$C_6H_{12}O_6$		Один з простих цукрів.
14	Арабіноза	$C_5H_{10}O_5$		Моносахарид з групи пентоз, що відноситься до альдоз.
15	Пальмітинова кислота	$C_{16}H_{32}O_2$		Органічна сполука, що належить до ряду жирних кислот.
16	Альфа-ліноленова кислота	$C_{18}H_{30}O_2$		Одноосновна карбонова кислота. Відноситься до незамінних жирних кислот.
17	Стеаринова кислота	$C_{18}H_{36}O_2$		Одноосновна карбонова кислота аліфатичного ряду.
18	11-ейкозанова кислота (гондоєва кислота)	$C_{19}H_{37}COOH$		Мононенасичена жирна кислота омега-9.
19	Лауринова кислота	$C_{11}H_{23}COOH$		Одноосновна насичена карбонова кислота. Застосовується як антисептична добавка.
20	Метилловий ефір орнітину	$C_5H_{12}N_2O_2$		Орнітин – амінокислота, відіграє важливу роль в біосинтезі сечовини.
21	Етиловий ефір лимонної кислоти	$C_{12}H_{20}O_7$		Використовується як харчова добавка (E1505) для стабілізації піни.
22	(3,4-дигідроксифеніл) лактонова кислота	$C_9H_{10}O_5$		Природний метаболіт катехоламіну.
23	Кавова кислота	$C_9H_8O_4$		Ароматична сполука. Має антиоксидантну, протизапальну та імуномодилуючу дію.

За результатами досліджень хімічного складу біологічних компонентів, які містяться у листках МД (*Monarda didyma*) методами ультрашвидкісної високоефективної рідинної хроматографії, спектроскопії, газової хроматографії з мас-селективним детектуванням ідентифіковані фенольні сполуки, проаналізований їх хімічний склад. Доведено високий антиоксидантний потенціал сировини, завдяки наявності фенолкарбонових кислот, зокрема кавової, флавоноїдів, третбутилкатехолу, бутілгідрокінону та її потенційні бактерицидні властивості завдяки вмісту тимолу, карвакролу, d-гермакрину, альфа-терпіноліну.

Після мас-спектрометричного аналізу встановлено склад ароматичних речовин та інших складових МД: альфа-туйон – ароматична речовина, з характерним запахом, що нагадує ментол; вініламілкарбінол – ароматична речовина з характерним запахом грибів; о-кумол – органічна сполука ряду ароматичних вуглеводнів; карвакрол – ароматична органічна сполука, відноситься до класу монотерпенідів фенолу з характерним ароматом орегано, має високі бактерицидні та антиоксидантні властивості; тимол – ізомер карвакролу з ароматом ментолу, має високі бактерицидні та антиоксидантні властивості; d-гермакрин – це клас летких органічних вуглеводнів, а саме сесквітерпенів, має антимікробні та інсектицидні властивості; третбутилкатехол – органічна сполука, яка є похідною катехолу, має антиоксидантні властивості.

Проведені дослідження показали, що МД є перспективною сировиною для кондитерської галузі, яка може застосовуватись у якості антиоксиданту, консерванту та ароматичної речовини природного походження при розробці нового асортименту БКВ, зокрема крекерів з підвищеним терміном зберігання.

5.3. Визначення вмісту біологічно-активних речовин у листках пажитника сінного

З літературних джерел відомо, що ПС містить багато антисептичних, антиоксидантних і протизапальних сполук, таких як апігенін, геністеїн, кемпферол, кверцетин, рутин, селен. Він також містить алкалоїди, такі як тригонеллін, кетони, альдегіди, з'єднання йоду. Додатково в складі листків

містяться амінокислоти та полісахариди [173–176]. Аналізуючи літературні дані можна зробити висновок, що ПС є перспективною сировиною для подальших його досліджень, в якості нетрадиційного пряно-ароматичного інгредієнту для створення нового асортименту у виробництві крекерів з пікантним смаком.

Об'єктом досліджень були листки ПС (*Trigonella foenum-graecum*), зразки отримували у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України.

Аналізуючи електронні спектри сполук (рис. 5.10^{a,b}) видно, що в зразку присутні фенолкарбонові кислоти (час утримання 4.52, 5.59, 6,46 хв, флавоноїдні сполуки (катехіни) – 5,24, 5,45 хв, а спектр поглинання сполук, який виходить на 6,29 хв можна віднести до алкалоїду тригонеліну. Даний аналіз дав можливість ідентифікувати 8 сполук. Визначено кількісне співвідношення між цими сполуками (табл. 5.8, табл. 5.9).

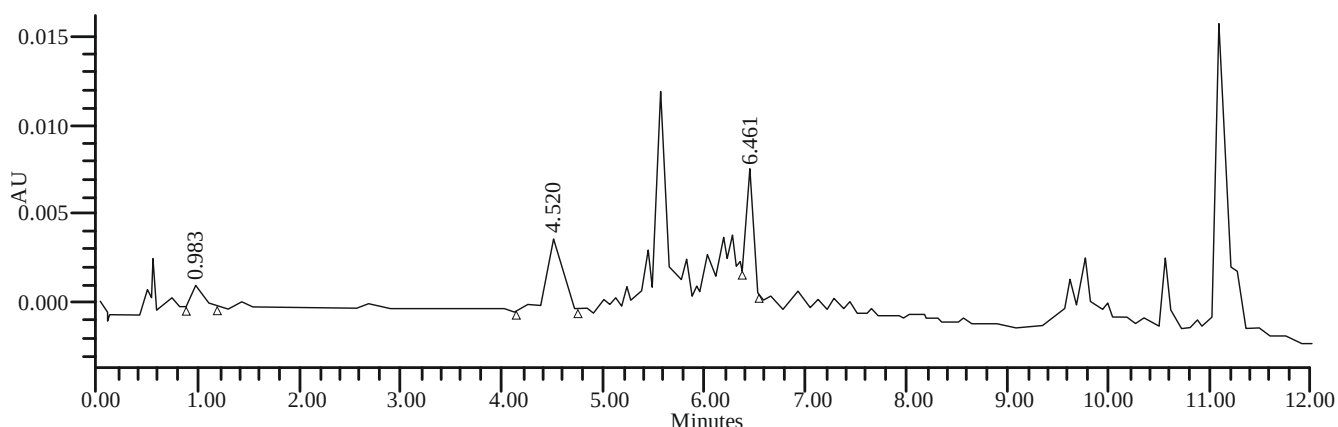


Рис. 5.10^a. Хроматограма вихідного етанольного концентрату (PDA 325.0 nm)

Таблиця 5.8 – Кількісне співвідношення сполук (PDA 325.0 nm)

№	Тривалість утримання, хв	Масова частка від суми, %
1	0,983	7,65
2	4,520	54,87
3	6,461	37,48

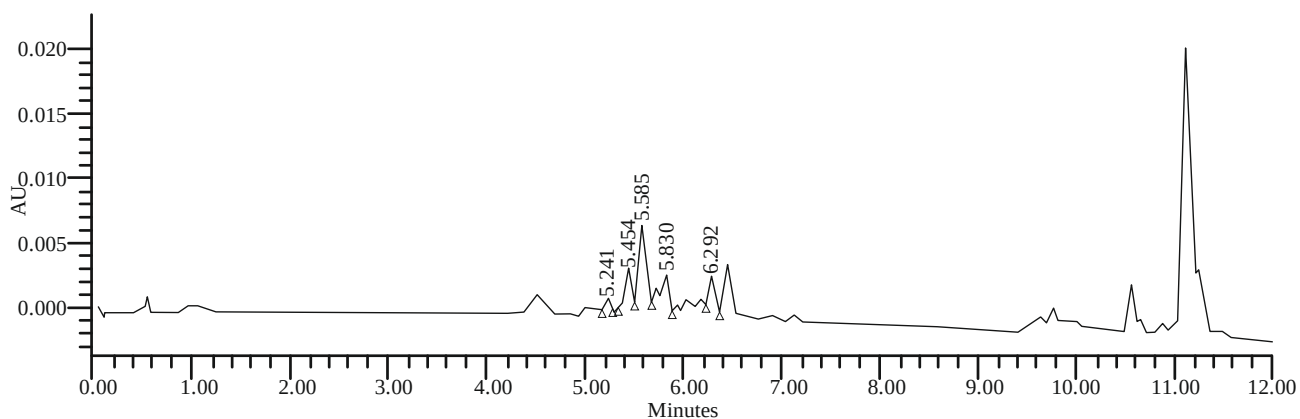


Рис. 5.10^б Хроматограма вихідного етанольного концентрату (PDA 350.0 nm)

Таблиця 5.9 – Кількісне співвідношення сполук (PDA 350.0 nm)

№	Тривалість утримання, хв	Масова частка від суми, %
1	5,241	4,75
2	5,454	17,25
3	5,585	46,98
4	5,830	18,04
5	6,292	12,99

Після проведення кислотного гідролізу наважки сировини, зникли флавоноїдні сполуки (катехіни), які під дією кислоти піддалися деструкції. Відсутність у зразку після гідролізу алкалоїду тригонеліну обумовлено тим, що він не виділювався етилацетатом. Однак, з'явилася низка нових сполук, електронні спектри яких схожі на спектри фенолкарбонових кислот (рис. 5.11). Визначено кількісне співвідношення компонентів гідролізату (табл. 5.10).

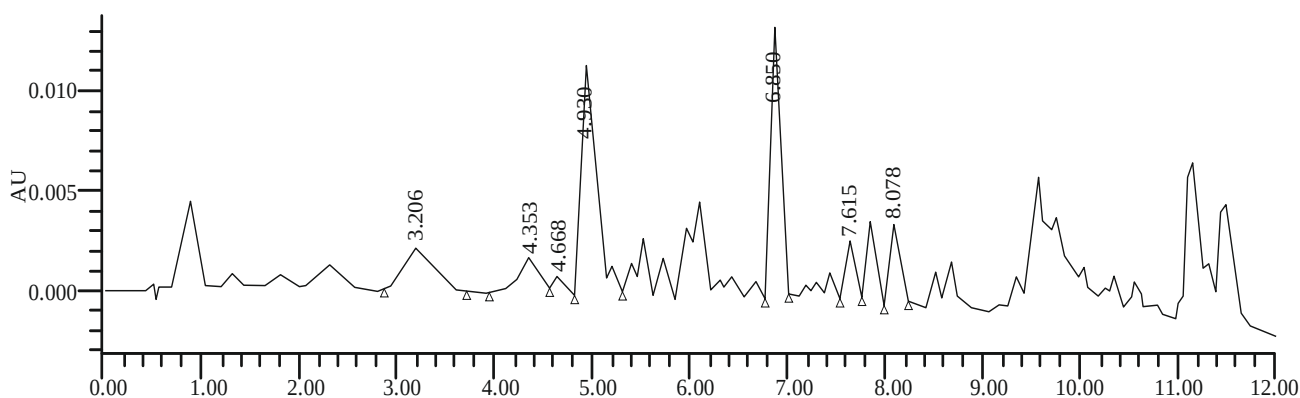


Рис. 5.11. Хроматограма кислотного гідролізату (PDA 350)

Таблиця 5.10 – Масова частка компонентів гідролізату (PDA 350.0 nm)

№	Тривалість утримання, хв	Масова частка від суми, %
1	3,206	14,84
2	4,353	6,65
3	4,668	1,30
4	4,930	36,90
5	6,859	25,02
6	7,615	5,66
7	8,078	9,63

Аналіз електронного спектра поглинання вихідного зразка (рис. 5.12) показує присутність сполук: фенолкабронові кислоти (поглинання при 326 нм), сполук ароматичного характеру (поглинання в інтервалі 350-600 нм), хлорофілів (667 нм).

Гіпсохромне (зміщення в ультрафіолетову область) зміщення максимумів при збільшенні рН розчину (рис. 5.12 крива 2), вказує на руйнування внутрішньомолекулярного водневого зв'язку при збільшенні рН розчину.

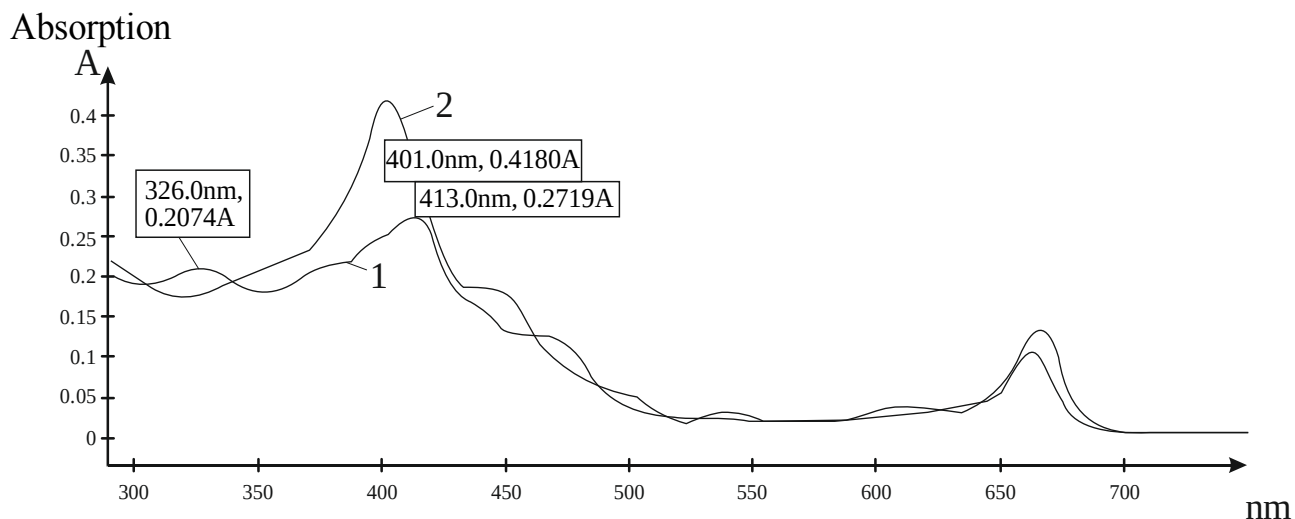


Рис. 5.12. Спектри поглинання вихідного етанольного концентрату
(1-рН = 6,5; 2-рН = 11,8)

Електронні спектри зразка після кислотного гідролізу, по характеру, аналогічні вихідному (рис. 5.13). При цьому абсолютна інтенсивність не змінюється після кислотного гідролізу (беручи до уваги масу наважки зразків і кінцеві об'єкти розведення).

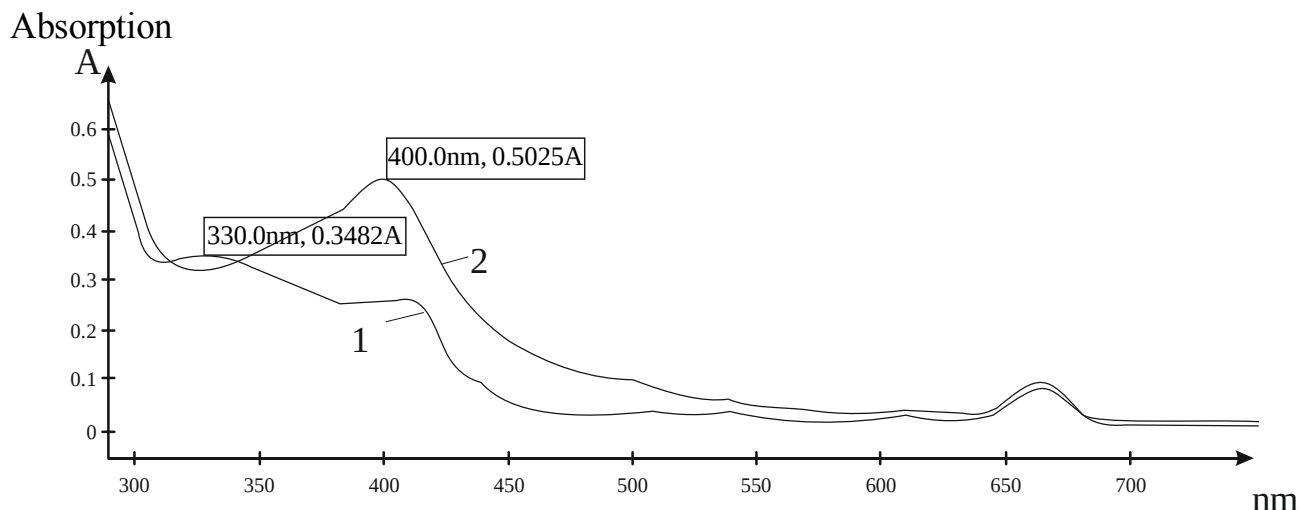


Рис. 5.13. Спектри поглинання кислотного гідролізату (1-pH = 6,5; 2-pH = 11,8)

За результатами електронних спектрів встановили наявність великої кількості біологічно активних сполук, а саме присутність фенолкарбонових кислот, флавоноїдних сполук (катехінів) та сполук ароматичного характеру, хлорофілів та алкалоїду тригонеліну.

Представлені на рис. 5.14 масс-хроматограма повного іонного струму вихідного зразка та результати бібліотечного пошуку.

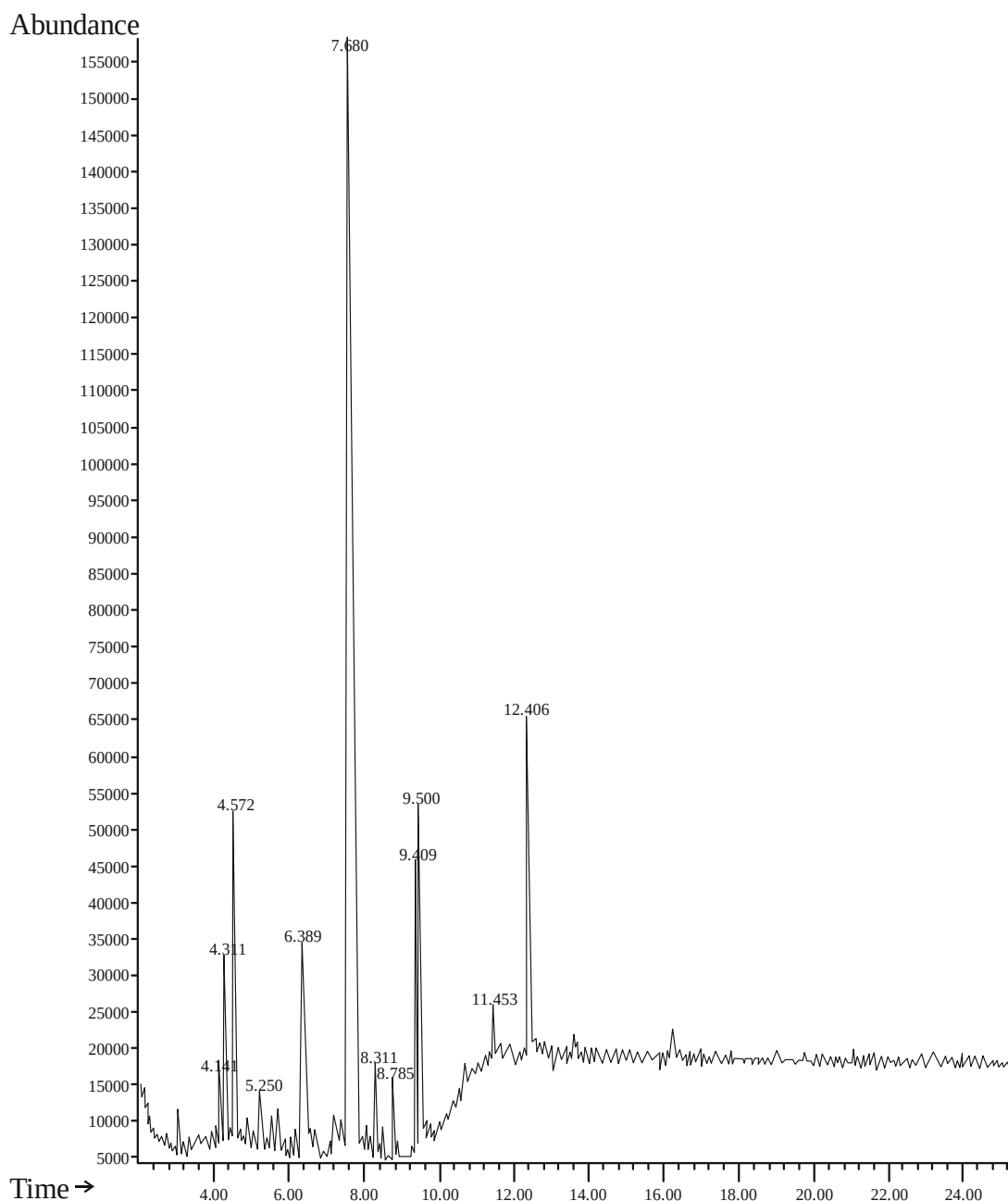


Рис. 5.14. Масс-хроматограма вихідного етанольного концентрату

Результати масс-хроматограми вихідного зразка дозволили ідентифікувати: гексадецен, ліноленову кислоту, ейкосанол.

Аналізуючи результати представлені на рис. 5.15 та порівнюючи їх з результатами вихідного зразка (рис. 5.14) видно, що після кислотного гідролізу вже з'явилася низка сполук з високими коефіцієнтами вірогідності: етиловий ефір левулінової кислоти, етилпальмінат, етиллїнолат.

Масс-спектрометричний аналіз кислотного гідролізату рис. 5.15 показав наявність ефірів жирних кислот, які вірогідно входять до складу ефірної олії

пажитника, а саме: етиловий ефір левулінової кислоти, етиловий ефір лимонної кислоти, 1,2,3-пропантрикарбовону кислоту, етиловий ефір пальмітинової кислоти, етиловий ефір ліноленової кислоти, бета-гідроксимасляну кислоту, лимонну кислоту.

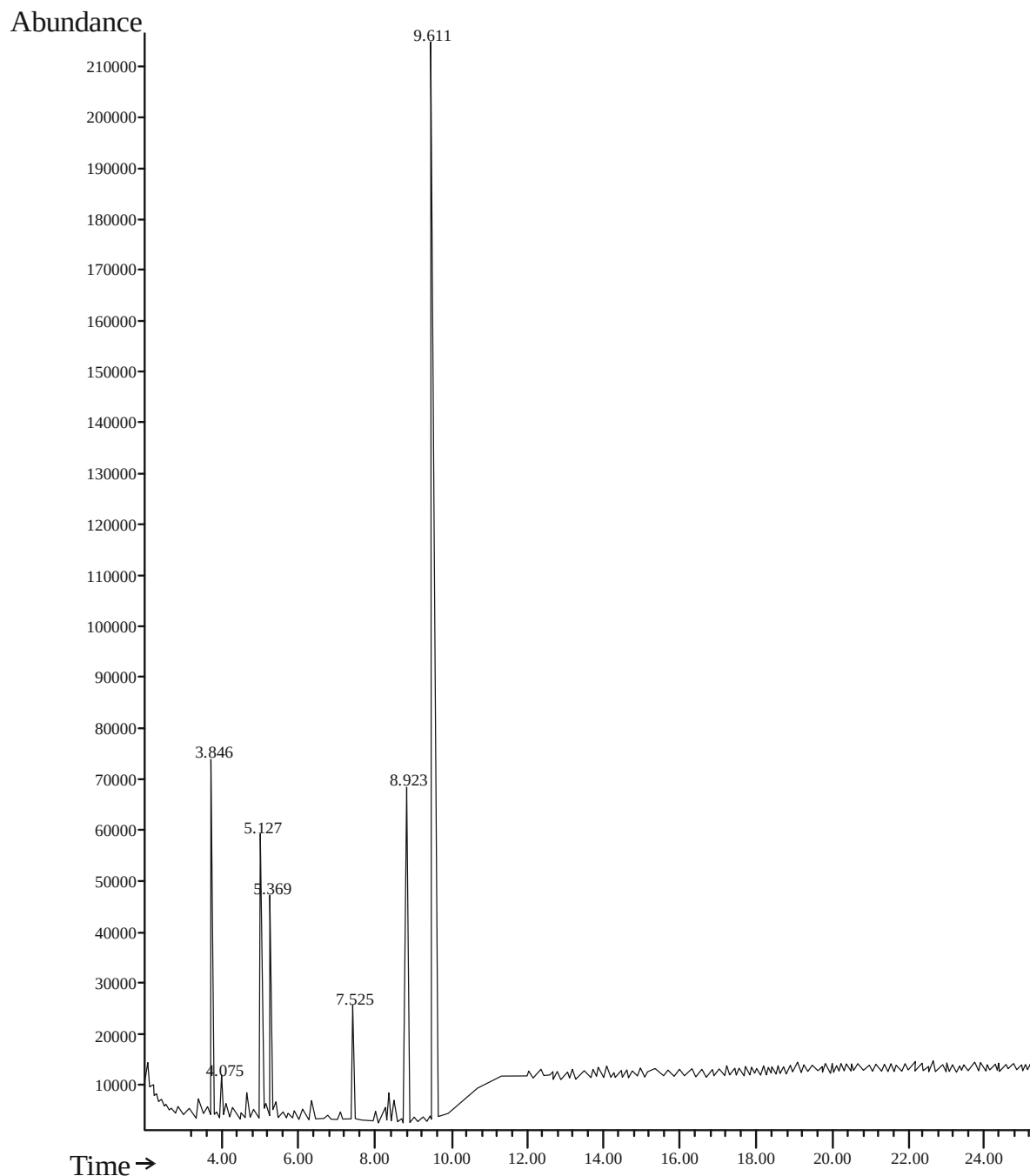


Рис. 5.15. Масс-хроматограма кислотного гідролізату

Представлена на рис. 5.16 хроматограма загального іонного струму TMS дериватів вихідного зразка та бібліотечний пошук показав наявність у

досліджуваних зразках низки нових сполук: амінокислоти – L-аланін, L-валін, L-пролін, L-треонін; низки вуглеводів – лактоза, бета-dl-арабінопіраноза, цукроза, рафіноза.

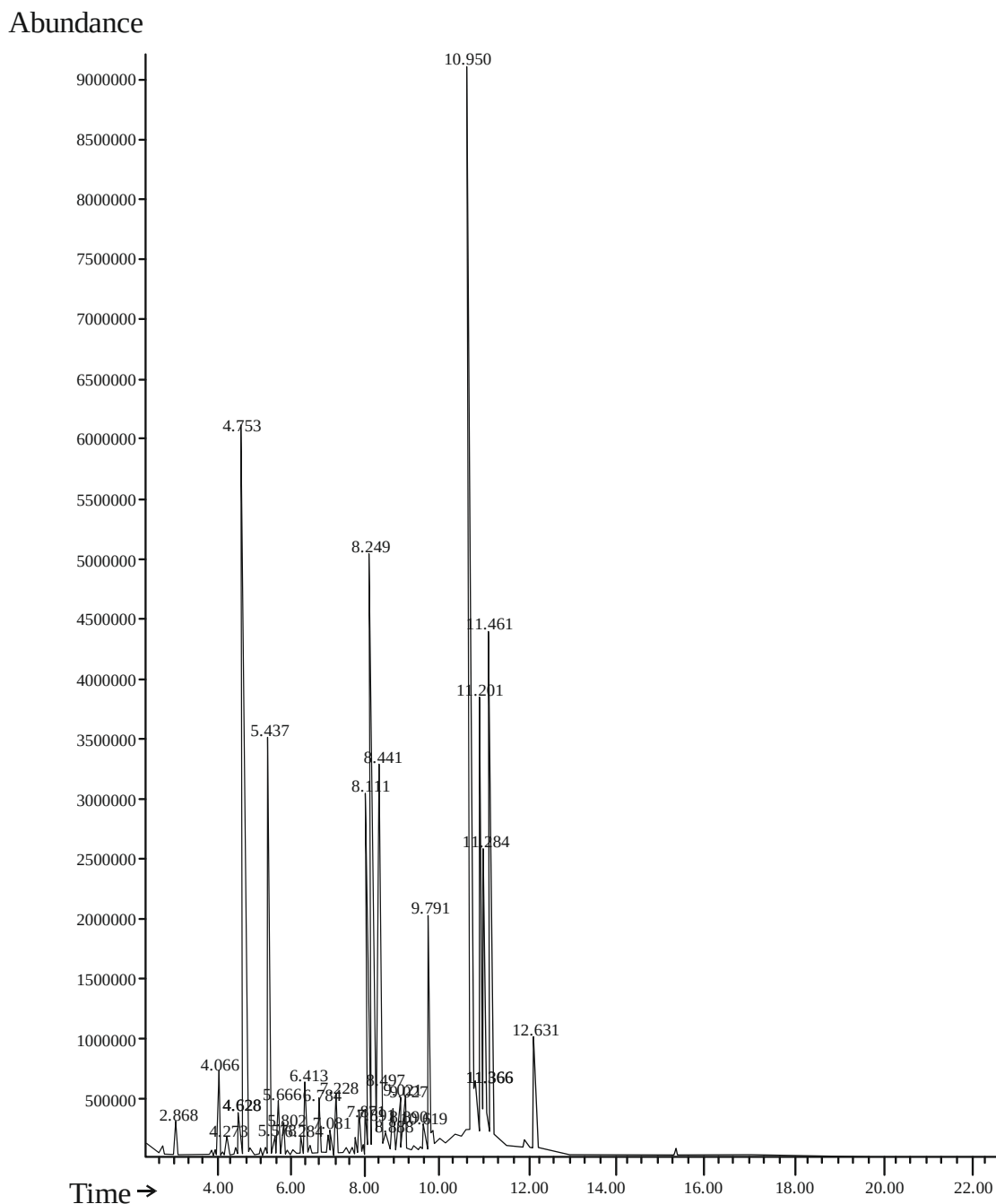


Рис. 5.16. Масс-хроматограма TMS дериватів вихідного етанольного концентрату

Ідентифіковані також: оксооцтова кислота, сукцинова кислота, 2,3-діоксипропанова кислота, 2,3,4 – тригідроксимасляна кислота, пальмітинова кислота, альфа-ліноленова кислота, а також гліцерин, ксилітол.

Для більш точної ідентифікації було проведено отримання TMS деривата, що утворюється після кислотного гідролізу.

Представлені на рис. 5.17 результати мас-хроматограми TMS дериватів зразка після кислотного гідролізу показує наявність бета-гідроксимасляної кислоти, бета-аміноізомасляної кислоти, гідроксибутандикарбонової кислоти, лимонної кислоти, етилового ефіру етилпальмітинової кислоти, етилового ефіру лінолевої кислоти.

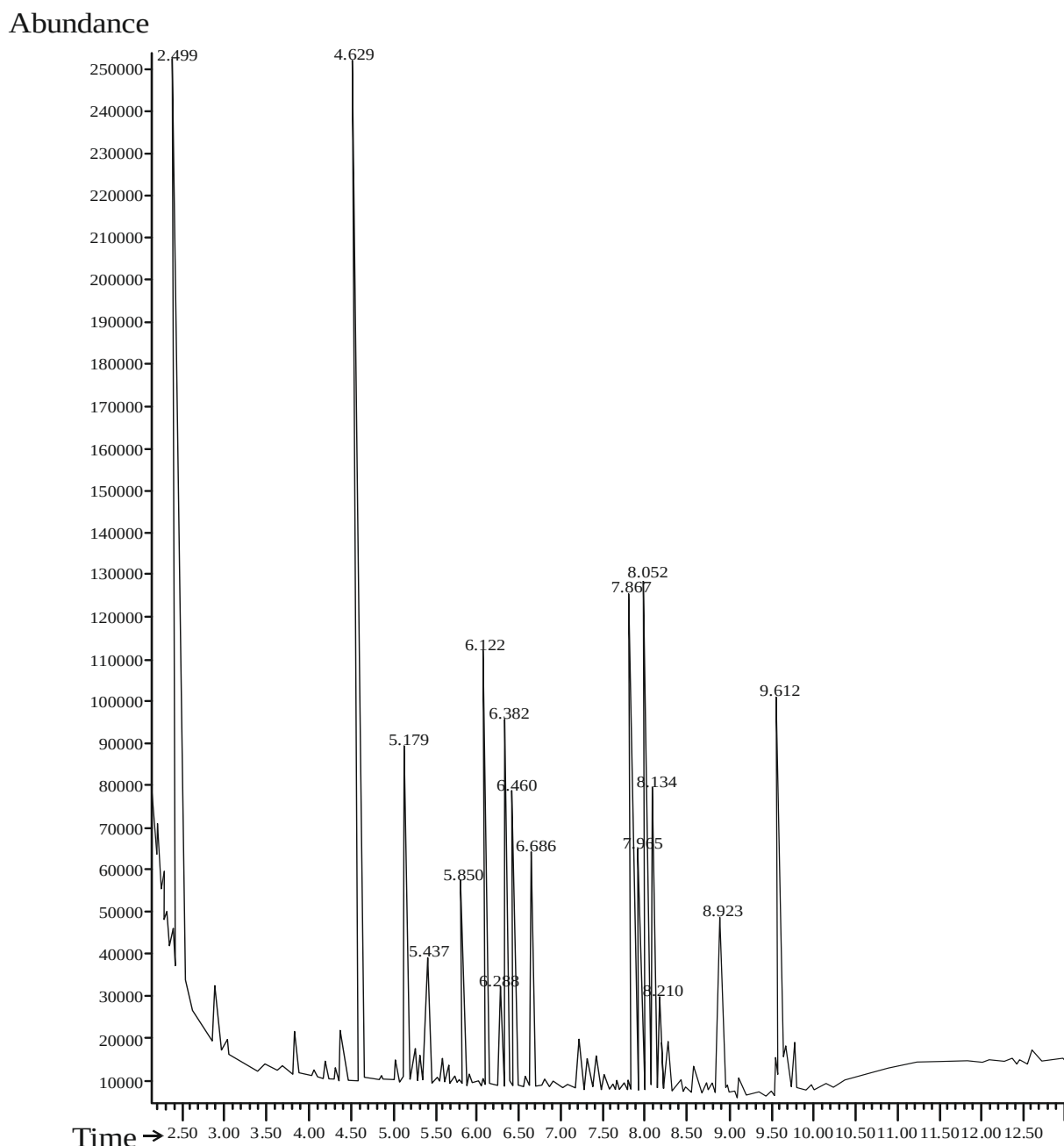


Рис. 5.17. Масс-хроматограма TMS дериватів кислотного гідролізату

Інтенсивний (2,499 хв) пік обумовлений взаємодією продукту деструкції реагенту (метиламіна) з реагентом.

Проведені дослідження методами ультрашвидкісної високоефективної рідинної хроматографії, електронної спектроскопії, газової хроматографії з масс-селективним детектуванням показали наявність у листках ПС фенолкарбонових кислот, флавоноїдних сполук, алкалоїду тригонеліна, які мають високий антиоксидантний потенціал; ідентифіковано склад ефірних олій, цукрів, амінокислот та ароматичних речовин (табл. 5.11).

Таблиця 5.11 – Ідентифіковані компоненти *Trigonella foenum-graecum*

Класи сполук	Компоненти
Антиоксиданти	Фенолкарбонові кислоти, флавоноїдні сполуки (катехіни), хлорофіл
Ароматичні сполуки, антисептичні	Алкалоїд тригонелін (метилбетаїннікотинава кислота)
Вуглеводи	Луксоза, бета-dl-арабінопіраноза, цукроза, рафіноза
Спирти	Гліцерин, ксилітол
Амінокислоти	L-аланін, L-валін, L-пролін, L-треонін
Органічні кислоти	Етиловий ефір левулінової кислоти, етиловий ефір лимонної кислоти, альфа-ліноленова кислота, 1,2,3-пропантрикарбонова кислота, етиловий ефір пальмітинової кислоти (етилпальмінат), бета-гідроксимасляна кислота, бета-аміноізомасляна кислота, гідроксибутандикарбонова кислота, оксооцтова кислота, сукцинова кислота, 2,3-діоксипропанова кислота, 2,3,4 – тригідроксимасляна кислота

Проведений комплексний аналіз якісного компонентного складу ПС ідентифікував велику кількість біологічно активних сполук. Можна припустити, що використання листків ПС може уповільнити процеси окислення жирів, за рахунок антиоксидантних сполук, тим самим подовжити термін зберігання виробів та надати природного оригінального пряного смаку та аромату готовій продукції.

5.4. Дослідження впливу пряно-ароматичної сировини на органолептичні властивості крекеру і зміни пероксидного й кислотного чисел жирового прошарку в процесі зберігання

При створенні технології крекерів з пікантним смаком ПАС додавали у два жирових компонента рецептури: в жир для жирового прошарку на стадії прокатки між шарами тіста та у рослинну олію на стадії обробки після термообробки зовнішньої поверхні крекерів (рис. 5.18). Для визначення оптимальної кількості ПАС порошки з сухих листків МД та ПС вносили у жировий прошарок при приготуванні тіста в кількості від 0,5 до 5 % до маси жиру (табл. 5.12, 5.13).

Найкращі результати за органолептичними показниками отримали при внесенні порошків з листків монарди у кількості 3,0 % до маси жиру. Збільшення концентрації монарди до 5,0 % до маси жиру погіршує смак та колір виробу.

Рациональна кількість пажитника становить 2,0 % до маси жиру. За рахунок хлорофілу збільшення концентрації до 5,0 % ПС призводить до погіршення кольору виробу, а також відчувається гіркий присмак.



Рис. 5.18. Принципово-технологічна схема приготування крекерів

Таблиця 5.12 – Органолептична характеристика крекерів з додаванням листків МД

[illegible]

Таблиця 5.13 – Органолептична характеристика крекерів з додаванням листків ПС

Назва показників	Одиниці виміру	Значення показників якості									
		Крекер з додаванням листків пажитника, %									
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5
Органолептичні показники якості виробу											
Смак	Бал	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,0	2,0
Аромат	Бал	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Колір	Бал	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	4,5	4,0	3,5	2,5	2,5
Форма. Стан поверхні	Бал	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0
Структура після зберігання, в т. ч. у розломі	Бал	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Для прогнозування збільшення терміну зберігання виробів були проведені дослідження зміни пероксидного та кислотного чисел кондитерського жиру (маргарину) для жирового прошарку, які наведені в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Зміни пероксидного та кислотного чисел маргарину при зберігання із застосуванням листків МД та ПС

Зразок	Термін зберігання, міс.	Функціональні числа	
		Пероксидне число, ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг	Кислотне число, мг КОН/г
Маргарин (контрольний зразок)	0	3,5	0,52
	4	6,75	1,10
	8	8,9	1,35
	12	12,35	1,91
Маргарин з подрібненим листям МД (3 % до маси маргарину)	0	3,5	0,52
	4	4,50	0,63
	8	5,95	0,81
	12	7,50	1,15
Маргарин з подрібненим листям ПС (2 % до маси маргарину)	0	3,5	0,52
	4	5,33	0,81
	8	6,91	1,12
	12	8,32	1,30

За період зберігання пероксидне число у зразку з монардою було менше за контроль у 1,6 та з пажитником у 1,4 рази відповідно. Запропоновані варіанти добавок сповільнювали перебіг окислювальних процесів, що дозволило сповільнити накопичення вільних жирних кислот у 1,7 та 1,5 рази, порівняно з контролем.

5.5. Визначення умов приготування масляних екстрактів з додаванням листків пажитника сінного та монарди двійчастої та дослідження зміни пероксидного й кислотного чисел масляних екстрактів в процесі їх зберігання

Крекери після термообробки обробляються рослинною олією, але недоліком є прогіркання рослинної олії у процесі зберігання виробів. Тому завданням досліджень було визначення умов приготування МЕ на основі листків пажитника і монарди та зміни пероксидного та кислотного чисел МЕ у процесі їх зберігання.

На основі досліджень хімічного складу фенольних сполук, які містяться у листках МД та ПС встановлена висока антиоксидантна активність сировини. Нами була розроблена технологія приготування МЕ на основі ПАС для оброблення крекерів після термообробки.

Приклад здійснення наведений у табл. 5.15. Згідно технології, для отримання МЕ проводять екстрагування сухої надземної фітомаси МД або ПС у кількості 2-6 % до маси рафінованої та дезодорованої рослинної олії протягом 48-72 годин, при температурі 40-60 °С, після чого відділяють МЕ від фітомаси.

Додавання сухої надземної фітомаси МД або ПС менше ніж 2 % до маси рослинної олії не дає змоги отримати МЕ з пряно-ароматичним смаком та ароматом. Додавання сухої надземної фітомаси МД або ПС більше ніж 6 % до маси рослинної олії погіршує органолептичні показники.

Тривалість екстрагування менше 42 годин не дозволяє отримати достатній пряний аромат екстракту. Тривалість екстрагування більше 72 годин, не є доцільною, оскільки аромат не змінюється.

При температурі екстрагування нижче 40 °С біологічно активні речовини не повністю переходять у екстракт. При температурі більше 60 °С більшість органічних речовин руйнується.

Таблиця 5.15 – Технологія приготування масляних екстрактів

№ прикладу	Суша надземна фітомаса МД або ПС, %	Тривалість екстракції, год	Температура екстракції, °С	Характеристика органолептичних показників масляних екстрактів
1	0,5	36	30	Відсутній пряно-ароматичний смак та аромат МЕ.
2	2	48	60	Присутній приємний пряно- ароматичний смак та аромат, колір масляних екстрактів має легкий зеленуватий відтінок.
3	4	60	50	
4	6	72	40	
5	7,5	84	70	Дуже виражений пряно- ароматичний смак, погіршуються органолептичні показники.

При збільшенні концентрації надземної фітомаси МД або ПС більше ніж 6 % за температури не більше 60 °С можна робити концентрований масляний екстракт, який можна розводити до раціональної концентрації і використовувати для обробки поверхні крекерів після їх термообробки, щоб отримати збалансований смак та аромат.

Для прогнозування збільшення терміну зберігання виробів з додаванням ПАС були проведені дослідження по визначенню зміни пероксидного та кислотного чисел під час зберігання МЕ протягом 12 місяців, результати яких наведені у табл. 5.16.

Таблиця 5.16 – Зміни пероксидного та кислотного чисел масляних екстрактів при зберіганні із застосуванням пряно-ароматичної сировини

Зразок	Термін зберігання, міс.	Функціональні числа	
		Пероксидне число, $\frac{1}{2}$ O моль/кг	Кислотне число, мг КОН/г
Олія соняшникова (контрольний зразок)	0	2,0	0,31
	4	4,51	0,71
	8	7,52	1,25
	12	11,8	1,63
Масляний екстракт на основі листків МД (4 % до маси олії)	0	2,00	0,31
	4	3,50	0,58
	8	4,65	0,63
	12	5,75	0,76
Масляний екстракт на основі листків ПС (4 % до маси олії)	0	2,00	0,31
	4	3,75	0,66
	8	5,22	0,73
	12	7,25	0,93

За період зберігання МЕ пероксидне число у зразку з монардою було менше за контроль у 2 та з пажитником у 1,7 рази відповідно. Запропоновані варіанти приготування МЕ сповільнюють процес окислення. Показник кислотного числа МЕ з монардою зменшується у 2,1 та з пажитником 1,8 рази, порівняно з контролем. За результатами встановлено, що такі екстракти можна використовувати для оброблення крекерів після їх термообробки для надання привабливого аромату та пряно-ароматичного смаку, а також для подовження терміну зберігання.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Науково обґрунтовано доцільність використання пряно-ароматичної сировини надземної фітомаси монарди двійчастої та пажитника сінного у створенні технології крекерів з пікантним смаком, підвищеною харчовою цінністю, подовженим терміном зберігання.

2. Досліджено хімічний склад порошків з листків монарди двійчастої та пажитника сінного, доведено що листки МД та ПС містять цукри (6,9–8,9 %), вітамін С (137,0–59,9 мг/100 г), каротин (1,24–1,85 мг/100 г), дубильні речовини (2,3–2,5 %), ефірні олії (2,5–0,7 %). За допомогою ренгенфлюоресцентного аналізу визначено, що листки монарди містять: К, Са, S, Cl, Fe, Sr, Zn, Cu, Mn, Rb, Ni, Br. Кількість калію досягає 9890 мкг/г, кальцію – 6200 мкг/г; листки пажитника містять: К, Cl, Са, S, Br, Fe, Sr, Zn, Mn, Co, Cu, Pb, Rb, Cr, Se, Zr. Кількість калію – 7421,57 мкг/г, кальцію – 3170 мкг/г.

3. Комплексом методів рідинної хроматографії, спектроскопії та газової хроматографії визначено ідентифікаційний склад листків монарди двійчастої та пажитника сінного. Доведено високий антиоксидантний потенціал монарди, завдяки наявності фенолкарбонових кислот, зокрема кавової, флавоноїдів, третбутилкатехолу, бутилгідрокінону та її потенційні бактерицидні властивості завдяки вмісту тимолу, карвакролу, d-гермакрину, альфа-терпіноліну. Вміст флавоноїдних сполук листків монарди двійчастої становить 0,65 мг/г або 65 мг% (в перерахунку на рутин). Визначено наявність у листках ПС фенолкарбонових кислот, флавоноїдних сполук, алкалоїду тригонеліна, які мають високий антиоксидантний потенціал; ідентифіковано склад ефірних олій, цукрів, амінокислот та ароматичних речовин

4. Встановлено, що за органолептичними показниками крекерів з пікантним смаком раціональна кількість порошку з листків монарди двійчастої становить 3,0 %, пажитника сінного 2,0 % до маси жирового прошарку під час шарування крекерного тіста.

5. Для прогнозування подовження терміну придатності виробів, було визначено зміни пероксидного та кислотного чисел кондитерського жиру для жирового прошарку. Встановлено, що за період зберігання пероксидне число у зразку з монардою було менше за контроль у 1,6 та з пажитником у 1,4 рази відповідно. Накопичення вільних жирних кислот у зразку з монардою менше у 1,7 та з пажитником 1,5 рази порівняно з контролем.

6. Розроблена технологія приготування масляних екстрактів на основі

листіків монарди двійчастої та пажитника сінного. За період зберігання масляних екстрактів пероксидне число у зразку з монардою було менше за контроль у 2 та з пажитником у 1,7 рази відповідно. Показник кислотного числа масляного екстракту з монардою зменшується у 2,1 та з пажитником 1,8 рази, порівняно з контролем.

7. Використання пряно-ароматичної сировини дозволить уповільнити процеси окислення жирів, подовжити термін зберігання крекерів та отримати вироби з покращеними органолептичними показниками.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ РОЗДІЛУ

1. Дзигар О. О., Оболкіна В. І., Кияниця С. Г., Букшина Л. С. Застосування пряно-ароматичних фітодобавок при створенні нового асортименту виробів з листкового тіста. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. №7. С. 20.
2. Оболкіна В. І., Носенко Т. Т., Дзигар О. О., Рахметов Д. Б. Вивчення вмісту біологічно активних сполук у листі монарди двійчастої з метою використання пряно-ароматичної фітосировини при створенні крекеру з подовженим терміном придатності. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, №6. С. 127–137.
3. Obolkina V., Nosenko T., Dzyhar O., Rakhmetov D. Chemical composition of fenugreek hay leaves. *Ukrainian Food Journal*. 2018. Vol. 7 (3). P. 397–408.
4. Дзигар О.О., Даценко А.В., Оболкіна В.І. Компонентний аналіз монарди двійчастої (*Monarda didyma*) та її застосування у виробництві пікантних крекерів. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «*Технології харчових продуктів і комбікормів*», 25-30 вересня 2017. Одеса, 2017. С. 36–37.
5. Дзигар О. О., Букшина Л. С., Кияниця С. Г., Оболкіна В. І. Дослідження хімічного складу монарди двійчастої та перспектива її застосування у виробництві борошняних кондитерських виробів. Матеріали

міжнародних науково-практичних конференцій *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Київ, 2017. С. 132–133.

6. Дзигар О. О., Оболкіна В. І., Букшина Л. С. Перспектива використання пажитника сінного у виробництві пікантних крекерів. *Ресурсо-та енергоощадні технології виробництва пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності* : матеріали VI Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2017 р. Київ, 2017. С. 36–37.

7. Дзигар О. О., Оболкіна В. І. Використання рослинної фітосировини для створення крекерів з пікантним смаком. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції* : програма та тези матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції, 7-8 листопада 2017 р. Київ, 2017 р. С. 57–58.

8. Дзигар О., Стадник Т., Оболкіна В. Перспективи застосування монарди двійчастої та пажитника сінного як джерела біологічно активних речовин при створенні нових харчових продуктів. Матеріали 84 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 23–24 квітня 2018 р. Київ, 2018. Ч.1. С. 180.

9. Дзигар О. О., Стадник Т. Б., Оболкіна В. І. Вивчення біологічно активних сполук у листках монарди двійчастої та пажитника сінного та перспективи їх використання при виробництві крекерів з пікантним смаком та подовженим терміном придатності. *«Інновації у виробництві, зберіганні та переробці рослинницької сировини»* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 50-річчю створення кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика та 120-річчю НУБіП України. Київ, 2018 р. С. 64–65.

10. Дзигар О.О., Стадник Т. Б., Оболкіна В. І. Дослідження впливу пряно-ароматичної сировини з антиоксидантними властивостями на подовження термінів придатності борошняних кондитерських виробів. *Ресурсо-*

та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матеріали VII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 13 вересня 2018 р. Київ, 2018. С. 88–89.

11. Спосіб виробництва крекери : пат. 118425 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1. 3 с.

РОЗДІЛ 6

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КРЕКЕРІВ

Проведені в даній роботі теоретичні та експериментальні дослідження дали змогу науково обґрунтувати параметри технологічних процесів нового асортименту крекерів з додаванням нетрадиційної рослинної сировини. Завдяки удосконаленню технології крекерів із застосуванням порошків з листків пажитника сінного і монарди двійчастої, масляних екстрактів на їх основі, технологічного поліпшувача на основі L-цистеїну «EMCEsoft P 10», амарантового борошна та пребіотика гуміарабіка було створено новий асортимент виробів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, покращеними органолептичними показниками, подовженим терміном зберігання. Розроблені рецептури нових видів крекерів мають високу конкурентоспроможність завдяки покращеній структурі при додаванні технологічного поліпшувача на основі L-цистеїну; оригінальному пряно-ароматичному смаку та аромату виробів, за рахунок внесення листків МД та ПС та масляних екстрактів на їх основі; підвищеній харчовій та біологічній цінності за рахунок внесення амарантового борошна та пребіотика гуміарабіка та збільшеному терміну зберігання виробів завдяки введенню природних антиоксидантів. Встановлені оптимальні технологічні режими на всіх стадіях виробництва крекерів, які забезпечують ефективність нових технологій.

6.1. Розробка рецептури та технологічної схеми виробництва крекерів із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача та пряно-ароматичної сировини

На підставі проведених досліджень науково обґрунтовані технології крекерів «Таємниця» і «Лісовий подих» – із застосуванням поліпшувача на основі L-цистеїну «EMCEsoft P 10», з додаванням у жировий прошарок сухих порошків з листків пажитника сінного і монарди двійчастої та масляних

екстрактів на їх основі для розпилювання на поверхні виробу і розроблені рецептури (табл.6.1).

Таблиця 6.1 – Рецептури крекерів «Таємниця» та «Лісовий подих»
Масова частка води крекерів 4,0 % + 1,5 % – 0,5 %.

Назва сировини	Масова частка СР, %	Витрати сировини, кг			
		«Таємниця»		«Лісовий подих»	
		На 1т готової продукції		На 1т готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	922,75	788,95	924,41	790,37
Маргарин для шарування	80,00	143,95	115,16	144,21	115,37
Цукор білий кристалічний	99,85	36,91	36,85	36,98	36,91
Інвертний сироп	70,00	20,30	14,21	20,34	14,24
Сіль харчова (в тісто)	96,50	9,28	8,92	9,24	8,94
Сіль вуглеамонійна	-	9,23	-	9,24	-
Сода питна	50,00	2,77	1,38	2,77	1,39
Поліпшувач на основі L-цистеїну «EMCЕsoft P 10»	-	0,28	-	0,28	-
Сіль харчова (для обсипання)	96,50	4,61	4,46	4,62	4,47
Масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої для розпилювання на поверхні крекеру	100,00	30,76	30,76	—	—
Масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного для розпилювання на поверхні крекеру	100,00	—	—	30,81	30,81
Порошок з листків монарди двійчастої	98,50	4,61	4,55	—	—
Порошок з листків пажитника сінного	98,50	—	—	2,77	2,74
Всього	-	1185,45	1005,24	1185,67	1005,24
Вихід	96,00	1000,00	960,00	1000,00	960,00

Поживна цінність на 100 г продукту (крекер «Таємниця»): білки – 9,5 г; жири – 15,9 г, у т. ч. насичені жири – 4,4 г, мононенасичені жири – 7,0 г, поліненасичені жири – 4,9 г; вуглеводи – 69,0 г, у т. ч. цукри – 5,6 г, крохмаль – 63,4 г; харчові волокна – 3,2 г. Енергетична цінність – 457 ккал/100 г.

Поживна цінність на 100 г продукту (крекер «Лісовий подих»): білки – 9,6 г; жири – 15,9 г, у т. ч. насичені жири – 4,4 г, мононенасичені жири – 7,0 г, поліненасичені жири – 4,9 г; вуглеводи – 69,3 г, у т. ч. цукри – 5,6 г, крохмаль – 63,7 г; харчові волокна – 3,3 г. Енергетична цінність – 459 ккал/100 г.

Розроблені РЦ та ТІ крекерів «Таємниця» та «Лісовий подих» затверджені Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ» (додаток Ж).

Зразки крекерів були розглянуті професійною дегустаційною комісією конкурсу кондитерських виробів «Солодкий тріумф 2018» у рамках Спеціалізованої виставки кондитерської та хлібопекарської промисловості «Sweets & Bakery Ukraine», де крекер «Таємниця» та «Лісовий подих» отримали диплом за високу якість. Технології та рецептурний склад захищені патентами на винахід (Додаток Г).

Принципова технологічна схема виробництва крекерів «Лісовий подих» та «Таємниця» включає такі операції: підготовка сировини до виробництва; приготування тіста; ферментація тіста; приготування жирового прошарку з порошком пряно-ароматичної сировини; ламінування тіста з жировим прошарком; формування тістових заготовок; термообробка заготовок; обробка поверхні крекеру масляним екстрактом пряно-ароматичної сировини; охолодження і пакування виробів (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Принципово-технологічна схема виробництва крекерів
«Таємниця» та «Лісовий подих»

Підготовка сировини. Сировина, яка використовується для виробництва крекерів, повинна відповідати вимогам діючих стандартів, технічних умов та інструкцій, які запобігають потраплянню сторонніх домішок до сировини, напівфабрикатів та готових виробів.

Приготування та ферментація тіста. Приготування тіста здійснюється шляхом змішування низькоконцентрованої емульсії з пшеничним борошном. В тістомісильну машину завантажують воду, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, сіль харчову, сіль вуглеамонійну, соду питну, поліпшувач L-цистеїн (необхідну кількість препарату розбавляють водою в співвідношенні 1:20), перемішують до розчинення цукру, додають пшеничне

борошно і вимішують до одержання еластичного тіста. Масова частка води тіста – 30 %, температура – 32-35 °С. Для ліквідації внутрішніх напружень й підвищення пластичності тісто після замішування піддається вилежуванню. Тісто вивантажують на стрічковий транспортер камери ферментування, тривалість ферментації тіста 33-35 хвилин за температури 26-28 °С і відносної вологості повітря 70-75 %.

Приготування жирового прошарку з порошком пряно-ароматичної сировини. Жир пластифікують у змішувачі, для надання смаку та аромату додають порошок з листків пажитника сінного у концентрації 2 % до маси жиру або монарди двійчастої у концентрації 3 % до маси жиру.

Ламінування тіста з жировим прошарком і формування заготовок.

Після ферментаційної камери тісто ділять на порції потрібної маси і направляють на прокатування. Під час складання і прокатування між шарами тіста додають жировий прошарок з порошком пряно-ароматичної сировини. Прокатування і шарування крекерного тіста виконується на ламінаторах.

Багатошарова стрічка тіста калібрується до певної товщини і подається на формування. Формування тістових заготовок здійснюється на ротаційній формувальній машині. Товщина тістових заготовок для крекеру 2,5-3,5 мм.

Термообробка крекерів.

Термообробку крекеру здійснюють протягом 4-6 хв з змінним температурним режимом по зонах з допустимим відхиленням 5-10 °С.

1 зона	2 зона	3 зона
120-150 °С	240-250 °С	270-280 °С

Температурний режим термообробки виробів може змінюватися в залежності від типу і конструктивних особливостей обладнання.

Приготування масляного екстракту. Для приготування масляного екстракту проводять екстрагування листків пажитника сінного або монарди двійчастої у кількості 4 % до маси рафінованої та дезодорованої соняшникової

олії протягом 60 годин, при температурі 50 °С, після чого відділяють масляний екстракт від фітомаси.

Обробка поверхні крекеру масляним екстрактом. Зовнішню поверхню крекеру після термообробки обробляють масляним екстрактом ПС або МД. Після обробки масляним екстрактом готові вироби направляють на охолодження.

Охолодження і пакування виробів. Після обробки крекери по системі стрічкових транспортерів охолоджуються і подаються на пакування згідно з вимогами діючої нормативно-технічної документації.

Технології нових видів крекерів «Таємниця» та «Лісовий подих» з додаванням листків МД, ПС, L-цистеїнового технологічного поліпшувача та масляних екстрактів були апробовані на ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква) та ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква).

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємств показали, що за органолептичними показниками якості крекери «Таємниця» та «Лісовий подих» мають найвищу оцінку – 5 балів. Застосування натуральної амінокислоти цистеїну покращує структурно-механічні властивості тіста, поліпшує умови прокатки, забезпечує стабільну форму виробів після формування та термообробки, забезпечує рівномірний золотистий колір виробів, покращує структуру виробів, попереджає утворення мікротріщин та пухирців на поверхні.

Виробничі випробування технології нових видів крекерів показали їх високі органолептичні показники, технологічність, розроблені крекери можливо виробляти на існуючому обладнанні.

6.2. Розробка рецептури та технології крекерів із застосуванням амарантового борошна та гуміарабіку

На підставі досліджень, результати яких наведені у розділі 4, удосконалена технологія крекерів із заміною пшеничного борошна на амарантове з додаванням камеді акації гуміарабіку TM«Fibregum B». Розроблені рецептури на нові види крекерів «Амарантова магія» і «Амарантове диво» з

додаванням масляних екстрактів пряно-ароматичної сировини для розпилювання на поверхні виробів, які мають підвищену харчову та біологічну цінність та оригінальні органолептичні властивості (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Рецептури крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво»

Масова частка води крекерів 4,0 % + 1,5 % – 0,5 %.

Назва сировини	Масова частка СР, %	Витрати сировини, кг			
		«Амарантова магія»		«Амарантове диво»	
		На 1т готової продукції		На 1т готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	424,05	393,09	424,05	393,09
Борошно амарантове	92,00	424,05	390,12	424,05	390,12
Маргарин	83,00	132,30	109,81	132,30	109,81
Цукор білий кристалічний	99,85	33,92	33,87	33,92	33,87
Інвертний сироп	70,00	18,66	13,06	18,66	13,06
Сіль харчова (в тісто)	96,50	8,48	8,19	8,48	8,19
Сіль вуглеамонійна	–	8,48	–	8,48	–
Сода питна	50,00	2,54	1,27	2,54	1,27
Гуміарабік	90,00	25,44	22,90	25,44	22,90
Сіль харчова (для обсипання)	96,5	4,24	4,09	4,24	4,09
Масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного для розпилювання на поверхні крекеру	100,00	28,84	28,84	–	–
Масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої для розпилювання на поверхні крекеру	100,00	–	–	28,84	28,84
Всього	–	1111,00	1005,24	1111,00	1005,24
Вихід	96,00	1000,00	960,00	1000,00	960,00

Поживна цінність на 100 г продукту (крекерів «Амарантова магія» і «Амарантове диво»): білки – 11,3 г; жири – 17,1 г, у т. ч. насичені жири – 4,6 г, мононенасичені жири – 7,1 г, поліненасичені жири – 5,5 г; вуглеводи – 58,2 г, у т. ч. цукри – 5,5 г, крохмаль – 52,7 г; харчові волокна – 8,4 г. Енергетична цінність – 432 ккал/100 г.

Розроблені РЦ крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» та ТІ затверджені Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ» (додаток Ж).

Зразки крекерів були розглянуті професійною дегустаційною комісією конкурсу кондитерських виробів «Солодкий тріумф 2018» у рамках Спеціалізованої виставки кондитерської та хлібопекарської промисловості «Sweets & Bakery Ukraine», де крекер «Амарантова магія» та «Амарантове диво» отримали диплом за високу якість. Технології та рецептурний склад захищені патентами на корисну модель (додаток Г).

Принципова технологічна схема виробництва крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» включає такі операції: підготовка сировини до виробництва; приготування тіста; прокатка та формування тістових заготовок; термообробка; обробка поверхні крекеру масляним екстрактом; охолодження і пакування виробів (рис. 6.2).

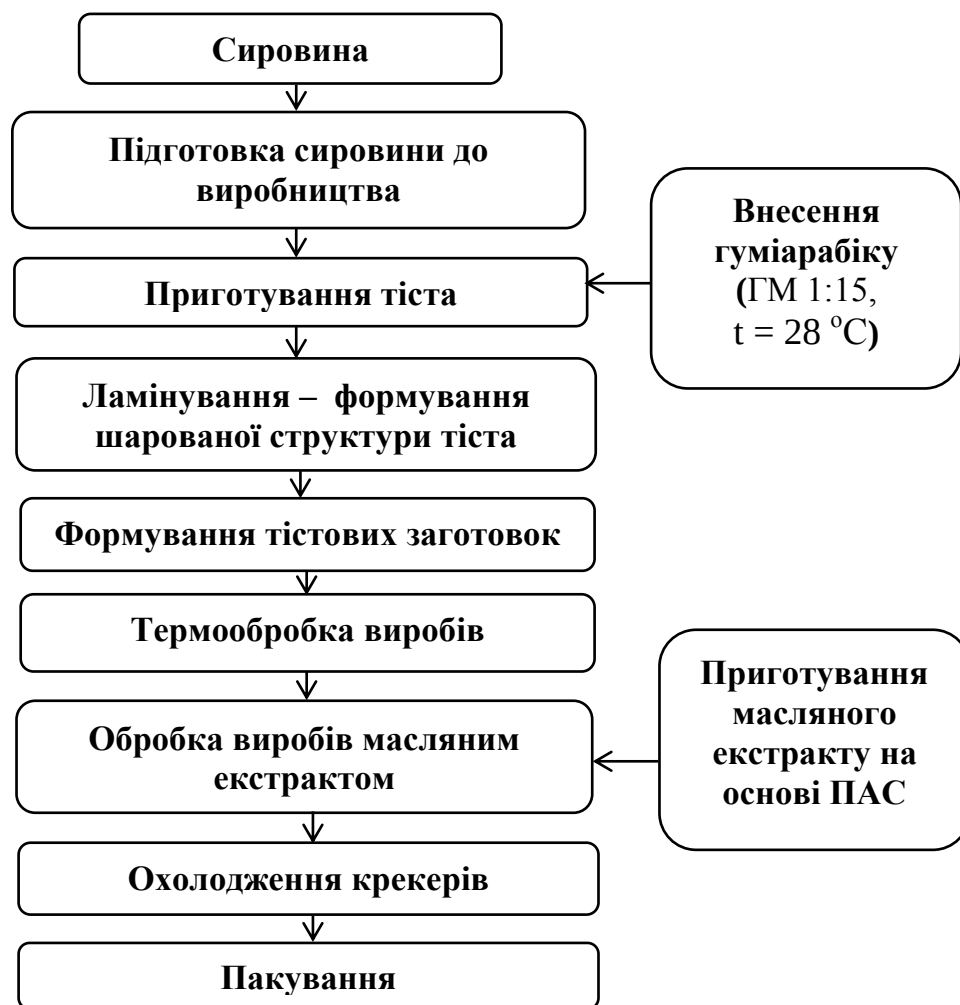


Рис. 6.2. Принципово-технологічна схема виробництва крекерів
«Амарантова магія» та «Амарантове диво»

Підготовка сировини. Сировина, яка використовується для виробництва крекерів, повинна відповідати вимогам діючих стандартів, технічних умов та інструкцій, які запобігають попаданню сторонніх домішок до сировини, напівфабрикатів та готових виробів.

Приготування тіста. В тістомісильну машину завантажують воду, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, сіль харчову, сіль вуглеамонійну, соду питну, маргарин, розчин гуміарабіку (перед введенням гуміарабіку в тісто проводять його гідратацію при гідромодулі 1:15 з водою температури 28 °C протягом 60 с), перемішують до розчинення цукру, додають борошно пшеничне та борошно амарантове і вимішують до одержання пружно-

пластично-еластичного тіста. Масова частка води тіста 34,0 %, тривалість замішування 45 хв, температура тіста 32-35 °С.

Ламінування та формування тістових заготовок. Після вилежування тісто ділять на порції потрібної маси і направляють на прокатування. Багат шарова стрічка тіста калібрується до певної товщини і подається на формування. Тістові заготовки формуються на ротаційній формуючій машині.

Термообробка крекерів.

Термообробка крекеру відбувається 4-6 хв з змінним температурним режимом по зонах з допустимим відхиленням 5-10 °С:

1 зона	2 зона	3 зона
120-150 °С	240-250 °С	270-280 °С

Приготування масляного екстракту. Технологічна схема приготування масляного екстракту наведена на рис. 6.3. Для приготування масляного екстракту проводять екстрагування листків ПС або МД у кількості 4 % до маси рафінованої та дезодорованої соняшникової олії протягом 60 годин, при температурі 50 °С, після чого відділяють масляний екстракт від фітомаси.

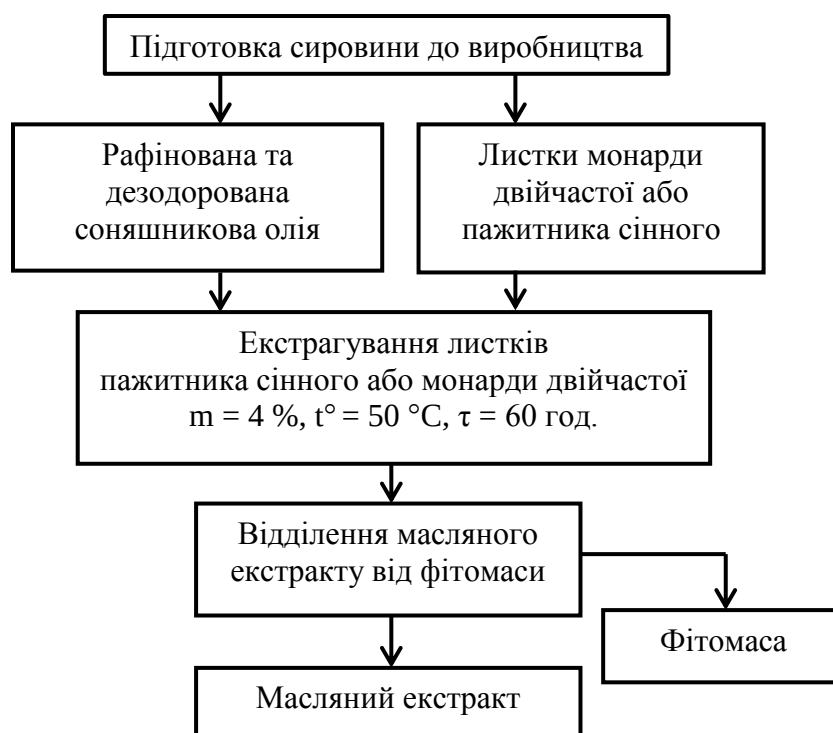


Рис. 6.3. Технологічна схема приготування МЕ на основі ПАС

Обробка поверхні крекеру масляним екстрактом. Зовнішню поверхню крекеру після термообробки обробляють масляним екстрактом ПС або МД. Після обробки масляним екстрактом готові вироби направляють на охолодження.

Охолодження і пакування виробів. Після обробки крекери по системі стрічкових транспортерів охолоджуються і подаються на пакування згідно з вимогами діючої нормативно-технічної документації. Крекер випускають загорнутим (ваговим і розфасованим) і незагорнутим (ваговим і розфасованим). Крекер розфасовують у коробки, металеві банки, пачки, пакети та корекси. У коробки фасують крекер рядами на ребро або плазом. Крекер кількістю не менше ніж 100 шт. в 1 кг фасують в коробки насипом.

Пакувальні матеріали, споживча і транспортна тара, яку використовують для пакування крекеру, мають відповідати вимогам чинних нормативних документів згідно з якими їх виготовлено.

Технології нових видів крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» з додаванням амарантового борошна, гуміарабіку та масляних екстрактів на основі пряно-ароматичної сировини були апробовані на ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква) та ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква). Виробничі випробування технології нових видів крекерів показали їх високі органолептичні показники, технологічність, розроблені крекери можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекерів «Амарантове диво» та «Амарантова магія» заслуговує впровадження.

6.3. Кваліметричне оцінювання якості нового асортименту крекерів за диференційними та комплексним показниками якості

З метою отримання характеристики рівня якості крекерів одним узагальненим показником, нами було визначено комплексний показник якості з використанням теоретичної бази кваліметрії. Для визначення комплексного показника якості крекеру були запропоновані такі групові показники: органолептичні властивості, фізико-хімічні показники, харчова цінність, біологічна цінність.

Для визначення КПЯ крекерів нами було використано ієрархічну структуру сукупності властивостей, які необхідні для достовірної оцінки якості виробів (рис. 6.4).

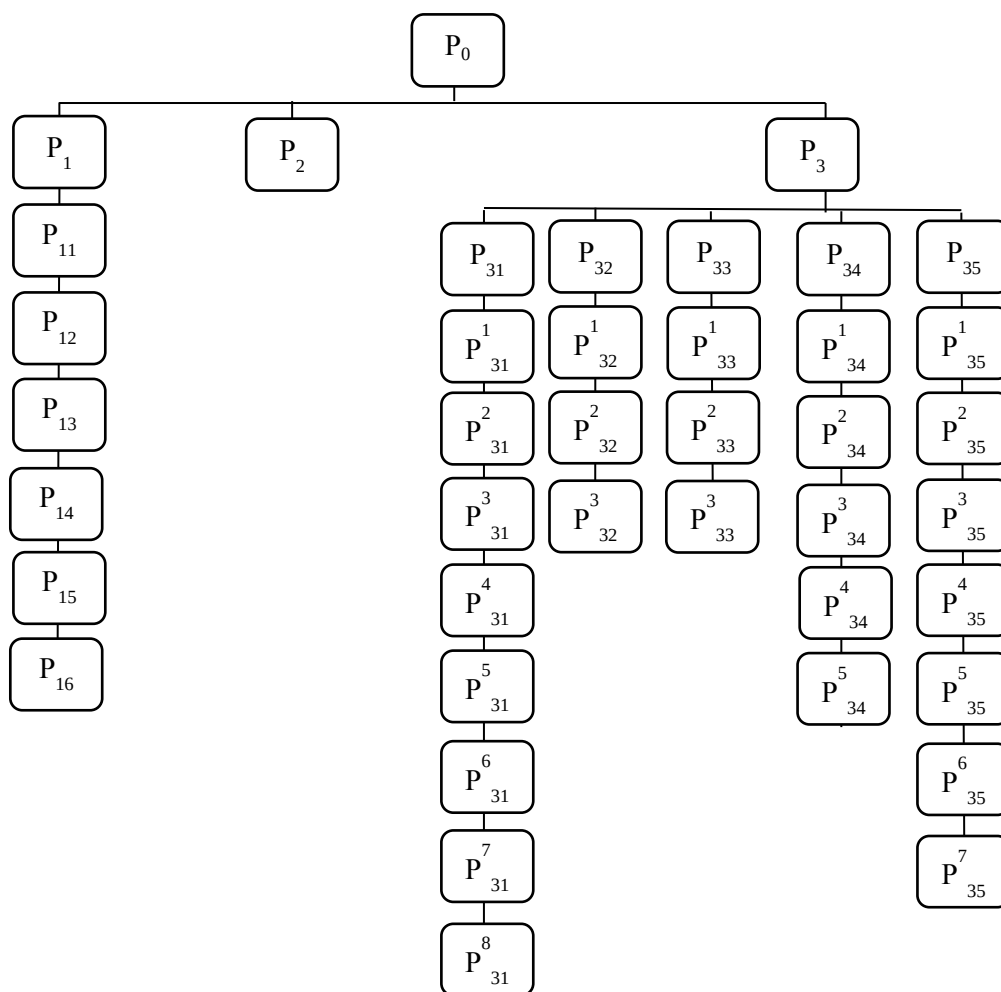


Рис. 6.4. Кваліметричне оцінювання якості крекерів

Дана структура має два рівні. На першому рівні якість крекерів визначається органолептичними, фізико-хімічними показниками, харчовою цінністю. На другому ієрархічному рівні харчова цінність диференційована за вмістом білків, жирів, вуглеводів, мінеральних елементів та вітамінів. Вміст білків характеризується кількістю НАК; жирів – вмістом НЖК, МНЖК та ПНЖК; вуглеводів – вмістом цукрів, крохмалю та харчових волокон; мінеральних елементів – кількістю макро- та мікроелементів; вітамінів.

Органолептичні та фізико-хімічні властивості представлені формою, поверхнею, кольором, виглядом у розломі, смаком, запахом, намоочуваністю.

КПЯ готових виробів (К) обчислювали з урахуванням окремих диференційних показників якості (P_i) та з урахуванням коефіцієнтів вагомості (M_i) кожного із цих показників. Математична модель оцінки якості продукції представлена за формулою (6.1):

$$\begin{aligned}
 K = & M_1 \left(M_{11} \frac{P_{11}}{P_{11}^6} + M_{12} \frac{P_{12}}{P_{12}^6} + M_{13} \frac{P_{13}}{P_{13}^6} + M_{14} \frac{P_{14}}{P_{14}^6} + M_{15} \frac{P_{15}}{P_{15}^6} + M_{16} \frac{P_{16}}{P_{16}^6} \right) + M_2 \frac{P_2}{P_2^6} + \\
 & + M_3 \left(M_{31} \left(M_{31}^1 \frac{P_{31}^1}{P_{31}^{16}} + M_{31}^2 \frac{P_{31}^2}{P_{31}^{26}} + M_{31}^3 \frac{P_{31}^3}{P_{31}^{36}} + M_{31}^4 \frac{P_{31}^4}{P_{31}^{46}} + M_{31}^5 \frac{P_{31}^5}{P_{31}^{56}} + M_{31}^6 \frac{P_{31}^6}{P_{31}^{66}} + M_{31}^7 \frac{P_{31}^7}{P_{31}^{76}} + M_{31}^8 \frac{P_{31}^8}{P_{31}^{86}} \right) + M_{32} \left(M_{32}^2 \frac{P_{32}^2}{P_{32}^{26}} + M_{32}^2 \frac{P_{32}^2}{P_{32}^{26}} + M_{32}^3 \frac{P_{32}^3}{P_{32}^{36}} \right) + \right. \\
 & + M_{33} \left(M_{33}^1 \frac{P_{33}^1}{P_{33}^{16}} + M_{33}^2 \frac{P_{33}^2}{P_{33}^{26}} + M_{33}^3 \frac{P_{33}^3}{P_{33}^{36}} \right) + M_{34} \left(M_{34}^1 \frac{P_{34}^1}{P_{34}^{16}} + M_{34}^2 \frac{P_{34}^2}{P_{34}^{26}} + M_{34}^3 \frac{P_{34}^3}{P_{34}^{36}} + M_{34}^4 \frac{P_{34}^4}{P_{34}^{46}} + M_{34}^5 \frac{P_{34}^5}{P_{34}^{56}} \right) + \\
 & \left. + M_{35} \left(M_{35}^1 \frac{P_{35}^1}{P_{35}^{16}} + M_{35}^2 \frac{P_{35}^2}{P_{35}^{26}} + M_{35}^3 \frac{P_{35}^3}{P_{35}^{36}} + M_{35}^4 \frac{P_{35}^4}{P_{35}^{46}} + M_{35}^5 \frac{P_{35}^5}{P_{35}^{56}} + M_{35}^6 \frac{P_{35}^6}{P_{35}^{66}} + M_{35}^7 \frac{P_{35}^7}{P_{35}^{76}} \right) \right) \quad (6.1)
 \end{aligned}$$

де К – КПЯ, що враховує наступні диференційні показники якості – органолептичні показники (P_1): форма (P_{11}), поверхня (P_{12}), колір (P_{13}), вигляд у розломі (P_{14}), смак (P_{15}), запах (P_{16}); фізико-хімічні показники: намоочуваність (P_2); харчова цінність (P_3), вміст НАК (P_{31}): вміст валіну, ізолейцину, лейцину, лізину, метіоніну+цистеїну, треоніну, триптофану, фенілаланіну+тирозину відповідно (P_{31}^1), (P_{31}^2), (P_{31}^3), (P_{31}^4), (P_{31}^5), (P_{31}^6), (P_{31}^7), (P_{31}^8), вміст жирів (P_{32}): насичених (P_{32}^1), мононенасичених (P_{32}^2), поліненасичених (P_{32}^3) жирних кислот, вміст вуглеводів (P_{33}): цукрів (P_{33}^1), крохмалю (P_{33}^2), харчових волокон (P_{33}^3) у 100 г досліджуваного продукту; вміст вітамінів (P_{34}): В₂, В₄, В₅, В₆, В₉, відповідно (P_{34}^1), (P_{34}^2), (P_{34}^3), (P_{34}^4), (P_{34}^5); вміст мінеральних речовин (P_{35}): К, Са, Mg, Р, Fe, Zn, Mn, відповідно (P_{35}^1), (P_{35}^2), (P_{35}^3), (P_{35}^4), (P_{35}^5), (P_{35}^6), (P_{35}^7), P_{ij}^6 – базовий показник якості контрольного зразку крекеру. M_i , M_{ij} – показники вагомості. Для визначення комплексної оцінки значення коефіцієнтів вагомості визначали за методом Делфі за умови, що

$$M_1 + M_2 + M_3 = 1,0;$$

$$M_{11} + M_{12} + M_{13} + M_{14} + M_{15} + M_{16} = 1,0;$$

$$M_{31}+M_{32}+M_{33}+M_{34}+M_{35}=1,0;$$

$$M^1_{31}+M^2_{31}+M^3_{31}+M^4_{31}+M^5_{31}+M^6_{31}+M^7_{31}+M^8_{31}=1,0;$$

$$M^1_{32}+M^2_{32}+M^3_{32}=1,0;$$

$$M^1_{33}+M^2_{33}+M^3_{33}=1,0;$$

$$M^1_{34}+M^2_{34}+M^3_{34}+M^4_{34}+M^5_{34}=1,0;$$

$$M^1_{35}+M^2_{35}+M^3_{35}+M^4_{35}+M^5_{35}+M^6_{35}+M^7_{35}=1,0;$$

Нами було запропоновано значення коефіцієнтів вагомості для групових показників зазначені у таблиці 6.3. Одним з визначальних факторів для формування якості крекерів є органолептична оцінка і харчова цінність, тому коефіцієнти для цих показників найбільші: 0,4 і 0,35 відповідно. Фізико-хімічні показники мають певний вплив на комплексний показник якості, тому для них коефіцієнт вагомості складає 0,25.

Таблиця 6.3 – Коефіцієнти вагомості групових показників якості крекерів

№	Назва групового показника якості	Величина коефіцієнту вагомості (Mi)
1	Органолептичні властивості (Група P ₁)	0,4
2	Фізико-хімічні показники (Група P ₂)	0,25
3	Харчова цінність (Група P ₃)	0,35

Органолептичні показники якості контрольного зразка крекеру та розроблених зразків крекерів з додаванням ПАС та МЕ на основі листків МД та ПС «Таємниця», «Лісовий подих» та з додаванням амарантового борошна та МЕ «Амарантова магія», «Амарантове диво» оцінювали за такими диференційними показниками: форма, поверхня, колір, вигляд у розломі, смак, запах (табл. 6.4).

За рахунок внесення нетрадиційної сировини за результатами органолептичної оцінки розроблені види крекерів отримали значно більшу загальну кількість балів: крекер «Таємниця» – 4,91, «Лісовий подих» – 4,87, «Амарантова магія» – 4,85, «Амарантове диво» – 4,85. Контрольний зразок отримав 4,18 бали. Найбільшу кількість балів за показником смак та запах отримали крекер «Таємниця» (4,90 та 5,00) і «Лісовий подих» (4,85 та 5,00).

Всі зразки мали оригінальний смак та аромат, привабливий блискучий колір за рахунок оброблення масляними екстрактами, що підсилювали пряно-ароматичний смак крекеру «Таємниця» та «Лісовий подих», а також надавали крекеру «Амарантова магія» та «Амарантове диво» неповторного аромату разом з приємним горіховим смаком амарантового борошна.

Таблиця 6.4 – Органолептична оцінка якості крекерів

№ п/п	Показники якості	Коефіцієнт вагомості	Дослідні зразки крекерів				
			Контроль	«Таємниця»	«Лісовий подих»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»
1	Форма	0,15	4,32/0,65	4,92/0,74	4,92/0,74	4,90/0,74	4,91/0,74
2	Поверхня	0,15	4,12/0,62	4,85/0,73	4,80/0,72	4,77/0,72	4,77/0,72
3	Колір	0,15	4,25/0,64	4,95/0,74	4,83/0,72	4,90/0,74	4,90/0,74
4	Вигляд у розломі	0,10	4,12/0,41	4,82/0,48	4,82/0,48	4,79/0,48	4,80/0,48
5	Смак	0,25	4,21/1,05	4,90/1,22	4,85/1,21	4,85/1,21	4,85/1,21
6	Запах	0,20	4,02/0,81	5,00/1,00	5,00/1,00	4,79/0,96	4,80/0,96
Загальна кількість балів з урахуванням коефіцієнта вагомості			4,18	4,91	4,87	4,85	4,85
Рівень якості			0,84	0,98	0,97	0,97	0,97

*Примітка: чисельник – кількість балів за 5-бальною шкалою, знаменник – кількість балів з урахуванням коефіцієнта вагомості

За кольором крекер «Таємниця» набрав найбільшу кількість балів – 4,95, «Амарантова магія» та «Амарантове диво» отримали по 4,90 бали та крекер «Лісовий подих» – 4,83. Внесення амарантового борошна у рецептурний склад крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» надали виробам кремового відтінку з приємним оригінальним смаком. Крекери мали фігурну форму, що відповідала філь'єрі. Всі зразки були добре пропечені, поверхня крекерів була гладкою та блискучою. Розроблені зразки крекерів мали високий показник якості, що становив 0,97–0,98 одиниць. Показник якості контрольного зразка – 0,84 одиниць.

Таким чином розроблені нові види крекерів мають оптимальний склад рецептурних компонентів та володіють високими органолептичними показниками. Профілограма нових видів крекерів зображена на рис. 6.5.

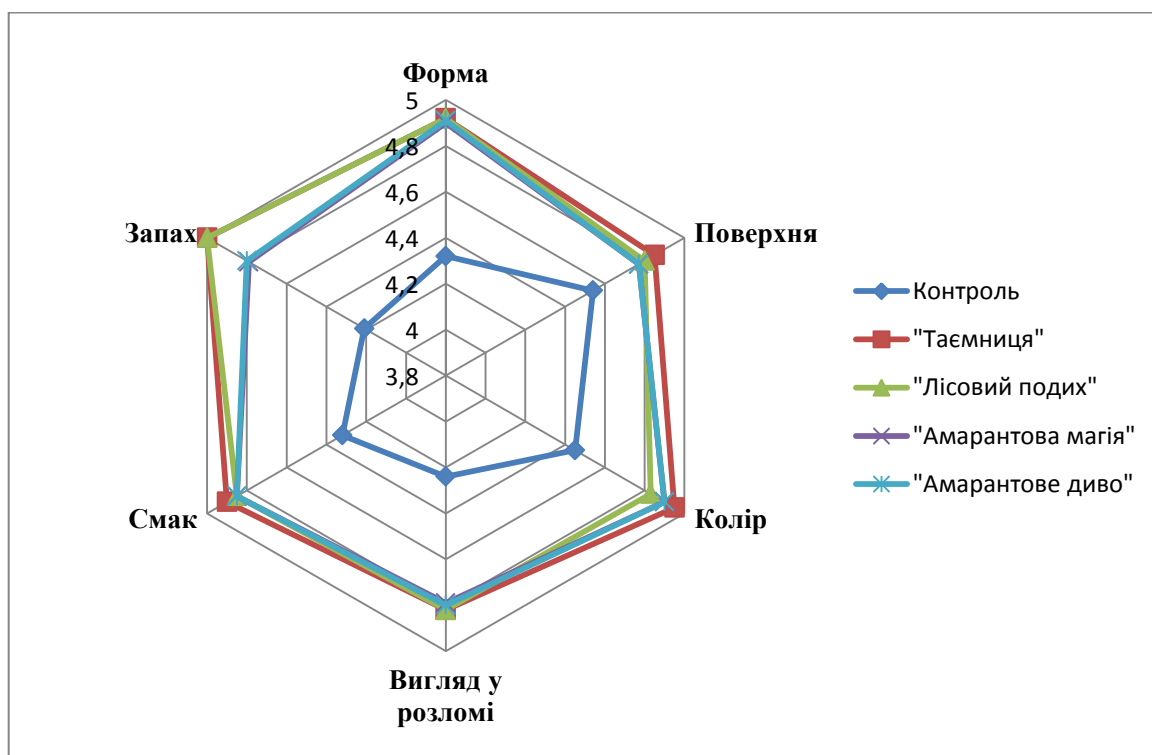


Рис. 6.5. Профілограма нових видів крекерів (без урахування коефіцієнту вагомості)

Намочуваність є одним з важливих фізико-хімічних показників якості крекерів, оскільки чим краща пористість, тим більша намочуваність. Згідно з ДСТУ 4052:2017 намочуваність крекерів повинна становити не менше 150 %. Тому було визначено намочуваність контрольного та дослідних зразків (табл.6.5).

Таблиця 6.5 – Визначення намочуваності дослідних зразків крекерів

№ п/п	Зразки крекерів	Намочуваність, %
1	Контроль	158
2	«Таємниця»	172
3	«Лісовий подих»	173
4	«Амарантова магія»	177
5	«Амарантове диво»	177

Встановлено, що намоочуваність дослідних зразків крекерів збільшується, а саме крекеру «Таємниця» на 14 %, крекеру «Лісовий подих» на 15 %, крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» на 19 %, порівняно з контролем.

Термін «харчова цінність» відображає всю повноту корисних показників якості харчових продуктів, оскільки висвітлює вміст і співвідношення основних хімічних складових – білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин. Зміна харчової цінності виробів досягається введенням до їх рецептури корисних (бажаних) або вилученням некорисних (небажаних) компонентів. Під час розробки рецептур нових крекерів, основна увага приділялася збільшенню вмісту в них функціональних інгредієнтів (білків, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, антиоксидантів тощо) і зниженню їх енергетичної цінності. Визначено, що вміст білків порівняно з контрольним зразком (табл. 6.6) збільшено у крекерах «Таємниця» на 13,4 %, «Лісовий подих» на 14,3 %, «Амарантова магія» та «Амарантове диво» на 34,2 % (табл.6.7).

Таблиця 6.6 – Рецептúra контрольного зразка

Назва сировини	Масова частка СР, %	Витрати сировини, кг			
		На завантаження		На 1т готової продукції	
		В натурі	В СР	В натурі	В СР
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	300,00	256,5	812,03	694,29
Маргарин	83,00	66,00	54,78	178,65	148,28
Цукор білий кристалічний	99,85	22,00	21,97	59,55	59,47
Інвертний сироп	70,00	11,50	8,05	31,13	21,79
Сіль харчова (в тісто)	96,50	2,60	2,51	7,04	6,79
Сіль вуглеамонійна	-	5,50	-	14,89	-
Сода питна	50,00	1,20	0,60	3,25	1,62
Піросульфід натрію	-	0,06	-	0,16	-
Сіль харчова (для обсіпання)	96,50	1,00	0,97	2,71	2,62
Олія для розпилювання	100,00	26,00	26,00	70,37	70,38
Всього	-	435,86	371,38	1179,78	1005,24
Вихід	96,00	369,45	354,67	1000,00	960,00

Поживна цінність на 100 г продукту: білки – 8,4 г; жири – 22,6 г, у т. ч. насичені жири – 5,7 г, мононенасичені жири – 9,4 г, поліненасичені жири – 7,8 г; вуглеводи –

64,5 г, у т. ч. цукри – 8,7 г, крохмаль – 55,8 г; харчові волокна – 2,8 г. Енергетична цінність – 460 ккал/100 г.

Таблиця 6.7 – Харчова і енергетична цінність нового асортименту крекерів

Зразки крекерів	Вміст, г/100г						Енергетична цінність, ккал/100 г
	білків	жирів	вуглеводів			Харчові волокна	
			усього	у т. ч. цукрів	у т. ч. крохмалю		
Контроль	8,41	22,58	64,51	8,72	55,78	2,84	460,0
«Таємниця»	9,54	15,91	68,98	5,59	63,39	3,23	457,0
«Лісовий подих»	9,61	15,94	69,27	5,59	63,67	3,31	459,0
«Амарантова магія»	11,29	17,09	58,18	5,46	52,72	8,43	432,0
«Амарантове диво»	11,29	17,09	58,18	5,46	52,72	8,43	432,0

Вміст жиру знижено у крекерах «Таємниця» та «Лісовий подих» на 29,5 % і 29,4 % відповідно, «Амарантова магія» та «Амарантове диво» на 24,3 %. Вміст харчових волокон збільшено на 13,7 % для крекеру «Таємниця», на 16,5 % для крекеру «Лісовий подих», в 3 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком.

Вміст вуглеводів зменшено на 9,8 % для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Калорійність знижена у крекерах «Таємниця» та «Лісовий подих» на 0,6 % і 0,2 % відповідно, у крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво» на 6,1 %, порівняно з контрольним зразком.

Амінокислотний склад крекерів наведено в таблиці 6.8. Загальна кількість амінокислот зросла на 31,1 % для крекерів «Амарантова магія» і «Амарантове диво», на 14,3 % для крекеру «Лісовий подих», на 13,4 % для крекеру «Таємниця».

Таблиця 6.8 – Амінокислотний склад крекерів

Назва амінокислоти	Контроль	«Таємниця»		«Лісовий подих»		«Амарантова магія»		«Амарантове диво»	
	кількість, г/100г	кількість, г/100г	у %до контролю	кількість, г/100г	у %до контролю	кількість, г/100г	у %до контролю	кількість, г/100г	у %до контролю
НАК									
Валін	0,38	0,43	113,2	0,43	113,2	0,49	114,0	0,49	114,0
Ізолейцин	0,35	0,40	114,3	0,40	114,3	0,43	112,5	0,43	112,5
Лейцин	0,66	0,75	113,6	0,75	113,6	0,71	107,6	0,71	107,6
Лізин	0,20	0,23	115,0	0,23	115,0	0,43	187,0	0,43	187,0
Метіонін+ Цистеїн	0,28	0,35	125,0	0,35	125,0	0,33	117,8	0,33	117,8
Треонін	0,25	0,29	116,0	0,29	116,0	0,37	127,6	0,37	127,6
Триптофан	0,08	0,09	112,5	0,09	112,5	0,12	150,0	0,12	150,0
Фенілаланін+ Тирозин	0,61	0,69	113,1	0,70	114,8	0,68	111,5	0,68	111,5
Разом НАК	2,81	3,23	114,9	3,24	115,3	3,56	126,7	3,56	126,7
ЗАК									
Аланін	0,27	0,30	111,1	0,31	114,8	0,48	177,8	0,48	177,8
Аргінін	0,32	0,37	115,6	0,38	118,8	0,62	193,8	0,62	193,8
Аспарагінова кислота	0,28	0,31	110,7	0,32	114,3	0,67	239,3	0,67	239,3
Гістидин	0,16	0,18	112,5	0,18	112,5	0,25	156,2	0,25	156,2
Гліцин	0,28	0,32	114,3	0,32	114,3	0,85	303,57	0,85	303,57
Глютамінова кислота	2,50	2,84	113,6	2,86	114,4	2,27	90,8	2,27	90,8
Пролін	0,79	0,90	113,9	0,90	113,9	0,75	94,9	0,75	94,9
Серин	0,41	0,46	112,2	0,46	112,2	0,74	180,5	0,74	180,5
Тирозин	0,20	0,23	115,0	0,23	115,0	0,25	125,0	0,25	125,0
Цистеїн	0,16	0,18	112,5	0,18	112,5	0,16	100,0	0,16	100,0
Разом ЗАК	5,37	6,09	113,4	6,14	114,3	7,04	131,1	7,04	131,1
Всього амінокислот	8,18	9,32	113,9	9,38	114,7	10,60	129,6	10,60	129,6
Співвідношення НАК до ЗАК	0,52	0,53	-	0,53	-	0,50	-	0,50	-

Особливе значення НАК обумовлено передусім тим, що вони не синтезуються організмом людини, а їх дефіцит впливає на регенерацію білків. До есенціальних амінокислот відносять валін, лізин, лейцин, ізолейцин, метіонін, треонін, триптофан та фенілаланін. Для дитячого організму НАК є

також аргінін та гістидин. Найбільшу кількість НАК містять крекери «Амарантова магія» та «Амарантове диво» (на 26,7 % більше порівняно з контролем), що обумовлено використанням в його рецептурі амарантового борошна. Збільшеною кількістю НАК, порівняно з контролем, характеризуються крекери «Таємниця» та «Лісовий подих», які містять в своєму складі цистеїн, порошок з листків ПС («Лісовий подих») на 14,9 % і 15,3 % більше, відповідно.

Вміст лізину, порівняно з контролем, збільшився на 87 % в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», – на 15 % для крекерів «Таємниця» та «Лісовий подих». Вміст триптофану на 50 % в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», для крекерів «Таємниця» і «Лісовий подих» на 12,5%. Вміст треоніну збільшився на 27,6 % в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», – на 16 % в крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих», порівняно з контролем.

Біологічна цінність харчового продукту характеризується корисними властивостями білка, пов'язаними з його засвоюваністю та ступенем збалансованості за амінокислотним скором.

Найбільш задоволена добова потреба організму в амінокислотах фенілаланін+ тирозин і для крекерів «Амарантова магія», «Амарантове диво» – триптофан. Найменш задоволена добова потреба організму в амінокислоті лізин (табл. 6.9). Слід зазначити, що значення ступеню задоволення нового крекера, порівняно з контролем, є вищими.

Для повного засвоєння білка їжі вміст НАК у ньому має бути збалансованим. Білки високої біологічної цінності мають добру перетравлюваність і засвоюваність. Показником якості білків, що характеризує збалансованість амінокислот, є амінокислотний скор, який визначено відповідно до рекомендацій експертного комітету ФАО/ВООЗ (табл. 6.10).

Таблиця 6.9 – Ступінь задоволення добової потреби в амінокислотах, %
(при споживанні 100 г виробу)

Амінокислоти	Добова потреба, г для дорослих	Ступінь задоволення добової потреби в амінокислотах, %				
		Контроль	«Тасмнця»	«Лісовий подих»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»
Валін	4,30	8,8	10,0	10,0	11,4	11,4
Ізолейцин	3,44	10,2	11,6	11,6	12,5	12,5
Лейцин	6,02	11,0	12,5	12,5	11,8	11,8
Лізин	4,73	4,2	4,9	4,9	7,8	7,8
Метіонін+Цистеїн	3,01	9,3	11,6	11,6	11,0	11,0
Треонін	3,44	7,3	8,4	8,4	10,8	10,8
Триптофан	0,86	9,3	10,6	10,6	14,0	14,0
Фенілаланін+ Тирозин	5,16	11,8	13,4	13,6	13,2	13,2

Таблиця 6.10 – Амінокислотний скор крекерів

Назва амінокислоти	Еталон ФАО/ВООЗ мг/1г білка	Контроль		«Тасмнця»		«Лісовий подих»		«Амарантова магія»		«Амарантове диво»	
		вміст, мг/1г білка	скор, %	вміст, мг/1г білка	скор, %	вміст, мг/1г білка	скор, %	вміст, мг/1г білка	скор, %	вміст, мг/1г білка	скор, %
Валін	40	46,5	116	46,1	115	45,8	114	46,2	116	46,2	116
Ізолейцин	30	42,8	143	42,9	143	42,6	142	40,6	135	40,6	135
Лейцин	61	80,7	132,3	80,5	132	80,0	131	67,0	109	67,0	109
Лізин	48	24,4	51	24,7	51	24,5	51	40,6	85	40,6	85
Метіонін+Цистеїн	23	34,2	149	34,3	148	34,1	148	31,1	135	31,1	135
Треонін	25	30,6	121	31,1	124	30,9	124	34,9	140	34,9	140
Триптофан	6,6	9,8	148	9,7	147	9,6	145	11,3	171	11,3	171
Фенілаланін+ Тирозин	41	74,6	182	74,0	180	74,6	182	64,2	157	64,2	157

Біологічна цінність білків залежить не тільки від амінокислотного складу, а й від доступності окремих амінокислот. Домінуючими амінокислотами в досліджуваних зразках крекерів є фенілаланін+тирозин та метіонін+цистеїн і для крекерів «Амарантова магія», «Амарантове диво» – триптофан та фенілаланін+тирозин, а першою лімітуючою – лізин для всіх зразків.

Амінокислотний скор для крекерів «Амарантова магія», «Амарантове диво» за лізином збільшився у 1,67 рази, за триптофаном у 1,15 рази.

Амінокислотний скор показує межу використання азоту цього білка для пластичних (будівельних) цілей. Надлишок інших амінокислот, що містяться в білку, може використовуватися як джерело неспецифічного азоту або на енергетичні потреби організму.

Особливості рецептур крекерів відобразилися на зміні їх жирнокислотного складу (табл. 6.11).

Таблиця 6.11 – Жирнокислотний склад крекерів

Назва жирної кислоти	Кількість жирних кислот, г/100 г				
	Контроль	«Таємниця»	«Лісовий подих»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»
НЖК:	5,74	4,37	4,37	4,60	4,60
Міристинова (C14:0)	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Пальмітинова (C16:0)	2,25	1,68	1,68	1,99	1,99
Стеаринова (C18:0)	3,37	2,62	2,62	2,51	2,51
Арахідова (C20:0)	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03
Бегенова (C22:0)	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03
МНЖК:	9,43	7,00	7,01	7,11	7,11
Олеїнова (C18:1)	9,43	7,00	7,01	7,11	7,11
ПНЖК:	7,80	4,87	4,88	5,46	5,46
Лінолева (C18:2)	7,78	4,84	4,85	5,43	5,43
Ліноленова (C18:3)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Співвідношення ненасичених ЖК до насичених ЖК	3,00	2,72	2,72	2,73	2,73

Аналіз складу жирних кислот показав, що в розроблених крекерах знижено вміст НЖК, МНЖК, ПНЖК. Вміст НЖК знижено на 24,9 % для крекерів «Таємниця» і «Лісовий подих», – на 21,3 % для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Вміст МНЖК кислот знижено на 25,6 % для крекерів «Таємниця» і «Лісовий подих», – на 24,5 % для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком.

Вміст вітамінів нових видів крекерів наведено в таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Вміст вітамінів в крекерах

Назва вітаміну	Кількість вітамінів, мг/100 г					Добова потреба Підлітки 10-18 років ч/ж	Добова потреба Дорослі ч/ж
	Контроль	«Таємниця»	«Лісовий подих»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»		
В ₂ (рибофлавін)	0,03	0,04	0,04	0,10	0,10	1,3/1,0	1,3/1,1
В ₄ (холін)	42,22	47,98	48,07	51,65	51,65	500,0	500,0
В ₅ (пантотенова кислота)	0,24	0,28	0,28	0,75	0,75	5,0	5,0
В ₆ (піридоксин)	0,14	0,16	0,16	0,32	0,32	1,3/1,2	1,3
В ₉ (фолієва кислота)	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,4	0,4

Вміст вітаміну В₂ збільшився в 3,3 рази в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», в крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – на 33 %, порівняно з контролем. Вміст вітаміну В₄ збільшився на 22 % в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», в крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – на 14 %, порівняно з контролем.

Вміст вітаміну В₅ збільшився в 3,1 рази в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», в крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – на 17 %, порівняно з контролем. Вміст вітаміну В₆ збільшився в 2,3 рази в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», в крекерах «Таємниця» і «Лісовий

подих» – на 14 %, порівняно з контролем. Вміст вітаміну B₉ збільшився в 2 рази в крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво», в крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – на 50 %, порівняно з контролем.

За даними ФАО/ВООЗ добова потреба для підлітків і дорослих людей в вітамінах приведена в таблиці 6.12, оскільки вони є нашою цільовою аудиторією. Задоволення у вітаміні B₂ у крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво» становить 7,7 % для чоловіків і 10,0 % для жінок, у крекерах «Таємниця» та «Лісовий подих» 3,1 % і 4,1 % відповідно. Задоволення у вітаміні B₄ у крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво» становить 10,3 %, у крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – 9,6 %. Задоволення у вітаміні B₅ у крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво» становить 15 %, у крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – 5,6 %. Задоволення у вітаміні B₆ у крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво» становить 24,6 % для чоловіків і 26,7 % для жінок, у крекерах «Таємниця» та «Лісовий подих» становить 12,3 % для чоловіків і 13,3% для жінок. Задоволення у вітаміні B₉ у крекерах «Амарантова магія» та «Амарантове диво» становить 10 %, у крекерах «Таємниця» і «Лісовий подих» – 7,5 %.

Вміст мінеральних речовин наведено у таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 – Вміст мінеральних речовин в розробленому крекері

Зразки крекерів	Кількість мінеральних речовин, мг/100 г						
	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Mn
Контроль	20,45	101,17	71,94	15,02	0,57	1,03	0,41
«Таємниця»	26,33	118,83	81,46	17,06	0,66	1,20	0,46
«Лісовий подих»	24,37	116,57	81,60	17,09	0,67	1,22	0,46
«Амарантова магія»	81,35	222,11	274,64	113,23	1,53	3,87	1,62
«Амарантове диво»	81,35	222,11	274,64	113,23	1,53	3,87	1,62
Добова потреба для підлітків ч/ж	2500	1200	400/300	1200	12/18	15/13	-
Добова потреба для дорослих ч/ж	2000	1200/1100	400/500	1200	15/17	15/12	2,0

Вміст калію збільшено на 28,8 % для крекеру «Таємниця», – на 19,2 % для крекеру «Лісовий подих», – в 4 рази для крекерів «Амарантова магія» та

«Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Вміст кальцію збільшено на 16,8 % для крекери «Таємниця», – на 15,2 % для крекери «Лісовий подих», – в 2,2 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком.

Вміст магнію збільшено на 13,2 % для крекери «Таємниця», – на 13,4 % для крекери «Лісовий подих», – в 3,8 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Вміст фосфору збільшено на 13,6 % для крекери «Таємниця», – на 13,8 % для крекери «Лісовий подих», – в 7,5 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Вміст заліза збільшено на 15,8 % для крекери «Таємниця», – на 17,5 % для крекери «Лісовий подих», – в 2,7 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Вміст цинку збільшено на 16,5 % для крекери «Таємниця», – на 18,4 % для крекери «Лісовий подих», – в 3,8 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком. Вміст мангану збільшено на 12,2 % для крекерів «Таємниця» та «Лісовий подих», – в 4 рази для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво», порівняно з контрольним зразком.

Задоволення у мінеральних речовин для крекери наведені в таблиці 6.14.

Таблиця 6.14 – Кількість мінеральних речовин у 100 г виробу від норми добової фізіологічної потреби людини

Зразки крекерів	Кількість мінеральних речовин г у 100 г виробу / від норми добової фізіологічної потреби людини, %						
	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Mn
Контроль	0,8/1,0	8,4/9,2	24/18/14,4	1,3	4,8/3,2 3,8/3,3	6,9/7,9 6,9/8,6	20,5
«Таємниця»	1,1/1,3	9,9/10,8	27,2/20,4/16,3	1,4	5,5/3,7 4,4/3,9	8,0/9,2 8,0/10,0	23,0
«Лісовий подих»	1,0/1,2	9,7/10,6	27,2/20,4/16,3	1,4	5,6/3,7 4,5/3,9	8,1/9,4 8,1/10,2	23,0
«Амарантова магія»	3,3/4,1	18,5/20,2	91,5/68,7/54,9	9,4	12,8/8,5 10,2/9,0	25,8/29,8 25,8/32,3	81,0
«Амарантове диво»	3,3/4,1	18,5/20,2	91,5/68,7/54,9	9,4	12,8/8,5 10,2/9,0	25,8/29,8 25,8/32,3	81,0

Кількість пребіотики гуміарабіка становить для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» – 2,54 г/100 г продукту.

Для розрахунку комплексного показника якості, було визначено групові показники, які в свою чергу складаються з одиничних, що характеризуються базовими значеннями. Розрахунок одиничних профілів наведено в таблиці 6.15, 6.16. Враховуючи, що дійсні значення комплексного показника якості відповідають такій оцінці: 0,9...1,0 – оцінка «відмінно»; 0,75...0,89 – «добре»; 0,50...0,74 – «задовільно»; 0,49 і менше «незадовільно».

Таблиця 6.15 – Визначення одиничних показників крекерів

Група показників	Найменування показників	Базове значення	Коефіцієнт вагомості одиничного показника якості	Дійсні значення показників якості/Значення Кі з урахування коефіцієнта вагомості									
				Контроль		«Гасмниця»		«Лісовий подих»		«Амарантова магія»		«Амарантове диво»	
P ₁	Органолептичні показники		0,3										
P ₁₁	Форма	5,0 балів	0,15	4,32	0,13	4,92	0,15	4,92	0,15	4,90	0,15	4,91	0,15
P ₁₂	Поверхня	5,0 балів	0,15	4,12	0,12	4,85	0,15	4,80	0,14	4,77	0,15	4,77	0,15
P ₁₃	Колір	5,0 балів	0,15	4,25	0,13	4,95	0,15	4,83	0,14	4,90	0,15	4,90	0,15
P ₁₄	Вигляд у розломі	5,0 балів	0,10	4,12	0,08	4,82	0,10	4,82	0,10	4,79	0,10	4,80	0,10
P ₁₅	Смак	5,0 балів	0,25	4,21	0,21	4,90	0,24	4,85	0,24	4,85	0,24	4,85	0,24
P ₁₆	Запах	5,0 балів	0,20	4,02	0,16	5,00	0,2	5,00	0,2	4,79	0,19	4,80	0,19
P ₂	Фізико-хімічні показники Намочуваність	150 %	1	158	1,05	172	1,15	173	1,15	177	1,18	177	1,18
P ₃	Харчова цінність												
P ₃₁	Вміст НАК		0,3	1,29	0,38	1,31	0,39	1,24	0,37	1,31	0,39	1,31	0,39
P ₃₁ ¹	Валін	4,0 г/100 г	0,125	4,65	0,14	4,61	0,14	4,58	0,14	4,62	0,14	4,62	0,14
P ₃₁ ²	Ізолейцин	3,0 г/100 г	0,125	4,28	0,17	4,29	0,18	4,26	0,13	4,06	0,17	4,06	0,17
P ₃₁ ³	Лейцин	6,1 г/100 г	0,125	8,07	0,17	8,05	0,17	8,00	0,16	6,70	0,14	6,70	0,14
P ₃₁ ⁴	Лізин	4,8 г/100 г	0,125	2,44	0,06	2,47	0,06	2,45	0,06	4,06	0,11	4,06	0,11
P ₃₁ ⁵	Метіонін+Цистеїн	2,3 г/100 г	0,125	3,42	0,18	3,43	0,19	3,41	0,19	3,11	0,17	3,11	0,17
P ₃₁ ⁶	Треонін	2,5 г/100 г	0,125	3,06	0,15	3,11	0,16	3,09	0,15	3,49	0,17	3,49	0,17
P ₃₁ ⁷	Триптофан	0,66 г/100 г	0,125	0,98	0,19	0,97	0,18	0,96	0,18	1,13	0,21	1,13	0,21
P ₃₁ ⁸	Фенілаланін+Тирозин	4,1 г/100 г	0,125	7,46	0,23	7,40	0,23	7,46	0,23	6,42	0,20	6,42	0,20
P ₃₂	Вміст жирів		0,15	0,61	0,09	0,41	0,06	0,41	0,06	0,44	0,07	0,44	0,07
P ₃₂ ¹	Вміст НЖК	18,4 г/100 г	0,33	5,74	0,10	4,37	0,08	4,37	0,08	4,60	0,08	4,60	0,08

Закінчення таблиці 6.17

P ₃₂ ²	Вміст МНЖК	37,2 г/100 г	0,33	9,43	0,08	7,00	0,06	7,01	0,06	7,11	0,06	7,11	0,06
P ₃₂ ³	Вміст ПНЖК	6,2 г/100 г	0,34	7,80	0,43	4,87	0,27	4,88	0,27	5,46	0,30	5,46	0,30
P ₃₃	Вміст вуглеводів		0,2	0,13	0,03	0,14	0,03	0,14	0,04	0,24	0,05	0,24	0,05
P ₃₃ ¹	Вміст цукрів	60 г/100 г	0,2	8,72	0,03	5,59	0,02	5,59	0,02	5,46	0,02	5,46	0,02
P ₃₃ ²	Вміст крохмалю	240 г/100 г	0,2	55,78	0,05	63,39	0,05	63,67	0,05	52,72	0,05	52,72	0,05
P ₃₃ ³	Вміст харчових волокон	20 г/100 г	0,6	2,84	0,05	3,23	0,07	3,31	0,07	8,43	0,17	8,43	0,17
P ₃₄	Вміст вітамінів		0,1	0,06	0,006	0,087	0,009	0,087	0,009	0,141	0,02	0,141	0,02
P ₃₄ ¹	Вітамін В ₂	1,2 мг/100 г	0,2	0,03	0,005	0,04	0,007	0,04	0,007	0,10	0,02	0,10	0,02
P ₃₄ ²	Вітамін В ₄	500,0 мг/100 г	0,2	42,22	0,016	47,98	0,02	48,07	0,02	51,65	0,02	51,65	0,02
P ₃₄ ³	Вітамін В ₅	5,0 мг/100 г	0,2	0,24	0,009	0,28	0,01	0,28	0,01	0,75	0,03	0,75	0,03
P ₃₄ ⁴	Вітамін В ₆	1,25 мг/100 г	0,2	0,14	0,02	0,16	0,03	0,16	0,03	0,32	0,051	0,32	0,051
P ₃₄ ⁵	Вітамін В ₉	0,4 мг/100 г	0,2	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02
P ₃₅	Вміст мінеральних речовин		0,25	0,086	0,02	0,099	0,03	0,097	0,03	0,312	0,08	0,312	0,08
P ₃₅ ¹	Калій	2250,0 мг/100 г	0,15	20,45	0,0014	26,33	0,0018	24,37	0,0016	81,35	0,0054	81,35	0,0054
P ₃₅ ²	Кальцій	1150,0 мг/100 г	0,15	101,17	0,013	118,83	0,015	116,57	0,015	222,11	0,029	222,11	0,029
P ₃₅ ³	Магній	400,0 мг/100 г	0,14	71,94	0,025	81,46	0,029	81,60	0,029	274,64	0,096	274,64	0,096
P ₃₅ ⁴	Фосфор	1200,0 мг/100 г	0,14	15,02	0,0018	17,06	0,002	17,09	0,002	113,23	0,013	113,23	0,013
P ₃₅ ⁵	Залізо	15,5 мг/100 г	0,14	0,57	0,0051	0,66	0,006	0,67	0,0061	1,53	0,014	1,53	0,014
P ₃₅ ⁶	Цинк	13,3 мг/100 г	0,14	1,03	0,011	1,20	0,013	1,22	0,013	3,87	0,041	3,87	0,041
P ₃₅ ⁷	Манган	2,0 мг/100 г	0,14	0,41	0,029	0,46	0,032	0,46	0,032	1,62	0,113	1,62	0,113

Таблиця 6.16 – Визначення групових показників крекерів

Група показників	Найменування показників	Коефіцієнт вагомості одиничного показника якості	Дійсні значення показників якості/Значення Кі з урахування коефіцієнта вагомості									
			Контроль		«Таємниця»		«Лісовий подих»		«Амарантова магія»		«Амарантове диво»	
P ₁	Органолептичні показники	0,4	0,83	0,33	0,99	0,40	0,97	0,39	0,98	0,39	0,98	0,39
P ₂	Фізико-хімічні показники	0,25	1,05	0,26	1,15	0,29	1,15	0,29	1,18	0,30	1,18	0,30
P ₃	Харчова цінність	0,35	0,52	0,18	0,52	0,18	0,51	0,18	0,61	0,21	0,61	0,21
	Значення КПЯ	—	-	0,77	-	0,87	-	0,86	-	0,90	-	0,90

Можна зробити висновок, що всі нові зразки крекерів за комплексним показником якості мають високу оцінку. Оскільки комплексний показник якості контрольного зразку становить 0,77; крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» – 0,90; крекеру «Таємниця» – 0,87; крекеру «Лісовий подих» – 0,86.

6.4. Дослідження зміни ліпідної фракції при зберіганні крекерів та обґрунтування терміну їх придатності

Удосконалення технологій передбачає створення нової конкурентоспроможної продукції, яка зберігає показники якості протягом тривалого терміну. Під час зберігання крекерів, домінуючим фактором його якості виступають зміни в його ліпідній фракції, яка під час зберігання змінює показники якості, викликаючи окислювальне прогіркання жирів, тим самим погіршує органолептичні показники крекерів, харчову та біологічну цінність.

Окислювальні процеси в жирах призводять до виникнення сполук перекисного характеру, які є носіями неприємного смаку та аромату. Пероксидне число жиру є показником вмісту первинних продуктів окиснення в жирі (пероксидів та гідропероксидів). Показниками вторинних продуктів окиснювання жирів можуть бути кислотне, бензидинове та карбонільне число. Гальмування окислювальних процесів ліпідної фракції можливе за рахунок внесення додаткових антиоксидантів природного походження.

Рекомендований термін придатності крекеру в залежності від виду сировини згідно ДСТУ 4052:2017 становить від 3 до 6 міс. Тому для прогнозування збільшення терміну придатності виробів проводили дослідження зміни пероксидного та кислотного чисел під час зберігання розроблених зразків. Зразки крекерів зберігалися у поліпропіленовій плівці за температури 18 ± 5 °C і відносної вологості повітря 75 %.

За результатами визначення пероксидного числа встановлено, що кількість пероксидів досліджуваних зразків була меншою за контрольний зразок: у 1,61 рази крекеру «Таємниця», у 1,57 рази для крекеру «Лісовий подих», у 1,70 рази для крекеру «Амарантове диво», у 1,65 для крекеру «Амарантова магія». Результати наведені на рис. 6.6. Дані результати можна пояснити додатковим внесенням рослинної ПАС, амарантового борошна та ГА, які володіють антиоксидантними властивостями, що здатні обривати ланцюг вільнорадикальної реакції.

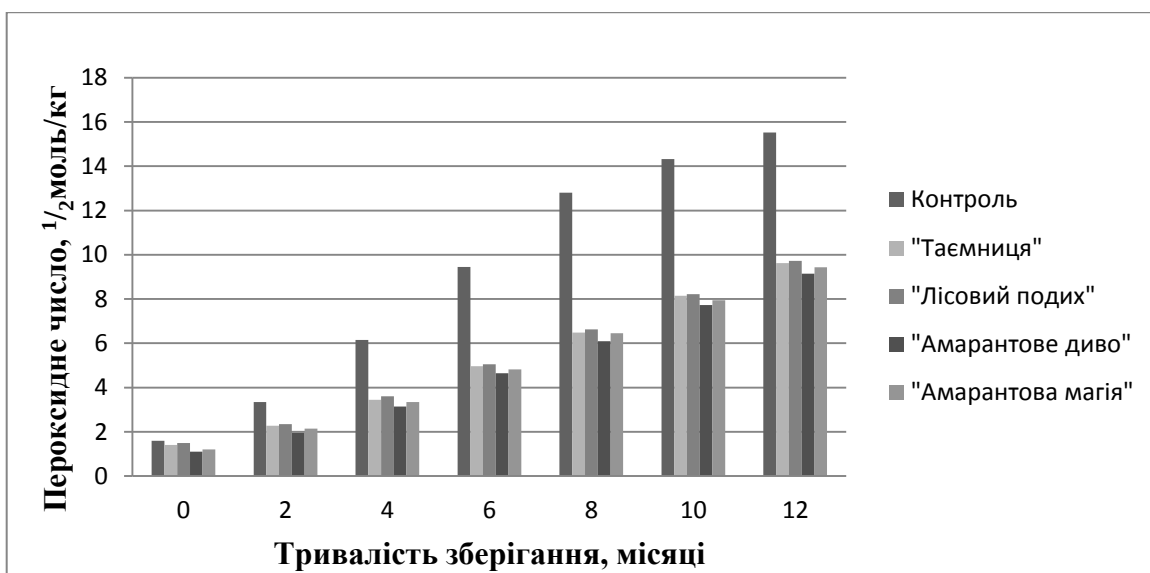


Рис. 6.6. Динаміка зміни пероксидного числа ліпідної фракції крекерів у процесі зберігання за стандартних умов (18 ± 5 °C)

Кислотне число жиру є непрямим показником вмісту вільних жирних кислот, які з'являються в жирах під час зберігання. Причиною підвищеної кислотності жиру можуть бути також окислювальні процеси, які відбуваються під час зберігання жирів. Результати визначення кислотного числа під час зберігання крекерів наведені на рис. 6.7.

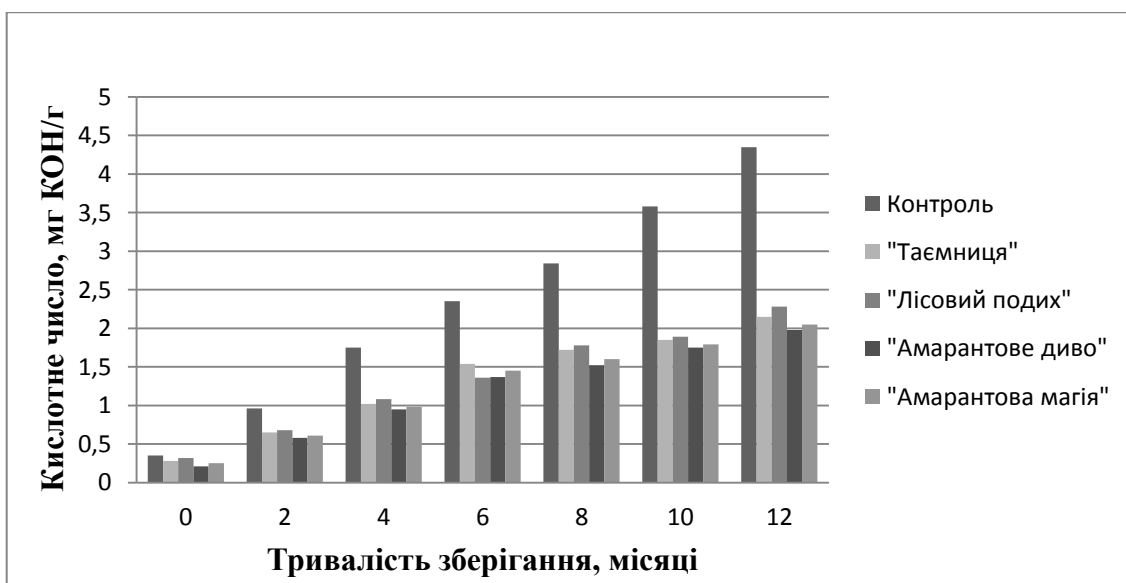


Рис. 6.7. Динаміка зміни кислотного числа ліпідної фракції крекерів у процесі зберігання за стандартних умов (18 ± 5 °C)

З рис. 6.7 видно, що за рахунок внесення добавок значно зменшуються окислювальні процеси, що відбуваються під час зберігання. Порівняно з контрольним зразком, спостерігається сповільнене накопичення вільних жирних кислот, що свідчить про зменшення вторинного окиснення жирів. Так, порівняно з контрольним зразком, кислотне число крекери «Таємниця» менше у 2,0 рази, для крекери «Лісовий подих» – у 1,9 рази, для крекери «Амарантове диво» – у 2,2 рази, для крекери «Амарантова магія» – у 2,1 рази.

Результати контрольного та дослідних зразків крекерів свідчать, що додаткове внесення нетрадиційної рослинної сировини, а саме листків МД та ПС, обробка крекерів МЕ, часткова заміна амарантовим борошном та внесення структуроутворювача ГА сповільнюють процес накопичення пероксидів та вільних жирних кислот, за рахунок природних антиоксидантних властивостей, що дає змогу підвищити термін зберігання крекерів до 12 місяців.

6.5. Розрахунок соціальної та економічної ефективності від впровадження технологій нового асортименту крекерів

Розрахунок економічної ефективності виробництва крекерів із застосуванням нетрадиційної рослинної сировини є завершальним етапом розробки нових технологій. У додатку Б наведено детальний розрахунок виробництва крекерів із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача, пряно-ароматичної сировини, амарантового борошна, гуміарабіку та масляних екстрактів. Основні економічні показники наведені в таблицях 6.17 та 6.18.

Таблиця 6.17 – Планова калькуляція витрат на виробництво 1 т крекерів

Стаття калькуляції	Зразки крекерів				
	Контроль	«Таємниця»	«Лісовий подих»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»
Сировина та основні матеріали	38995,43	64885,51	49990,97	130911,26	137872,73
Транспортно – заготівельні витрати	1965,32	3244,28	2499,55	6545,56	6893,64
Пакувальні матеріали	2186,9	2186,9	2186,9	2186,9	2186,9
Паливо та електроенергія на технологічні потреби	214,39	214,39	214,39	214,39	214,39
Фонд оплати праці	1116,35	1116,35	1116,35	1116,35	1116,35
Відрахування на ЄСФ	262,34	262,34	262,34	262,34	262,34
Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	669,81	669,81	669,81	669,81	669,81
Загальновиробничі витрати	3974,22	3974,22	3974,22	3974,22	3974,22
Виробнича собівартість	50471,82	77757,04	62119,48	147110,75	154418,39
Адміністративні витрати	3349,06	3349,06	3349,06	3349,06	3349,06
Витрати на збут	403,77	622,06	496,96	1176,89	1235,35
Повна собівартість	54224,66	81728,15	65965,5	151636,7	159002,8
Рентабельність, %	5	5	5	5	5
Прибуток	2711,23	4086,4	3298,27	7581,84	7950,14
Відпускна ціна підприємства (без ПДВ)	56935,89	85814,57	69263,17	159218,54	166952,94
ПДВ, грн	11387,18	17162,91	13852,75	31843,7	33390,59
Відпускна ціна на 1 т, грн	68323,07	102977,48	83116,53	191062,24	200343,53
Відпускна ціна на 1 кг, грн	68,32	102,98	83,17	191,06	200,34
Торгівельна націнка, %	10	10	10	10	10
Роздрібна ціна 1,0 кг виробу, грн	75,15	113,28	91,43	210,17	220,38
Роздрібна ціна 0,2 кг виробу, грн	16,53	24,16	19,79	43,53	45,58

Таблиця 6.18 – Калькуляція витрат на виробництво 1т крекеру порівняно з контрольним зразком

Стаття калькуляції	Крекер				
	Контроль	«Таємниця»	«Лісовий подих»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»
Відпускна ціна на 1т, грн.	68323,07	102977,48	83116,53	191062,24	200343,53
Різниця, грн.	-	↑34654,41	↑14793,46	↑122739,17	↑132020,46
Повна собівартість	54224,66	81728,15	65965,5	151636,7	159002,8
Різниця, грн.	-	↑27503,49	↑11740,84	↑97405,04	↑104778,14
Прибуток	2711,23	4086,4	3298,27	7581,84	7950,14
Різниця, грн.	-	↑1375,17	↑587,04	↑4870,61	↑5238,91

З таблиці 6.18 видно, що у всіх зразках крекерів, порівняно з контрольним зразком, повна собівартість, а відповідно і відпускна ціна, зростають за рахунок додаткової вартості сировини функціонального спрямування (амарантового борошна, гуміарабіку, L-цистеїнового поліпшувача та пряно-ароматичної сировини). Зокрема, амарантове борошно, яке характеризується високою вартістю, підвищує собівартість виробів в 2,8–2,9 рази, порівняно з контролем, при цьому в даних зразках прибуток також зростає. Відчутна різниця в собівартості між досліджуваними зразками обумовлена також різною ціновою політикою на ПАС, а саме, ПС та МД, ціна яких складає 250 та 815 грн/кг. В той же час, досягається соціальний ефект, оскільки підвищується харчова та біологічна цінність виробів за рахунок внесення амарантового борошна, гуміарабіку, збільшується термін зберігання виробів за рахунок внесення ПАС, яка виступає у якості натурального антиоксиданту та ароматизатору.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Удосконалена технологія і розроблені рецептури нового асортименту крекерів з пікантним смаком, які мають високу конкурентоспроможність завдяки покращення структури шляхом додавання технологічного поліпшувача на основі L-цистеїну; підвищення харчової та біологічної цінності виробів на основі амарантового борошна та пребіотика гуміарабіку; створення оригінального пряно-ароматичного смаку та аромату виробів за рахунок внесення порошків з листків пажитника сінного і монарди двійчастої та масляних екстрактів на їх основі; збільшення терміну зберігання виробів завдяки введенню природних антиоксидантів.

2. Затверджені РЦ та ТІ на нові види крекерів «Таємниця», «Лісовий подих», «Амарантова магія» та «Амарантове диво». Технології крекерів апробовані на ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква) та ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква). На професійному конкурсі «Солодкий тріумф 2018» крекери «Таємниця», «Лісовий подих», «Амарантова магія», «Амарантове диво» отримали нагороду за високу якість.

3. Розраховано комплексний показник якості з врахуванням диференційних показників органолептичних, фізико-хімічних та харчової цінності, який показав, що нові види крекерів мають високу оцінку. Визначено, що вміст жиру знижено у крекерах на 24,3-29,5 %. Збільшено вміст вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон. Для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» вміст харчових волокон збільшено в 3 рази, порівняно з контрольним зразком, кількість пребіотика гуміарабіка становить 2,54 г/100 г виробу.

4. Доведено, що крекери мають підвищену біологічну цінність. Визначено, що вміст білків збільшено у крекері «Таємниця» на 13,4%, «Лісовий подих» на 14,3 %, «Амарантова магія» та «Амарантове диво» на 34,2 %, порівняно з контрольним зразком. Домінуючими амінокислотами для крекерів «Амарантова магія», «Амарантове диво» є триптофан та фенілаланін+тирозин.

Амінокислотний скор для крекерів «Амарантова магія», «Амарантове диво» за лізином збільшився у 1,67 рази, за триптофаном – у 1,15 рази.

5. При дослідженні зміни ліпідної фракції під час зберігання крекерів, доведено високий антиоксидантний потенціал сировини, оскільки відбувається повільне накопичення пероксидів та вільних жирних кислот порівняно з контрольним зразком, що дають змогу підвищити термін зберігання виробів до 12 місяців.

6. На підставі розрахунку економічного ефекту встановлено, що впровадження нових видів крекерів дозволить збільшити прибуток від реалізації. Досягається соціальний ефект, завдяки підвищенню харчової і біологічної цінності виробів.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ РОЗДІЛУ

1. Крекер «Таємниця» : пат. 118073 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01), А21D 2/36 (2006.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21. 4 с.

2. Крекер «Амарантова магія» : пат. 131267 Україна : МПК А 23 G 3/00 (2006) ; заявл. 03.07.2018 ; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1. 4 с.

3. Крекер «Амарантове диво» : патент 131 265 Україна : МПК А 23 G 3/00 (2006) ; заявл. 03.07.2018 ; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1, 4 с.

4. Спосіб виробництва крекеру «Лісовий подих» : пат. 118528 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2, 3 с.

5. Крекер «Лісовий подих» : патент 118931 Україна : МПК А21D 13/80 (2017.01), А23L 7/00, А23L 29/206 (2016.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6. 4 с.

6. Спосіб виробництва крекеру «Таємниця» : пат. 118930 Україна : МПК А21D 2/36 (2006.01), А21D 13/80 (2017.01) ; заявл. 20.02.2018 ; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6, 3 с.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Науково обґрунтовано удосконалення технології крекерів та розроблено рецептури з поліпшеними структурними характеристиками, підвищеною харчовою та біологічною цінністю, оригінальним пряно-ароматичними смаком та ароматом, з подовженим терміном зберігання за рахунок додаванням технологічного поліпшувача L-цистеїну, амарантового борошна, гуміарабіку TM«Fibregum B», пряно-ароматичної сировини (листіків монарди двійчастої та пажитника сінного) та масляних екстрактів на їх основі.

2. Доведено, що застосування L-цистеїнового поліпшувача «EMCEsoft P 10» впливає на показники якості клейковини пшеничного борошна: збільшує розтяжність та індекс ІДК, зменшує водопоглинальну здатність, збільшує розрідження та еластичність тіста. Технологічний поліпшувач при виробництві крекерів дозволяє корегувати структурно-механічні характеристики тіста, а саме зменшує граничну напругу зсуву та збільшує адгезійну міцність.

3. За оптимізацією рецептурного складу визначено, що для формування необхідної структури тіста оптимальне дозування цистеїнового поліпшувача «EMCEsoft P 10» становить 0,03% до маси борошна, масова частка води тіста 30 %, тривалість ферментації тіста 33 хв. Сорбційними дослідженнями доведено, що застосування технологічного поліпшувача сприяє збільшенню пористості печива, оскільки питома поверхня зразків крекерів зменшується, а сорбційний об'єм та діаметр пор зростають.

4. Доведено, що із заміною пшеничного борошна на амарантове у кількості 50 % знижувалися показники якості клейковини та структурні характеристики крекерного тіста. Фаринографічними дослідженнями встановлено зростання водопоглинальної здатності композитної суміші, збільшення розрідження у 1,56 рази та зменшення еластичності у 1,61 рази. Доведено ефективність застосування гідроколоїду камеді акації гуміарабіку TM«Fibregum B» для підвищення СМВ крекерного тіста. Підвищення пружно-пластичних властивостей тіста пов'язано зі зв'язуванням вільної води

харчовими волокнами полісахариду та гідрофобних взаємодій молекули гуміарабіку з клейковинним комплексом пшеничного борошна.

5. За результатами оптимізації рецептурного складу та технологічних режимів приготування крекерного тіста з частковою заміною пшеничного борошна на амарантове у кількості 50 % встановлено, що оптимальне дозування гуміарабіку – 3 % до маси борошна, масова частка води тіста 34,0 %, тривалість замісу 45 хв.

6. Дослідженнями форми зв'язку води крекерного тіста з додаванням амарантового борошна та гуміарабіку встановлено зменшення кількості вільної та збільшення кількості адсорбційної води, що пояснюється утворенням більш міцних зв'язків між молекулами високомолекулярних сполук внаслідок зв'язування вільної води гуміарабіком. Встановлено, що амарантове борошно та гуміарабік сприяють збільшенню енергії активації для крекерного тіста при видаленні міцно зв'язаної води.

7. Науково обґрунтована доцільність застосування пряно-ароматичної сировини листків пажитника сінного та монарди двійчастої у створенні технології крекерів з покращеними органолептичними показниками та подовженим терміном зберігання. За результатами аналізу хімічного складу сировини встановлено, що листки монарди двійчастої та пажитника сінного містять вітамін С, каротин, дубильні речовини, ефірну олію. Рентренфлюоресцентним аналізом визначено, що листки монарди та пажитника містять велику кількість макро- та мікроелементів. Кількість калію в монарді двійчастій становить 9890 мкг/г, кальцію – 6200 мкг/г; у листках пажитника сінного кількість калію – 7421,57 мкг/г, кальцію – 3170 мкг/г.

8. За допомогою рідинної хроматографії, спектроскопії та газової хроматографії доведено високий антиоксидантний потенціал монарди двійчастої та пажитника сінного. Листки монарди містять фенолкарбонові кислоти, зокрема кавову, флавоноїди, третбутилкатехол, бутилгідрокінон, володіє бактерицидними властивостями завдяки вмісту тимолу, карвакролу, d-гермакрину, альфа-терпіноліну. Вміст флавоноїдних сполук листків монарди

двійчастої становить 0,65 мг/г або 65 мг% (в перерахунку на рутин). Листки пажитника сінного містять фенолкарбонові кислоти, флавоноїдні сполуки (катехіни), хлорофіл, алкалоїд трегонелін, які мають високий антиоксидантний потенціал, ідентифіковано велику кількість органічних кислот, вуглеводів, амінокислот та ароматичних речовин.

9. Визначено, що за органолептичними показниками раціональна кількість порошків з листків монарди двійчастої становить 3,0 %, пажитника сінного – 2,0 % до маси жиру, що вноситься під час ламінування тістової стрічки. Дослідженнями зміни пероксидного та кислотного чисел кондитерського жиру під час зберігання доведено ефективність застосування даної пряно-ароматичної сировини у якості природного антиоксиданту, оскільки відбувається повільне накопичення пероксидів та вільних жирних кислот.

10. Розроблена технологія приготування масляних екстрактів на основі листків монарди двійчастої та пажитника сінного. Науково обґрунтована доцільність застосування даних екстрактів для оброблення крекерів після їх термообробки для надання привабливого пряно-ароматичного смаку та аромату, а також для подовження терміну зберігання виробів.

11. Розроблені та затверджені РЦ та ТІ на нові види крекерів «Таємниця», «Лісовий подих» із застосуванням L-цистеїнового поліпшувача, порошків пряно-ароматичної сировини та масляних екстрактів, «Амарантова магія» та «Амарантове диво» із застосуванням амарантового борошна, гідроколоїду – гуміарабіку та масляних екстрактів на їх основі. Технології крекерів апробовані на ФОП «Маршалок В.А.» (м. Біла Церква) та ФОП «Марченко В.Б.» (м. Біла Церква). На професійному конкурсі «Солодкий тріумф 2018» крекери «Таємниця», «Лісовий подих», «Амарантова магія», «Амарантове диво» отримали нагороду за високу якість.

12. Розраховано комплексний показник якості з врахуванням диференційних показників органолептичних, фізико-хімічних та харчової цінності, який показав, що нові види крекерів заслуговують високої оцінки. Нові види

крекерів мають покращені органолептичні показники, збільшений вміст вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон. Для крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» вміст харчових волокон збільшено в 3 рази, порівняно з контрольним зразком, кількість пребіотика гуміарабіка становить 2,54 г/100 г виробу. Визначено, що вміст жиру знижено у крекерах на 24,3-29,5 %. Доведено, що крекери мають підвищену біологічну цінність. Визначено, що вміст білків збільшено у крекері «Тасмниця» на 13,4 %, «Лісовий подих» на 14,3 %, «Амарантова магія» та «Амарантове диво» на 34,2 %, порівняно з контрольним зразком.

13. Розраховано економічну ефективність від впровадження нових видів крекерів. Встановлено, що прибуток від реалізації 1 т крекерів становить від 3298,27 до 7950,14 грн. Підтверджено соціальний ефект, оскільки нові види крекерів мають підвищену харчову та біологічну цінність, оригінальні пряно-смакові властивості та подовжений термін зберігання крекерів до 12 місяців за рахунок внесення пряно-ароматичної сировини, амарантового борошна та гуміарабіку, які володіють антиоксидантними властивостями та запобігають процесам окислення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Демяненко К. А. Тенденції розвитку кондитерського ринку України в сучасних умовах. *Молодий вчений*. 2016. № 9 (36). С. 45–49.
2. Ткачов А. Обзор рынка мучных кондитерских изделий Украины. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2015. № 2. С. 14–17.
3. Тарасевич А. П. Дослідження сучасного стану та динаміки вітчизняного кондитерського ринку. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 8. С. 626–630.
4. Кроніковський Д. О. Тенденції кондитерської промисловості України. *Ефективна економіка*. 2014. № 10. С. 60–65.
5. Мартиновський В. С., Сьоміна Ю. О. Сучасний стан і перспективи розвитку кондитерської галузі України. *Економіка харчової промисловості*. 2014. № 2 (22). С. 43–45.
6. Мэнли Д. Мучные кондитерские изделия. Санкт-Петербург : Профессия, 2005. 558 с.
7. Оболкина В. И., Дудко С. Д., Букшина Л. С., Сидорченко Е. Б. Производство мучных кондитерских изделий из слоенного теста. *Хлебопекарское и кондитерское Дело*. 2013. № 3. С. 13–16.
8. Оболкина В. И., Букшина Л. С., Яворська Л. Н. Слоеное печенье с пикантным вкусом. *Продукты & Ингредиенты*. 2015. № 1–2. С. 22–24.
9. Лебедева Л. Н., Дудко С. Д., Оболкина В. И. Производство кондитерских изделий на предприятиях и в цехах малой мощности. Киев : Фирма «ИНКОС», 2012. 416 с.
10. Олексієнко Н., Букшина Л., Оболкіна В. Приготування листкових заморожених напівфабрикатів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2013. № 6 (103). С. 7–10.
11. Семченко В. Технологические секреты производства слоенных изделий. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. № 4 (113). С. 17–24.

12. Научный подход к обоснованию выбора жиров для кондитерских изделий различных групп / И. М. Святославова [и др.]. *Кондитерское производство*. 2011. № 4. С. 34–35.
13. Султанович Ю. А., Мельников В. В. Современные тенденции развития производства специальных жиров и маргаринов. *Хлебопечение России*. 2012. № 2. С. 32–34.
14. Бурлова И. А., Зотова О. А., Духу Т. А. Технологичность и функциональность маргаринов – гарантия качества мучных кондитерских изделий. *Кондитерское производство*. 2012. № 1. С. 12–13.
15. Мельников В. В. Кондитерские жиры с низким содержанием транс-изомеров. *Кондитерское и хлебопекарское производство*. 2012. № 9. С. 30–31.
16. Сергачёва Е. С. Влияние различных кондитерских жиров на свойства теста и качество печенья. *Масла и жиры*. 2010. № 1/2. С. 12–13.
17. Духу Т. А., Бурлова И. А., Зотова О. А. Влияние функциональности и технологичности маргаринов на качество кондитерских изделий. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2012. № 8. С. 22–24.
18. Урфин С. Основные критерии к технологии производства слоеного теста. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 1 (122). С. 13–18.
19. Горбань Н. Технологические секреты производства слоенных изделий. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2011. № 9 (82). С. 24–27.
20. Скороженко М. П. Технологические процессы производства слоенных изделий с применением различных жировых продуктов. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2009. № 4. С. 10–12.
21. Оболкина В. И., Букшина Л. С., Дудко С. Д. Технологические особенности и технические решения производства изделий из слоеного теста. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 7. С. 36–39.

22. Чайка И. Ферменты позволяют пекарям экономить сырье и энергоносители. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2011. № 4. С. 17–19.
23. Хоппер Л. Как в Европе улучшают качество муки. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. № 11 (120). С. 16–19.
24. Хмарская Н. Применение разрыхлителей и ферментов при производстве мучных кондитерских изделий. *Хлебный и кондитерский Бизнес*. 2016. № 1. С. 24–26.
25. Капрельянц Л. В. Ферменты в пищевых технологиях : монография. Одесса, 2009. 468 с.
26. Gurung N., Ray S., Bose S., Rai V. A Broader View: Microbial Enzymes and Their Relevance in Industries, Medicine, and Beyond. *BioMed Research International*. 2013. Vol. 2013. P. 1–18.
27. Шматченко И. Применение улучшителей качества хлеба. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2014. № 4 (113). С. 12–13.
28. Мась П. Улучшение качества муки при производстве хлебобулочных изделий. *Хлебный и кондитерский Бизнес*. 2013. № 3. С. 24–25.
29. Kweon M., Slade L., Levine H. Development of a Benchtop Baking Method for Chemically Leavened Crackers. I. Identification of a Diagnostic Formula and Procedure. *Cereal chemistry*. 2011. № 88. С. 19–24.
30. Kweon M., Slade L., Levine H. Development of a Benchtop Baking Method for Chemically Leavened Crackers II. Validation of the Method. *Cereal chemistry*. 2011. № 88. С. 25–30.
31. Жмурина С., Красильников В., Куткіна М. Ферментні препарати протеолітичної дії. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. № 6. С. 40–42.
32. Даценко А. Современные пищевые добавки. И новые технологии, и прибыльность производства. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 5(126). С. 36–40.

33. Багрянцева О. В., Шатров Г. Н., Арноутов О. В. Вопросы безопасного использования ферментных препаратов, пищевых добавок, и ароматизатором, полученных методом биотехнологии. *Пищевая промышленность*. 2016. № 6. С. 69–73.
34. Наливайко Н. Проанализируем пищевые добавки с различных точек зрения. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2012. № 3 (88). С. 28–31.
35. Иванова Е. С. Разработка технологии слоенных изделий на основе ржаной муки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07. Санкт-Петербург, 2013. 120 с.
36. Кнопова С. И., Савенкова Т. В. Современный подход к разработке крекера нового поколения. *Кондитерское производство*. 2009. № 2. С. 16–17.
37. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Л. В. Римарева [и др.]. *Вопросы питания*. 2017. Т. 86, № 5. С. 63–74.
38. По материалам журнала «Best flours. Новости компании Mühlenchemie». Ферменты в сфере улучшения муки. *Хлебопекарский и кондитерский бизнес*. 2014. № 10. С. 18–19.
39. По материалам журнала «Best flours. Новости компании Mühlenchemie». Улучшители муки окислительного и восстановительного действия. *Хлебопекарский и кондитерский бизнес*. 2015. № 1. С. 20–21.
40. Mühlenchemie. Ферментні препарати компанії Mühlenchemie у виробництві вафель та вафельних виробів. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2015. № 2. С. 28–29.
41. Сирохман І. В., Донцова І. В. Сучасні напрями поліпшення споживних властивостей жировмісних кондитерських виробів : монографія. Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2010. 320 с.
42. Димань Т. Т. Функціональні продукти: користь і здоров'я. *Харчова і переробна промисловість*. 2006. № 8–9. С. 24–25.
43. Цыган О. О., Текутьева Л. А., Бобченко В. И., Павлова Ж. П. О возможности использования нетрадиционного сырья в производстве мучных

кондитерских изделий. Материалы 2 Международной научно-технической конференции, Владивосток, 22-24 мая, 2012 г. Владивосток, 2012. С. 146–150.

44. Макарова О. В. Удосконалення технології борошняних кондитерських виробів на основі композитних сумішей : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Одеса, 2005. 180 с.

45. Ткаченко А. С. Поліпшення жирнокислотного складу цукрового печива за рахунок використання нетрадиційних олій. *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча*. 2015. Вип. 15. С. 114–119.

46. Давидович О. Я., Палько Н. С. Нетрадиційні види олій у виробництві борошняних кондитерських виробів. *Продукты & ингредиенты*. 2012. № 3. С. 8–9.

47. Canola and rapeseed: Production, Processing, Food Quality and Nutrition / edited by U. Thiyam-Holländer, N.A. Michael Eskin, Bertrand Matthäus. USA : CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton. 2012. 374 p.

48. Манжесов В. И., Трухман С. В. Продукты переработки семян рапса в производстве мучных кондитерских изделий. *Кондитерское производство*. 2010. № 6. С. 10–11.

49. Пащенко Л. П., Коваль Л. А., Пащенко В. Л. Применение семян масличного льна в мучных кондитерских изделиях. *Современные наукоемкие технологии*. 2006. № 6. С. 95–96.

50. Пищевая ценность и функциональные свойства семян льна / А. Н. Мартинчик [и др.]. *Вопросы питания*. 2012. № 3. С. 4–8.

51. Коваль Л., Пащенко В. Про функціональні властивості насіння олійного льону. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2012. № 5. С. 42.

52. Кравченко М. Ф., Ярошенко Н. Ю. Технологія пряникових виробів, збагачених кунжутним і кедровим шротом. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць*. 2015. Вип. 1 (21). С. 392–400.

53. Дзюндзя О. В., Ярошенко Н. Ю. Кондитерські вироби функціонального призначення з використанням порошків хурми. *Технологія харчування і товаровознавство*. 2011. № 4. С. 27–32.

54. Скрипко А. П. Здобне печиво оздоровчого призначення з додаванням борошна солоду вівса та пшениці : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів / Національний університет харчових технологій. Київ, 2014. 190 с.

55. Алексеев Г. В., Головацкий В. А., Краснов И. В., Азаев Р. А. Переработка нетрадиционного растительного сырья с целью дальнейшего его использования в продуктах питания. *Научный журнал НИУ ИТМО*. 2007. 1 (3). С. 2–3.

56. Железнов А. В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство. *Химия и жизнь*. 2005. № 6. С. 56–61.

57. Torres Vargas O. L., García Salcedo A. J., Calderón H. A. Physical-chemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), and chia (*Salvia hispanica* L.) flours and seeds (Caracterización fisicoquímica y estructural de harinas y semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y chía (*Salvia hispánica* L.)). *Acta Agronómica*. 2018. Vol. 67 (2). P. 215–222.

58. Иоргачева Е. Г., Макарова О.В., Котузаки Е., Кожокарь Н. Влияние мучных композитных смесей на показатели качества бисквитных полуфабрикатов. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. № 3. С. 17–21.

59. Effect of seed treatments on the chemical composition and properties of two amaranth species: starch and protein / T. H. Gamel [et al.]. *Science of Food and Agriculture*. 2005. Vol. 85. P. 319–327.

60. Pseudocereals and the possibilities of their application in food technology, Amaranth and Quinoa application in food processing / T. Haber [et al.]. *Pol. J. Appl. Sci*. 2017. Vol. 3. P. 57–65.

61. Шмалько Н. А., Росляков Ю. Ф. Амарант в пищевой промышленности. Краснодар : Просвещение-Юг, 2011. 489 с.
62. Immunological studies on Amaranth, Sunset Yellow and Curcumin as food colouring agents in albino rats / М. М. Hashem [et al.]. *Food and Chemical Toxicology*. 2010. Vol. 48. P. 1581–1586.
63. Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibres, minerals and vitamins / Т. Н. Gamel [et al.]. *Science of Food and Agriculture*. 2006. Vol. 86, №. 1. P. 82–89.
64. Кравців Р. Й., Мартинюк І.О. Харчова і біологічна цінність амарантового шроту. *Хлебопекарское и кондитерское дело*. 2005. № 3 (3). С.44–45.
65. Амарантове борошно та його використання у борошняних кондитерських виробках. URL: https://revolution.allbest.ru/cookery/00718982_0.html
66. Кононков П. Ф., Сергеева В. А. Амарант – ценная овощная и кормовая культура многопланового использования. *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 4 (83). С. 63–64.
67. Гусева В. А. (Сергеева В. А.) Амарант – перспективная культура с повышенным содержанием белка. Инновационные технологии в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур. Материалы конференции. Е. 1. ВНИИССОК. Москва, 2006. С. 97–100.
68. Чиркова Т. В. Амарант – культура XXI века. *Соросовский образовательный журнал*. 1999. № 10. С. 22–27.
69. Амарантове борошно та його використання у борошняних кондитерських виробках. URL: <https://studfile.net/preview/8107439/>
70. Алексеева Е. И. Физико-химическая характеристика сортов амаранта и их генетическая дифференциация. *Тр. Белорус. гос. ун-та. Сер.: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем*. 2010. Т. 5, № 2. С. 127–133.

71. Коренская И. М. Фармакогностическое изучение семян различных сортов амаранта печального (*Amaranthus hypochondriacus* L.) : автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2012. 27 с.
72. Височина Г. И. Амарант (*Amaranthus* L.): химический состав и перспективы использования (обзор). *Химия растительного сырья*. 2013. № 2. С. 5–14.
73. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія / А. А. Мазаракі [та ін.] ; за ред. М. І. Пересічного. Київ : КНТЕУ, 2012. 1116 с.
74. Aparecida F. T., Gomes J. A. Areas Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth grains. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 2010. № 30 (2). P. 532–538.
75. Шмалько Н. А., Комаров Ю. Ю., Чалова И. А. Белковые продукты из семян амаранта. *Фундаментальные исследования*. 2008. № 10. С. 63–64.
76. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2012. № 12. P. 381–412.
77. Pazinato C., Malta L. G., Pastore G. M., Netto F. M. Antioxidant capacity of amaranth products: effects of thermal and enzymatic treatments. *Food Science and Technology*. 2013. № 33 (3). P. 485–493.
78. Marcone M. F., Kakuda Y., Yada R.Y. Amaranth as a rich dietary source of β -sitosterol and other phytosterols. *Plant Foods Hum Nutr*. 2004. № 58. P. 207–211.
79. Tikekar R. V., Ludescher R. D., Karwe V. Processing stability of squalene in amaranth and antioxidant potential of amaranth extract. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2008. № 56 (22). P. 10675–10678.
80. Изучение биохимического состава зерна амаранта (на основе сырья Вьетнама) / Као Тхи Хуе [и др.]. *Вестник АГТУ*. 2015. № 1 (59). С. 12–18.
81. Коноков П. Ф., Гинс В. К., Гинс М. С. Амарант – перспективная культура XXI века. Москва : Изд. центр «Академия». 1999. 109 с.

82. Росляков Ю. Ф., Касьянов Г. И., Шмалько Н. А. Комплексная переработка семян амаранта с целью получения биологически активных добавок широкого спектра действия. *Успехи современного естествознания*. 2004. № 9. С. 95–96.

83. Спосіб виробництва пралінових цукерок : пат. № 17928 Україна : МПК: A23G 3/34, A23G 3/48; опубл. 03.06.1997.

84. Молодожен Ю. Б. Розробка технології желейного мармеладу на основі використання продуктів переробки амаранту : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / ОДАХТ. Одеса, 1996. 197 с.

85. Влияние продуктов переработки семян амаранта на качество помадных конфет / Н. А. Шмалько [и др.]. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2008. № 1. С. 32–34.

86. Pectic polysaccharides from the plant *Amaranthus cruentus*. Water-soluble complexes of amaranth pectin with macro- and microelements / S. T. Minzanova [et al.]. *Russian Chemical Bulletin*. 2014. Vol. 63 (9). P. 2142–2155.

87. Силков С. И., Маленок А. М. Усовершенствование технологии производства крекера с добавлением амарантовой муки. *Биотехнологии – агропромышленному комплексу России*: матер. междунар. науч.-практ. конференции (Троицк, 2017). Челябинск, 2017. С. 200–205.

88. Шмалько Н. А. Разработка технологий хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием продуктов переработки семян амаранта: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / ГОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». Краснодар, 2005. 196 с.

89. Солоницька І. В. Розробка технологій хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності з використанням листових овочів та зеленої маси амаранту : дис... канд. наук: 05.18.01 / ОДАХТ. Одеса, 2000. 205 с.

90. Росляков Ю. Ф. Инновационные разработки хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. *Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного*

сырья; импортоопережение. Сборник материалов международной научно-практической конференции, 21 июня 2016. Краснодар : КубГТУ, 2016. С. 10–16.

91. Шмалько Н. А. Сравнительный анализ белково-протеиназного комплекса хлебопекарной пшеничной амарантовой муки. *Техника и технология пищевых производств*. 2011. №2. С. 84–88.

92. Шмалько Н. А., Дроздовская Н. А., Чалова И. А., Ромашко Н. Л. Перспективы использования амарантовой белковой муки в хлебопечении. *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 1. С. 3–6.

93. Магомедов Г. О., Шевякова Т. А., Чернышева Ю. А., Мазина Е. А. Сбивные мучные кондитерские изделия на основе муки из цельносмолотого зерна. *Вестник ВГУИТ*. 2014. №1. Р. 123–129.

94. Antoniewska A., Rutkowska J., Martinez Pineda M., Adamska A. Antioxidative, nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour. *LWT Food Science and Technology*. 2018. Vol. 89. P. 217–223.

95. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits / H. Gambús [et al.]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2009. Vol. 60. P. 31–50.

96. Фахретдинова Д. Р., Нигматьянов А. А., Миронова И. В. Использование амарантовой муки и молочной сыворотки для обогащения мучных кондитерских изделий. *Известия Оренбургского аграрного государственного университета*. 2017. № 4. С. 260–262.

97. Иоргачева Е. Г., Макарова О. В., Котузаки Е. Н., Капетула С. М. Бисквитные полуфабрикаты на основе муки из зерновых и крупяных культур. *Технологія і безпеність продуктів харчування*. 2012. №1 (18). С. 79–82.

98. Кравченко М., Піддубний В., Романовська О. Структурно-механічні властивості бісквітного тіста з борошном «Здоров'я». *Новітні технології харчових продуктів*. 2017. № 2. С. 86–96.

99. Иограчева Е. Г., Станкевич Г. Н., Макарова О. В., Капетула С. М. Оптимизация производства бисквитных полуфабрикатов на основе мучных смесей. *Зернові продукти і комбікорми*. 2013. №4 (52). С. 20–23.

100. Минеева А. А., Кучерявенко И. М., Тимофеев Т. И. Разработка рецептур листовых вафель функционального назначения с использованием цельносмолотой муки из семян. *Изв. вузов. Пищ. технол.* 2014. № 4. С. 55–58.
101. Зайцева И. И., Дерканосова Н. М., Лупанова О. А., Пономарева Т. В. Разработка способа повышения потребительских свойств мучных кондитерских изделий. *Инновационные тенденции развития российской науки*. Часть I: мат-лы XI международ. науч.-практ. конф. молод. учен. (10-11 апреля 2018 г.). Красноярск, 2018. С. 267–269.
102. Юргачова К. Г. Борошняні кондитерські вироби з продуктами переробки амаранту. *Наукові праці ОДАХТ*. 1999. ВИШ 19. С. 62–65.
103. Дерканосова Н. М., Гинс В. К., Гинс М. С., Лупанова О. А. Перспективы применения амаранта как пищевого красителя кондитерских изделий. *Товаровед продовольственных товаров*. 2013. № 11. С. 11–15.
104. Плащина И. Г., Булатов М. А., Игнатов М. Ю., Хаддад Д. М. Гуммиарабик: функциональные свойства и области применения. *Пищевая промышленность*. 2002. № 6. С. 54–55.
105. Гураль Л. С. Препарат гуміарабіку Fibregum В. як перспективний фізіологічно-функціональний інгредієнт. *Наукові праці ОНАХТ*. 2016. Вип. 48. С. 75–81.
106. Richardson D. P. Gum arabic (GA) modifies paracellular water and electrolyte transport in the small intestine. *Functional Food and Health Claims. The world of Functional Ingredients*. 2002. P. 12–20.
107. Acacia gum is a bifidogenic dietary fiber with high digestive tolerance in healthy humans / C. Cherbut [et al.]. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 2003. № 15. P. 43–50.
108. Kennedy J. F., Phillips G. O., Williams P. A. Gum Arabic. Royal Society of Chemistry : Hardback, 2011. 372 p.
109. Verbeek J. Products and Applications of Biopolymers. *Materials Science. Polymers. Products and Applications of Biopolymers*. Chapter 1, Gum Arabic: More than an edible emulsifier. 2012. P. 1–25.

110. Badreldin H. A., Ziada A., Blunden G. Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. *Food and Chemical Toxicology*. 2009. № 47. P. 1–8.
111. Кричман Е. С. Новое поколение пищевых волокон. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*. 2004. № 1. С. 28–29.
112. Оболкіна В., Олексієнко Н. В., Кепканов Ю. А. Перспективи застосування гуміарабіку при створенні нового асортименту кондитерських виробів. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2018. № 8. С. 32–35.
113. Patel S., Goyal A. Applications of Natural Polymer Gum Arabic: A Review. *International Journal of Food Properties*. 2015. № 18 (5). P. 986–998.
114. Духу Т. А. Разработка технологии сахарного печенья функционального назначения: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / МГУПП. Москва, 2004. 200 с.
115. Кондратьев Н. Б. Влияние окислительной стабильности жиров сырья на сроки годности печенья. *Кондитерское производство*. 2012. № 2. С. 26–28.
116. Дорохович А. М., Олексієнко Н. В. Зберігання борошняних кондитерських виробів. *Харчова і переробна промисловість*. 1998. № 5. С. 24–25.
117. Олексієнко Н., Волощук Г., Оболкіна В. Мікробіологічні і немікробіологічні фактори ризику для безпеки кондитерських виробів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2012. № 10. С. 3–5.
118. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукові основи формування споживних властивостей і зберігання якості борошняних кондитерських виробів : монографія. Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2009. 456 с.
119. Кричман Е. С. Антиоксиданты для масложировых продуктов. *Пищевая промышленность*. 2007. № 2. С. 26–30.
120. Пахомова І. В. Використання природних антиоксидантів для виробництва вафельної продукції. *Сучасне матеріалознавство та*

товарознавство: теорія, практика, освіта : матеріали I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., (Полтава, 26–27 лют. 2014 р.). Полтава : ПУЕТ, 2014. С. 292–293.

121. Сирохман І. В., Лебединець В. Т. Вплив нетрадиційних добавок на поліпшення жирнокислотного складу. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2010. № 2. С. 36–38.

122. Яшин А. Я., Черноусова Н. И. Определение содержания природных антиоксидантов в пищевых продуктах и БАДах. *Пищевая промышленность*. 2007. № 5. С. 28–29.

123. Лозова Т. Натуральні антиоксиданти рослинного походження. *Продовольча індустрія АПК*. 2011. № 5. 44–45.

124. Лозова Т. М., Ковальчук Х. І. Вплив добавок рослинного походження на збереження якості жирової основи кексів. Наукові праці ОНАХТ. 2009. Т. 1, № 36. С. 40–41.

125. Лебединець В.Т. Споживні властивості і збереженість вафель з рослинними добавками : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.15. Київ, 2005. 22 с.

126. Варнавская О. Д. Разработка технологии мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2012. 20 с.

127. Макарова Н. В., Бординова В. П. Сравнительная характеристика антиоксидантных свойств экстрактов овощных полуфабрикатов. Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 6. С. 24–26.

128. Дикорастущие плоды – перспективное сырье для извлечения биологически активных веществ / А. С. Джабоева [и др.]. *Пищевая технология*. 2007. № 5–6. С. 21–23.

129. Головка М. П., Пенкіна Н. М., Колесник В. В. Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий (Технологии органических и неорганических веществ)*. 2011. № 4/5 (52). С. 9–11.

130. Попова И. Ю., Сизова Н. В., Водяник А. Р. О применении сверхкритических углекислотных экстрактов из растительного сырья в качестве антиоксидантных добавок. Рынок БАД. 2003. №4. С. 20–22.
131. Milda E. E. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants – a mini review. Journal of Functional Foods. 2015. № 18. P. 811–819.
132. Star-anise (*Illicium verum*) and black caraway (*Carum nigrum*) as natural antioxidants / Padmashree A. [et al.]. Food Chemistry. 2007. Vol. 104, № 1. P. 59–66.
133. Данилова Л. А. Природні антиоксиданти. Харчова та переробна промисловість. 2003. № 3. С. 18–19.
134. Пахомова І. В. Антиоксиданти рослинного походження для жировмісних кондитерських виробів. Наукові праці НУХТ. 2016. Т. 22, № 11. С. 185–190.
135. Сирохман І. В., Бойдуник Р. М. Антиоксиданти природного походження для кондитерських жирів. Вісник Львівської комерційної академії. 2009. Вип. 10. 138 с.
136. Satish C. Medicinal plants of the family Caryophyllaceae: a review of ethno-medicinal uses and pharmacological properties. Integrative Medicine Research. 2015. № 4. P. 123–131.
137. Aly S. E., Sabry B. A., Shaheen M. S., Hathout A. S. Assessment of antimycotoxigenic and antioxidant activity of star anise (*Illiciumverum*) in vitro. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2016. Vol. 15, № 1. P. 20–27.
138. Yamazaki E., Inagaki M., Kurita O., Inoue T. Antioxidant activity of Japanese pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC.) fruit. Food Chemistry. 2007. Vol. 100, №1. P. 171–177.
139. *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* and *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *Macrocarpa* (Sibth. & Sm.) Ball. «berries» from Turkey: Comparative evaluation of phenolic profile, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial activities / Taviano M.F. [et al.]. Food Chemistry. 2013. Vol. 49, №10. P. 22–29.

140. Ethylene responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (*Berberis microphylla*) / Rodoni L. M. [et al.]. *Scientia Horticulturae*. 2014. Vol. 179, № 9. P. 233–238

141. Bioactive constituents of germinated fenugreek seeds with strong antioxidant potential / Khole S. [et al.]. *Journal of Functional Food*. 2014. №6. P. 270–279.

142. Роганова Е. Е., Макарова Н. В. Возможности использования пряностей в качестве антиокислителей. *Пищевая промышленность*. 2016. №6. С. 74–76.

143. Skibola Ch. F., Smith M. T. Potential health impacts of excessive flavonoid intake. *Free Radican Biology & Medicine*. – 2000. – №3/4. – P. 375–383.

144. Макарова Н. В., Бординова В. П. Сравнительная характеристика антиоксидантных свойств экстрактов овощей. *Пищевая промышленность*. 2010. № 7. С. 44–46.

145. Маджашеева В. А. Влияние термической обработки сливочного масла на динамику накопления продуктов окисления и антиоксидантную активность экстракта расторопши пятнистой. *Хранение и переработка сельхоз сырья*. 2010. № 7. С. 28–30.

146. Родак О., Філь М. Дослідження екстрактів лікарсько-технічної сировини як антиоксидантів окиснення жирів у кондитерських виробках. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2011. № 11–12. С. 19–21.

147. Давидович О. Я., Лозова Т. М. Вплив природних добавок на збереження якості ліпідної фракції печива цукрового. *Продукты & ингредиенты*. 2012. № 2. С. 20–21.

148. Давидович О. Я. Формування споживних властивостей печива цукрового з природними антиоксидантними добавками : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 05.18.15. Київ. 2010. 27 с.

149. Мирошникова Т. Н. Разработка технологии кондитерских изделий функционального назначения увеличенного срока годности с применением

полуфабрикатов лекарственных растений : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01. Воронеж, 2001. 24 с.

150. Дідик І. В. Вплив різних чинників на споживні властивості та збереженість крекерів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 5.18.15. Київ, 2003. 22 с.

151. Сирохман І. В., Лозова Т. М., Гирка О. І. Поліпшення споживних властивостей печива. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 54–56.

152. Безуглая И. Н. Разработка технологии и рецептур пряников, обогащенных фитодобавками : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / РГБ ОД. Краснодар, 2007. 139 с.

153. Красина И. Б. Теоретическое и экспериментальное обоснование создания диабетических мучных кондитерских изделий с применением растительных биологических активных добавок : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / ФГОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». Краснодар, 2008. 260 с.

154. Кораблева О. А., Рахметов Д. Б. Полезные растения в Украине: от интродукции до использования: монография. Киев : Фитосоциоцентр, 2012. 170 с.

155. Осейко М., Українець А., Штека С. Лікарська рослинна сировина. *Харчова і переробна промисловість*. 2005. №7. С. 15–17.

156. Koche D., Shirsat R., Imran S., Bhadange D. G. Phytochemical screening of eight traditionally used etnomedicinal plants from akola district (MS) India. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2010. Vol. 1, № 4. P. 253–256.

157. Burt S. A. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*. 2004. Vol. 94. P. 223–253.

158. Рахметов Д. Б., Стаднічук Н. О., Корабльова О. А. Нові кормові, пряносмакові та овочеві інтродуценти в Лісостепу і Поліссі України. Київ : Фітосоціоцентр, 2004. С. 162.

159. In vitro assessment of *Inula* spp. organic extracts for their antifungal activity against some pathogenic and antagonistic fungi / F. Omezzine [et al.]. *African Journal of Microbiology Research*. 2011. Res. 5. P. 3527–3531.

160. Phytochemical analysis of four herbal seed extract and their use in poultry ration / D. B. Bhaisare [et al.]. *Journal of Poultry Science and Technology*. 2014. Vol. 2 (2). P. 34–37.

161. Review on Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and its Important Secondary Metabolite Diosgenin / S. Chaudhary [et al.]. *Not Bot Horti Agrobi*. 2018. № 46 (1). P. 22–31.

162. Wan-Li Xue Effect of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) extract on blood glucose, blood lipid and hemorheological properties in streptozotocin-induced diabetic rats. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2007. № 16. P. 422–426.

163. Chemical composition and antifungal activity of *Trigonella foenum-graecum* L. varied with plant ploidy level and developmental stage / Omezzine F. [et al.]. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. Vol. 10. P. 3622–3631.

164. Sumayya AR., Srinivasan S., Amatullah N. Screening and Biochemical Quantification of Phytochemicals in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2012. Vol. 3 (1). P. 165–169.

165. Renuka C. Evaluation of the antidiabetic effect of *Trigonella foenum-graecum* seed powder on alloxaninduced diabetic albino rats. *International Journal of Pharmaceutical and Technical Research*. 2009. №1. P.1580–1584.

166. Kumaravel S., Muthukumaran P., Shanmugapriya K. Chemical composition of *Trigonella foenum-graecum* through gas chromatography mass spectrometry analysis. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 2017. № 5 (3). P. 1–3.

167. Биологически активные масла и продукты на их основе : учеб. пособие / Л. В. Кричковская [и др.]. Харьков : Модель Вселенной, 2008. 266 с.

168. Landge D. From source to shelf an introduction to the supply chain of medicinal and aromatic plants. Abstract of XYII International Botanical Congress. Vienna, 2005. P. 105–106.
169. Srinivasan K. Role of spices beyond food flavouring: nutraceuticals with multiple health effects. *Food Reviews International*. 2005. № 21. P. 167–188.
170. Antioxidant activity of spice extracts and phenolics comparison to synthetic antioxidants / M. B. Hossain [et al.]. *Rasayan Journal of Chemistry*. 2008. Vol.1 (4). P. 751–756.
171. Omezzine F., Bouaziz M., Simmonds M. S., Haouala R. Variation in chemical composition and allelopathic potential of mixoploid *Trigonella foenum-graecum* L. with developmental stages. *Food Chemistry*. 2014. Vol.1 (148). P. 188–195.
172. Кораблева О. А. Монарда в условиях интродукции в Полесье Украины. *Бюллетень Государственного Никитского Ботанического сада*. 2001. Вып. 82. С.68–71.
173. Кораблева О. А., Рысь М. В. Монарда в декоративном садоводстве. *Биологический вестник*. 2006. Т. 10, №2. С.6–8.
174. Свиденко Л. Интродукція *Monarda fistulosa* L. в Херсонській області. *Вісник Львів УН-ТУ*. 2004. № 36. С. 319–324.
175. Интродукция и селекция эфирномасличных растений в Никитском ботаническом саду / В. Д. Работягов [и др.]. *Бюллетень ГБС*. 2003. Вып. 186. С.10–14.
176. Савицкене Н. *MONARDA DIDYMA* – лекарственное и декоративное растение. Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов. Материалы 1-й Российской научно-практической конференции. Москва, 2001. С. 249–250.
177. Рысь М. В. Морфологическая характеристика новых сортообразцов монарды. Матер. симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Москва, 2007. С.249–251.

178. Корчашкина Н. В. Биологические особенности роста и развития видов рода монарда (*Monarda* L.) в условиях нечерноземной зоны Российской Федерации : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.13. Москва, 2009. 24 с.

179. Костецька К. В. Хіміко-технологічна оцінка сировини при зберіганні та виготовленні овочевих консервів : автореф. дис. ... канд. сільськогосп. наук : 06.01.13. Умань, 2014. 24 с.

180. Mazza G., Kiehn F., Marshall H. *Monarda*: A source of geraniol, linalool, thymol and carvacrol-rich essential oils. *J. Janick and J. Simon, New crops*. Wiley. New York. 1993. P. 628–631.

181. Bioassay-Guided Investigation of Two *Monarda* Essential Oils as Repellents of Yellow Fever Mosquito *Aedes aegypti* / Tabanca N. [et al.]. *Agricultural and Food chemistry*. 2013. № 61. P. 8573–8580.

182. Рись М. В. Елементний склад надземної фітомаси рослин видів роду *Monarda* L., інтродукованих у північному лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ*. 2013. Вип. 23.6. С. 286–291.

183. Наumenко Е. Н. Разработка состава и технологии суппозиторий с В-каротином микробиологическим и эфирным маслом монарды : автореф. дис. ... канд. фармацев. наук : 14.04.01. Пятигорск, 2015. 24 с.

184. Damien Dorman H. J., Stanley G. Chemical Composition, Antimicrobial and In Vitro Antioxidant Properties of *Monarda citriodora* var. *citriodora*, *Myristica fragrans*, *Origanum vulgare* ssp. *hirtum*, *Pelargonium* sp. and *Thymus zygis* Oils. *Journal of Essential Oil Research*. 2004. Vol. 16. P. 145–150.

185. Flavonoidų analizė raudonosios monardos (*Monarda didyma* L.) žieduose ir lapuose / Savickienė N. [et al.]. *MEDICINA*. 2002. T. 38, Nr. 11. P. 1119–1122.

186. Машенко З. Е. Фитохимическое исследование и стандартизация тимолсодержащих растений семейства яснотковых : автореф. дис. ... канд. фармацевтических наук : 15.00.02. Пермь, 2004. 24 с.

187. Zhan-guo L., Xiu-hui L., Wei L. Chemical Composition of Antibacterial Activity of Essential Oil from *Monarda citriodora* Flowers. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 183–185. P. 920–924.

188. Маланкина Е. Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства яснотковые (Lamiaceae L.) в нечерноземной зоне России : автореф. дис. ... докт. сельхоз. наук : 06.01.13. Москва, 2007. 40 с.

189. Floden A. A new beebalm *Monarda austroappalachiana* (Lamiaceae L.) from the Southern Appalachians. *Phytoneuron*. 2015. № 28. С. 3–12.

190. Singhurst J. R. *Monarda luteola* (Lamiaceae): a new species from Northeast Texas and Southwest Arkansas. *Phytoneuron*. 2011. № 41. С. 1–5.

191. Nakatani N. Antioxidant and antimicrobial constituents of herbs and spices. In: *Spices, Herbs and Edible Fungi. Developments in Food Science, Elsevier. London*. 1994. P. 251–271.

192. Костецька К. В. Пряносмакова сировина як джерело ароматичних речовин для консервування. Матеріали Всеукр. наук. конф. молодих учених присвячених 170-й річниці заснування Уманського нац. ун-ту. садівництва. Умань, 2014. С. 151–153.

193. Янченко І. А. Вплив сортових особливостей монарди двійчастої на вихід ефірної олії з рослинної сировини у південному степу України. *Вісник уманського національного університету садівництва*. 2016. № 1. С. 54–58.

194. Янченко І. А. Вплив сортових особливостей монарди двійчастої на формування рослинної сировини при вирощуванні в умовах південного степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 1. С. 136–144.

195. Гнатюк Н. О. Алелопатична активність відходів ефіроолійного виробництва монарди двійчастої (*Monarda didyma* L.), змієголовника молдавського (*Dracosephalum moldavicum* L.), гісопа лікарського (*Hyssopus officinalis* L.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.9. С. 124–128.

196. Передера С. Б., Кінаш О. В. Визначення чутливості грибів роду *Mucor* та *Aspergillus* до деяких речовин рослинного походження. *Вісн. Полтав. держ. аграр. акад.* 2015. № 1/2. С. 102–105.
197. Гнатюк Н. О. Оцінка алелопатичних властивостей насіння деяких видів ароматичних рослин. *Інтродукція рослин.* 2013. № 4. С. 109–113.
198. Гнатюк Н. О., Радіоза С. А., Юрчак Л. Д. Компонентний склад ефірних олій гісопу лікарського, монарди двійчастої, змієголовнику молдавського та оцінювання їх біологічної активності. *Физиология и биохимия культур растений.* 2010. № 3. С. 246–250.
199. Chemical Composition, Antifungal and In Vitro Antioxidant Properties of *Monarda didyma* L. Essential Oil / D. Fraternale [et al.]. *Journal of Essential Oil Research.* 2006. Vol.18. P. 581–585.
200. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва / В. І. Дробот [та ін.]. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.
201. Крищенко В. П. Методы оценки качества растительной продукции. Москва : Колос, 1983. 192 с.
202. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград : Колос, 1985. 455 с.
203. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. Москва : Колос, 1985. 256 с.
204. Бондаренко Е. Ю., Тарасов В. Е., Мельникова А. Ю. Методика определения массовой доли эфирного масла в сырье. *Масложировая промышленность.* 2009. № 3. С. 38–39.
205. Методические указания по проведению энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов. Москва : Колос, 1983. 47 с.
206. Moliner-Martinez Y., Campins-Falco P., Herraier-Hernoinder R. A method for the determination of dimethylamine in air by collection on solid support

sorbent with subsequent derivatization and spectrophotometric analysis, *J. Chromatogr. A*. 2004. № 1059 (1-2). P. 17–24.

207. Лурье И. С., Скокан Л. Е., Цитович А. П. Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве : справочник. Москва : Колос, 2003. 416 с.

208. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. А. М. Дорохович, В. М. Ковбаси. Київ : Фірма «ІНКОС», 2015. 632 с.

209. Структурометр. Техническое описание, инструкция по эксплуатации, паспорт. Москва : НПФ «Радиус». 1995. 26 с.

210. Еркебаев М. Ж., Кулажанов Т. К., Медведков Е. Б. Основы реологии пищевых продуктов. Алматы, 2006. 298 с.

211. Бегеулов М. Ю. Определение качества муки по фаринографу. *Хлебопродукты*. 2001. № 9. С. 16–17.

212. Рименова Л. Н. Термография. Физико–химические методы исследования. Томск : Изд-во Томск, 2005. 19 с.

213. Уэндландт У. Термические методы анализа. Москва : Мир, 1978. 251 с.

214. Методические указания для работы на амилографе. Москва : Пищевая промышленность, 1977. 30 с.

215. Грабовська О. В., Ковалевська Є. І. Реологія харчових мас : метод. вказ. до викон. лаб. робіт для студ. технол. спец. Київ : НУХТ, 2009. 63 с.

216. Грег С., К. Синг Адсорбция, удельная поверхность, пористость. 2-е изд. Москва : Мир, 1984. 306с.

217. Киселев А. В., Древинг В. П. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии. Москва : Издательство МГУ, 1973. 448 с.

218. Дубинин М. М. Адсорбция и пористость. Москва : Изд-во ВХАЗ, 1972. 127 с.

219. Носенко Т. Т., Бахмач В. О. Лабораторний практикум «Хімія жирів та їх похідних». Київ. 2009. 52 с.

220. Лежнюк П. Д., Рябченко О. Є., Лук'яненко Ю. В. Основи теорії планування експерименту. Лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2006. 167 с.

221. Оптимізація технологічних процесів галузі (кондитерське виробництво) : курс лекцій для студентів спеціальності. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» напряму 0917 «Харчова технологія і інженерія» денної та заочної форм навч. / уклад. А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Гавва. Київ : НУХТ, 2010. 86 с.

222. Юрчак В. Г., В. М. Махинько Оптимізація технологічних процесів виробництва хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів : Конспект лекцій для підготовки магістрів спеціальності 181 «Харчові технології» спеціалізації «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». Київ : НУХТ, 2017. 70 с.

223. Методи оптимізації процесів виробництва борошняних, кондитерських виробів та харчоконцентратів: лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів» денної та заоч. форм навч. / уклад. В. Г. Юрчак, В. М. Махинько, О. В. Запотоцька. Київ : НУХТ, 2019. 59 с.

224. Подольчак Н. Ю. Соціально – економічна ефективність систем менеджменту підприємств. *Актуальні проблеми економіки*. 2013. № 2 (140). С. 47–56.

225. Шегді А.О. Економіка підприємства: навчальний посібник. Київ : Знання, 2005. 421 с.

226. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студ. спец. 7.091702, 8.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів» напряму 0917 «Харчова технологія

та інженерія» усіх форм навчання / уклад. Т.Л. Мостенська, М.П. Сичевський, Т.В. Рибачук – Ярова, І.А. Бойко. Київ : НУХТ, 2007. 29 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
РОЗРАХУНОК ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ТА КАЛОРІЙНОСТІ
НОВИХ ВИДІВ КРЕКЕРІВ

Таблиця 1 – Розрахунок харчової та енергетичної цінності крекери «Контроль»

[illegible]

Сіль харчова (для обсіпання)	96,5	0,46	0,45								
Олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди)	100,00	3,08	3,08	-	-	99,90	3,08	-	-	899,00	27,69
Порошок з листіків монарди двійчастої	98,50	0,46	0,46	-	-	0,03	-	-	-	-	-
Разом	-	118,55	100,52	-	9,54	-	15,91	-	68,98	-	461,54
Вихід	96,00	100,00	96,0	-	-	-	-	-	-	-	457,10

Інформація про хімічний склад та енергетичну цінність

Харчова цінність на 100 г продукту: білки – 9,5 г, жири – 15,9 г, вуглеводи – 69,0 г

Енергетична цінність (калорійність) на 100 г продукту – 457 ккал/100 г

Таблиця 3 – Розрахунок харчової та енергетичної цінності крекери «Лісовий подих»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Білки		Жири		Вуглеводи		Енергетична цінність (ЕЦ), кКал	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	100 г продукту (ЕЦ _i)	В рецептурній кількості продукту
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	92,44	79,04	10,30	9,52	1,10	1,02	68,90	63,69	334,00	308,75
Маргарин для шарування	80,00	14,42	11,54	0,30	0,04	82,0	11,82	1,00	0,14	743,00	107,14
Цукор білий кристалічний	99,85	3,70	3,69	-	-	-	-	99,80	3,69	379,00	14,02
Інвертний сироп	70,00	2,03	1,42	-	-	0,30	-	70,00	1,42	379,00	7,69
Сіль(в тісто)	96,50	0,92	0,89	-	-	-	-	-	-	-	-
Вуглеамонійна сіль	-	0,92	-	0,23	-	-	-	-	-	-	-
Сода	50,00	0,28	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
Цистеїн	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль (для обсіпання)	96,50	0,46	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Олія для розпилювання (масляний екстракт на	100,00	3,08	3,08	-	-	99,9	3,08	-	-	899,00	27,69

основі соняшникової олії та листків пажитника)											
Порошок з листків пажитника сінного	98,50	0,28	0,27	18,00	0,05	6,00	0,02	58,00	0,16	210,00	0,6
Разом	-	118,57	100,52	-	9,61	-	15,94	-	69,27	-	465,89
Вихід	96,00	100,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	458,98

Інформація про хімічний склад та енергетичну цінність

Харчова цінність на 100 г продукту: білки – 9,6 г, жири – 15,9 г, вуглеводи – 69,3 г

Енергетична цінність (калорійність) на 100 г продукту – 459,0 ккал/100 г

Таблиця 4 – Розрахунок харчової та енергетичної цінності крекери «Амарантова магія»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Білки		Жири		Вуглеводи		Енергетична цінність (ЕЦ), кКал	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	100 г продукту (ЕЦ _i)	В рецептурній кількості продукту
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	42,41	39,31	10,3	4,37	1,1	0,47	68,9	29,22	334,00	141,65
Борошно амарантове	92,00	42,41	39,01	16,0	6,79	6,8	2,88	56,0	23,75	372,00	157,76
Маргарин	83,00	13,23	10,98	0,3	0,04	82,0	10,85	1,0	0,13	743,00	103,42
Цукор білий кристалічний	99,85	3,39	3,39	-	-	-	-	99,8	3,38	379,00	12,85
Інвертний сироп	70,00	1,87	1,31	-	-	0,3	0,01	70,0	1,31	379,00	7,09
Сіль(в тісто)	96,50	0,85	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль вуглеамонійна	-	0,85	-	0,23		-	-	-	-	-	-
Сода	50,00	0,25	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
Гуміарабік	90,00	2,54	2,29	3,50	0,09	-	-	9,30	0,24	52,00	1,32
Сіль (для обсіпання)	96,50	0,42	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-

Олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного)	100,00	2,88	2,88	-	-	99,90	2,88	-	-	899,00	25,89
Разом	-	111,10	100,52	-	11,29	-	17,09	-	58,18	-	449,98
Вихід	96,00	100,00	96,00	-	-	-	-	-	-	-	431,90

Інформація про хімічний склад та енергетичну цінність

Харчова цінність на 100 г продукту: білки – 11,3 г, жири – 17,1 г, вуглеводи – 58,2 г

Енергетична цінність (калорійність) на 100 г продукту – 432 ккал/100 г

Таблиця 5 – Розрахунок харчової та енергетичної цінності крекери «Амарантове диво»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Білки		Жири		Вуглеводи		Енергетична цінність (ЕЦ), кКал	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	100 г продукту (ЕЦ _i)	В рецептурній кількості продукту
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	42,41	39,31	10,3	4,37	1,1	0,47	68,9	29,22	334,00	141,65
Борошно амарантове	92,00	42,41	39,01	16	6,79	6,8	2,88	56	23,75	372,00	157,76

Маргарин	83,00	13,23	10,98	0,3	0,04	82,0	10,85	1,0	0,13	743,00	103,42
Цукор білий кристалічний	99,85	3,39	3,39	-	-	-	-	99,8	3,38	379,00	12,85
Інвертний сироп	70,00	1,87	1,31	-	-	0,3	0,01	70,0	1,31	379,00	7,09
Сіль(в тісто)	96,50	0,85	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль вуглеамонійна	-	0,85	-	0,23	-	-	-	-	-	-	-
Сода питна	50,00	0,25	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
Гуміарабік	90,00	2,54	2,29	3,50	0,09	-	-	9,30	0,24	52,00	1,32
Сіль (для обсипання)	96,50	0,42	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-
Олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої)	100,00	2,88	2,88	-	-	99,90	2,88	-	-	899,00	25,89
Разом	-	111,10	100,52	-	11,29	-	17,09	-	58,18	-	449,98
Вихід	96,00	100,00	96,00	-	-	-	-	-	-	-	431,90

Інформація про хімічний склад та енергетичну цінність

Харчова цінність на 100 г продукту: білки – 11,3 г, жири – 17,1 г, вуглеводи – 58,2 г

Енергетична цінність (калорійність) на 100 г продукту – 432 ккал/100 г

Таблиця 6 – Розрахунок вмісту вуглеводів крекеру «Контроль»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Вуглеводи		В т.ч. цукрів		В т.ч. крохмаль		В т.ч. харчові волокна	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	81,20	69,43	68,90	55,95	0,20	0,16	68,70	55,78	3,50	2,84
Маргарин	83,00	17,87	14,83	1,00	0,18	1,00	0,18	-	-	-	-
Цукор білий кристалічний	99,85	5,95	5,95	99,80	5,94	99,80	5,94	-	-	-	-
Інвертний сироп	70,00	3,11	2,18	78,30	2,44	70,0	2,18	-	-	-	-
Сіль харчова (в тісто)	96,50	0,70	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль вуглеамонійна	-	1,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сода питна	50,00	0,33	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-
Піросульфід натрію	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль харчова (для обсипання)	96,50	0,27	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-
Олія для розпилювання	100,00	7,04	7,04	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом	-	117,98	100,53	-	64,51	-	8,72	-	55,78	-	2,84
Вихід	96,00	100,00	96,00	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 7 – Розрахунок вмісту вуглеводів крекеру «Тасмниця»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Вуглеводи		В т.ч. цукрів		В т.ч. крохмаль		В т.ч. харчові волокна	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	92,27	78,89	68,90	63,57	0,20	0,18	68,70	63,39	3,50	3,23
Маргарин для шарування	80,00	14,40	11,52	1,00	0,14	1,00	0,14	-	-	-	-
Цукор білий кристалічний	99,85	3,69	3,68	99,80	3,68	99,80	3,68	-	-	-	-
Інвертний сироп	70,00	2,03	1,42	78,30	1,59	70,0	1,42	-	-	-	-
Сіль харчова (в тісто)	96,50	0,93	0,89	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль вуглеамонійна	-	0,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сода питна	50,00	0,28	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
Цистеїн	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль харчова (для обсипання)	96,5	0,46	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Олія для розпилювання (масляний)	100,00	3,08	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-

екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди)											
Порошок з листків монарди двійчастої	98,50	0,46	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом	-	118,55	100,52	-	68,98	-	5,59	-	63,39	-	3,23
Вихід	96,00	100,00	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 8 – Розрахунок вмісту вуглеводів крекери «Лісовий подих»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Вуглеводи		В т.ч. цукрів		В т.ч. крохмаль		В т.ч. харчові волокна	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	92,44	79,04	68,90	63,69	0,20	0,18	68,70	63,51	3,50	3,24
Маргарин для шарування	80,00	14,42	11,54	1,00	0,14	1,00	0,13	-	-	-	-
Цукор білий кристалічний	99,85	3,70	3,69	99,80	3,69	99,80	3,69	-	-	-	-
Інвертний сироп	70,00	2,03	1,42	78,30	1,59	70,00	1,42	-	-	-	-

Сіль(в тісто)	96,50	0,92	0,89	-	-	-	-	-	-	-	-
Вуглеамонійна сіль	-	0,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сода	50,00	0,28	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
Цистеїн	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль (для обсипання)	96,50	0,46	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника)	100,00	3,08	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-
Порошок з листків пажитника сінного	98,50	0,28	0,27	58,00	0,16	-	-	58,00	0,16	24,60	0,07
Разом	-	118,57	100,52	-	69,27	-	5,59	-	63,67	-	3,31
Вихід	96,00	100,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 9 – Розрахунок вмісту вуглеводів крекери «Амарантова магія»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Вуглеводи		В т.ч. цукрів		В т.ч. крохмаль		В т.ч. харчові волокна	
		В натурі V_i^n	В сухих речовинах V_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	42,41	39,31	68,90	29,22	0,20	0,08	68,70	29,14	3,50	1,48
Борошно амарантове	92,00	42,41	39,01	56,00	23,75	0,40	0,17	55,6	23,58	11,00	4,66
Маргарин	83,00	13,23	10,98	1,0	0,13	1,00	0,13	-	-	-	-
Цукор білий кристалічний	99,85	3,39	3,39	99,8	3,38	99,80	3,38	-	-	-	-
Інвертний сироп	70,00	1,87	1,31	78,3	1,46	70,00	1,31	-	-	-	-
Сіль(в тісто)	96,50	0,85	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль вуглеамонійна	-	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сода	50,00	0,25	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
Гуміарабік	90,00	2,54	2,29	9,30	0,24	9,30	0,24	-	-	90,00	2,29
Сіль (для обсипання)	96,50	0,42	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-

Олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного)	100,00	2,88	2,88	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом	-	111,10	100,52	-	58,18		5,46	-	52,72	-	8,43
Вихід	96,00	100,00	96,00	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 10 – Розрахунок вмісту вуглеводів крекеру «Амарантове диво»

Вид сировини	Масова частка сухих речовин, %	Загальна витрата сировини на 100 грам продукту		Вуглеводи		В т.ч. цукрів		В т.ч. крохмаль		В т.ч. харчові волокна	
		В натурі B_i^n	В сухих речовинах B_i^c	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості	%	В рецептурній кількості
Борошно пшеничне вищого сорту	85,50	42,41	39,31	68,90	29,22	0,20	0,08	68,70	29,14	3,50	1,48
Борошно амарантове	92,00	42,41	39,01	56,00	23,75	0,40	0,17	55,6	23,58	11,00	4,66
Маргарин	83,00	13,23	10,98	1,0	0,13	1,00	0,13	-	-	-	-

Цукор білий кристалічний	99,85	3,39	3,39	99,8	3,38	99,80	3,38	-	-	-	-
Інвертний сироп	70,00	1,87	1,31	78,3	1,46	70,00	1,31	-	-	-	-
Сіль(в тісто)	96,50	0,85	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Сіль вуглеамонійна	-	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сода	50,00	0,25	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
Гуміарабік	90,00	2,54	2,29	9,30	0,24	9,30	0,24	-	-	90,00	2,29
Сіль (для обсипання)	96,50	0,42	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-
Олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої)	100,00	2,88	2,88	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом	-	111,10	100,52	-	58,18		5,46	-	52,72	-	8,43
Вихід	96,00	100,00	96,00	-	-	-	-	-	-	-	-

ДОДАТОК Б
РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ВИДІВ КРЕКЕРІВ

РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО – ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розрахунок проводили для виробництва крекерів з додаванням цистеїнового поліпшувача, пряно-ароматичної сировини, амарантового борошна, гуміарабіку та масляних екстрактів – з метою визначення соціальної ефективності, тобто собівартості та роздрібної ціни.

1. Сировина та основні матеріали

Стаття «Сировина і матеріали» включає вартість сировини і матеріалів, що входять до складу продукції, що виготовляється, або є необхідним компонентом для виготовлення продукції, а також куповані матеріалів, що використовуються в процесі виробництва продукції. До цієї статті також належать витрати, пов'язані з використанням природної сировини (вода, що відбирається з водогосподарських систем і йде на технологічні потреби).

Розрахунок витрат статті «Сировини та основні матеріали» наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок вартості сировини та основних матеріалів на
виробництво крекерів

Найменування сировини	в грошовому вираженні					Сума, грн
	Контроль	«Таємниця	«Лісовий подих»	«Амарантове диво»	«Амарантова магія»	
Борошно пшеничне вищого сорту	4372,47	5678,46	5688,68	2609,54	2609,54	20958,69
Борошно амарантове	-	-	-	101436,02	101436,02	202872,0
Маргарин столовий	22318,33	-	-	8631,05	8631,05	39580,4
Маргарин спеціальний для шарування	-	27247,15	27345,47	-	-	54592,62
Цукор білий кристалічний	2479,81	1746,6	1753,06	737,63	737,63	7454,73
Інвертний сироп	2074,13	1536,97	1542,77	649,25	649,25	6452,37
Сіль харчова	146,58	219,57	219,01	92,2	92,2	769,56
Сіль вуглеамонійна	620,06	436,77	438,03	184,41	184,41	1463,68
Сода питна	162,41	157,29	157,58	66,28	66,28	609,84
Піросульфід натрію	25,32	-	-	-	-	25,32
Цистеїн	-	298,12	525,63	-	-	823,75
Гуміарабік	-	-	-	12447,5	12447,5	2489,5
Олія для розпилювання	6739,89	-	-	-	-	6739,89
Сіль харчова	56,43	109,07	109,51	46,1	46,1	367,21

(для обсіпання)						
Порошок з листків пажитника сінного	-	-	3282,84	-	-	3282,84
Порошок з листків монарди двійчастої	-	2399,62	-	-	-	2399,62
Масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої	-	24744,84	-	10661,7	-	35406,54
Масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного	-	-	7302,84	-	3700,24	11003,08
Всього за сировину	38995,43	64263,43	49679,9	137561,69	130600,22	421100,67
Вода на технологічні потреби	311,04	311,04	311,04	311,04	311,04	1555,2
Транспортно – заготівельні витрати	1965,32	3244,28	2499,55	6893,64	6545,56	14659,79
Таропакувальні матеріали	2186,9	2186,9	2186,9	2186,9	2186,9	10934,5
Всього по статті	43458,69	70316,69	54677,42	146953,27	139643,72	455049,8

Масляні екстракти отримували шляхом екстрагування сухої надземної фітомаси монарди двійчастої або пажитника сінного у кількості 2-6% до маси рафінованої та дезодорованої рослинної олії з подальшим відділенням екстракту від фітомаси. Для приготування масляного екстракту використовували 4 % пажитника або монарди до маси олії. Розрахунок вартості сировини для виробництва масляних екстрактів наведено в таблицях 2, 3.

Таблиця 2 – Витрати сировини для виробництва 1 т масляного екстракту на основі рослинної олії та листків пажитника сінного

Сировина	Норма витрат на 1 т. олії	Норми витрат на 1 т виробу	Ціна за 1 кг сировини, грн	Сума, грн
Олія соняшникова рафінована дезодорована	960	492,31	20	9846,15
Фітомаса пажитника сінного	40	196,92	250	49230,76
				59109,92

Таблиця 3 – Витрати сировини для виробництва 1 т масляного екстракту з використання фітомаси монарди двійчастої

	Норма витрат на 1 т олії	Норми витрат на 1 т виробу	Ціна за 1 кг сировини, грн	Сума, грн
Олія соняшникова рафінована дезодорована	960	492,31	20	9846,15
Фітомаса монарди двійчастої	40	196,92	815	160492,31
				170364,86

2. Паливо і енергія на технологічні потреби

До цієї статті належать витрати на всі види палива, електроенергії, що безпосередньо використовуються процесі виробництва продукції.

Таблиця 4 – Розрахунок вартості палива та електроенергії на технологічні потреби для виробництва крекерів

Витрати	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Норма витрат на 1 т	Сума, грн.
Електроенергія	кВт × год	2,2	42,2	99,44
Газ	куб. м	6,5	18,7	121,55
Всього за статтею				214,39

3. Розрахунок заробітної плати основних робітників

До цієї статті належать витрати нарахованої основної заробітної плати відповідно до прийнятих підприємством систем оплати праці у вигляді тарифних ставок і відрядних розцінок.

Таблиця 5 – Розрахунок заробітної плати основних робітників

Професія	Кількість робітників на зміну	Годинна тарифна ставка, грн	Тарифний розряд	Тривалість зміни, год	Тарифний фонд
Оператор БЗБ	1	26,7	IV	8	213,6
Оператор дозувального обладнання	1	28,59	V	8	228,72
Оператор тістомісильного обладнання	1	28,59	V	8	228,72
Оператор формувальної машини	1	28,59	V	8	228,72
Оператор пекарної камери	1	28,59	V	8	228,72
Оператор охолоджувальної шафи	1	26,7	IV	8	213,6
Укладальник - пакувальник	1	22,67	III	8	181,36
Налагоджувач обладнання	1	24,4	IV	8	195,2
Всього			-	-	1276,32

4. Розрахунок додаткової заробітної плати

Норма виробітку крекеру за зміну – 3,75 т.

Основна заробітна плата (ЗП) на 1 т продукції складають

$$S_3 = \frac{S_2}{N} \quad (1)$$

де N – норма виробітку продукції за зміну, т; S_2 – витрати по заробітній платі на зміну, грн.

$$S_3 = \frac{1276,32}{3,75} = 340,35 \text{ грн}$$

Доплати: за роботу у вихідні дні – 50,0 %; за роботу у нічний час – 75,0 %; преміальні виплати – 80,0 %; за роботу у святкові дні – 10,0 %; оплата відпусток – 6,6 %; відпускні з премії – 6,6 %. Таким чином, сума доплат складає – $\Sigma D = 228,2$ %.

Таким чином, додаткова заробітна плата розраховується:

$$D_{з.п.} = \frac{S_3 \cdot \Sigma D}{100} \quad (2)$$

$$Д_{з.п.} = \frac{340,35 \times 228,2}{100} = 776,3 \text{ грн.}$$

Всього фонд оплати праці складає:

$$\sum З.П. = S_3 + Д_{з.п.} \quad (3)$$

$$\Sigma ЗП = 340,35 + 776,3 = 1116,35 \text{ грн.}$$

5. Розрахунок нарахування на заробітну плату

Згідно законодавства, єдиний соціальний внесок становить 22 % від $\Sigma ЗП$, крім того, військовий збір становить 1,5 %:

$$Н_{з.п.} = 1116,35 \times 0,235 = 262,34 \text{ грн.}$$

6. Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію обладнання

Ці витрати за видами продукції розподіляються пропорційно $\Sigma ЗП$ виробничих робітників у розмірі 60 % від заробітної плати виробничих робітників і визначається за формулою:

$$В_{УЕО} = \frac{\Sigma ЗП \times 60\%}{100\%} = \frac{1116,35 \times 60\%}{100\%} = 669,81 \text{ грн.}$$

7. Розрахунок загальновиробничих витрат

На підприємстві складають кошторис витрат ОПР, а за видами продукції ці витрати розподіляються пропорційно заробітній платі виробничих робітників коефіцієнту розподілу: чим більше підприємство, тим більше витрати і вище коефіцієнт їх розподілу (3,56 – 3,85). У розрахунку його визначають у розмірі від 356 % від заробітної плати робітників (зайнятих виробленням продукції) [224].

Таблиця 6 – Розрахунок загальновиробничих витрат

Основна заробітна плата на 1т виробів, грн.	Розмір витрат, %	Загальновиробничі витрати, грн.
1116,35	356,0	3974,22

8. Розрахунок адміністративних витрат

Адміністративні витрати визначаються у розмірі 300 % від заробітної плати робітників. Розрахунок адміністративних витрат наведений у таблиці 7.

Таблиця 7 – Розрахунок адміністративних витрат

Основна заробітна плата на 1т виробів, грн.	Розмір витрат, %	Адміністративні витрати, грн.
1116,35	300,0	3349,06

9. Розрахунок витрат на збут

До витрат на збут належать витрати, пов'язані з реалізацією (збутом) продукції, зокрема:

- витрати на утримання підрозділів підприємства, що пов'язані зі збутом продукції;
- витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, інших необоротних матеріальних активів пов'язаних із реалізацією (збутом) продукції;
- витрати, пов'язані з транспортуванням та страхуванням готової продукції;
- витрати, пов'язані з забезпеченням правил техніки безпеки та охорони праці;
- витрати на тару та пакування виробів на складах готової продукції;
- витрати на проведення передпродажних та рекламних заходів та ті, що пов'язані із дослідженням ринку (маркетингові програми);
- витрати на зберігання, навантаження, розвантаження та страхування готової продукції;
- податки та збори встановлені законодавством України;

Витрати на збут визначаються в розмірі 0,8 % від виробничої собівартості [224].

Таблиця 8 – Розрахунок витрат на збут

Назва виробу	Виробнича собівартість 1 т виробів, грн.	Розмір витрат, %	Витрати на збут, грн.
Контроль	50471,82	0,8	403,77
«Тасмниця»	77757,04	0,8	622,06
«Лісовий подих»	62119,48	0,8	496,96
«Амарантове диво»	154418,39	0,8	1235,35
«Амарантове магія»	147110,75	0,8	1176,89

10. Визначення ефективності виробництва

Витрати включають до собівартості наступне:

- матеріальні витрати, тобто сировину;
- основні і допоміжні матеріали, енергоносії;
- витрати з оплати праці;
- відрахування на соціальне страхування, інші витрати.

Виробнича собівартість включає витрати в цілому по підприємству.

Повна собівартість, крім витрат на виготовлення продукції, включає витрати на реалізацію продукції [224–226].

Таблиця 9 – Планова калькуляція витрат на виробництво 1 т крекерів

Стаття калькуляції	Зразки крекерів				
	Контроль	«Таємниця»	«Лісовий подох»	«Амарантова магія»	«Амарантове диво»
Сировина та основні матеріали	38995,43	64885,51	49990,97	130911,26	137872,73
Транспортно – заготівельні витрати	1965,32	3244,28	2499,55	6545,56	6893,64
Пакувальні матеріали	2186,9	2186,9	2186,9	2186,9	2186,9
Паливо та електроенергія на технологічні потреби	214,39	214,39	214,39	214,39	214,39
Фонд оплати праці	1116,35	1116,35	1116,35	1116,35	1116,35
Відрахування на ЄСФ	262,34	262,34	262,34	262,34	262,34
Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	669,81	669,81	669,81	669,81	669,81
Загальновиробничі витрати	3974,22	3974,22	3974,22	3974,22	3974,22
Виробнича собівартість	50471,82	77757,04	62119,48	147110,75	154418,39
Адміністративні витрати	3349,06	3349,06	3349,06	3349,06	3349,06
Витрати на збут	403,77	622,06	496,96	1176,89	1235,35
Повна собівартість	54224,66	81728,15	65965,5	151636,7	159002,8
Рентабельність, %	5	5	5	5	5
Прибуток	2711,23	4086,4	3298,27	7581,84	7950,14
Відпускна ціна підприємства (без ПДВ)	56935,89	85814,57	69263,17	159218,54	166952,94
ПДВ, грн	11387,18	17162,91	13852,75	31843,7	33390,59
Відпускна ціна на 1 т, грн	68323,07	102977,48	83116,53	191062,24	200343,53
Відпускна ціна на 1 кг, грн	68,32	102,98	83,17	191,06	200,34
Торгівельна націнка, %	10	10	10	10	10
Роздрібна ціна 1,0 кг. виробу, грн	75,15	113,28	91,43	210,17	220,38
Роздрібна ціна 0,2 кг. виробу, грн	16,53	24,16	19,79	43,53	45,58

ДОДАТОК В

**ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ
РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА ДЛЯ НОВИХ ВИДІВ КРЕКЕРІВ**

**Визначення оптимальної кількості цистеїнового поліпшувача
«EMCEsoft P 10» та технологічних параметрів при приготуванні тіста для
крекерів на підставі математичного моделювання методом багатфакторного
експерименту**

Оптимізація технологічних процесів можлива на основі їх математичного моделювання. При виконанні експерименту правильний вибір нульових рівнів і інтервалів варіювання факторів має вирішальне значення для достовірності математичної моделі. Для проведення експериментальних дослідів потрібно скласти план з матрицею планування експерименту та вказати в ній кількість дослідів та межі зміни факторів.

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3), \text{ де}$$

Y – граничне напруження зсуву, кПа;

X_1 – кількість поліпшувача, %;

X_2 – масова частка вологи тіста, %;

X_3 – тривалість ферментації, хв.

Для проведення дослідів складають спеціальні матриці планування експерименту з вказанням числа дослідів та меж зміни факторів. Матриця представляє собою перелік варіантів, взятих в даній серії дослідів.

Експеримент, в якому реалізуються всі можливі поєднання рівнів факторів, називається повним факторним експериментом (ПФЕ).

Відомо, що найбільш простими є матриці ПФЕ 2^n , в яких досліджувані фактори змінюються лише на 2-х рівнях: верхньому та нижньому.

Визначаємо кількість дослідів повного факторного експерименту:

$$N = d^n \tag{1}$$

де d – кількість рівнів процесу; n – кількість вхідних факторів.

$$N = 2^3 = 8$$

Обираємо кількість дублюючих дослідів, $m = 3$.

Вивчали залежність граничної напруги зсуву (Y) від кількості поліпшувача (X_1), масової частки вологи тіста (X_2) та тривалості ферментації тіста (X_3). Рівні факторів та інтервали їх варіювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівні та крок варіювання експерименту

Рівні фактори	Позначення	Досліджувані фактори		
		Кількість поліпшувача (X_1), %	Масова частка води тіста (X_2), %	Тривалість ферментації (X_3), хв
Нульовий рівень	X_i^0	0,025	31	30
Верхній рівень	X_i^+	0,04	35	45
Нижній рівень	X_i^-	0,01	27	15
Інтервал варіювання	λ_i	0,015	4	15

Зазвичай, інтервал варіювання обирається на основі апіорної інформації (або на етапі попередніх експериментів).

Після побудови матриці планування приступають до проведення експерименту.

Матриця планування експерименту і результати проведених досліджень представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця плану експерименту

№ п. п	Кількість поліпшувача, %, X_1		Масова частка води тіста, %, X_2		Тривалість ферментації, хв, X_3		Гранична напруга зсуву $Y_{\text{сер}}$, кПа
1	+	0,04	+	35	+	45	2,71
2	-	0,01	+	35	+	45	4,39
3	+	0,04	-	27	+	45	3,59
4	-	0,01	-	27	+	45	5,75
5	+	0,04	+	35	-	15	3,19
6	-	0,01	+	35	-	15	5,27
7	+	0,04	-	27	-	15	4,86
8	-	0,01	-	27	-	15	6,84

Для опрацювання отриманих експериментальних даних потрібно визначити оцінку дисперсії відтворюваності даних (похибка досліду), провести розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії, перевірити суттєвість коефіцієнтів та адекватність рівняння регресії. Зведені результати дослідів та їх опрацювання наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Зведені результати дослідів та їх опрацювання

№ п.п	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ₁ , кПа	Y ₂ , кПа	Y ₃ , кПа	Y _{сер} , кПа	Полінійна дисперсія (похибка дослідів)
1	+	+	+	2,92	2,52	2,69	2,710	0,04
2	-	+	+	4,31	4,41	4,46	4,393	0,006
3	+	-	+	3,89	3,36	3,51	3,587	0,075
4	-	-	+	5,79	5,61	5,85	5,750	0,016
5	+	+	-	3,15	3,23	3,19	3,190	0,002
6	-	+	-	5,04	5,19	5,59	5,273	0,081
7	+	-	-	4,76	4,92	4,9	4,860	0,008
8	-	-	-	6,98	6,94	6,59	6,837	0,046
$\sum S_i$								0,272

З метою перевірки, чи розсіювання в певній точці факторного простору не перевищує певну величину, розраховують полінійні дисперсії і перевіряють їх однорідність за формулою:

$$S_{одн,i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_{сер} - Y_i)^2}{m-1} \quad (2)$$

де, m – номер повторності дослідів.

За критерієм Кохрена перевіряють однорідність дисперсії. Знаходять розрахункове значення критерію Кохрена (G_p) та порівнюють його з табличним значенням (G_T).

$$G_p = \frac{S_{одн,макс}^2}{\sum_{i=1}^m S_{одн,i}^2} \quad (3)$$

$$S_{одн,макс}^2 = 0,081$$

Табличне значення критерію Кохрена для значень ступенів свободи $f_1=m-1=2$; $f_2=N=8$, та довірчого інтервалу $\alpha=0,05$ становить $G_T=0,8159$, тоді:

$$G_p = \frac{0,081}{0,272} = 0,297$$

Якщо $G_p < G_T$ ($0,297 < 0,8159$), то дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто отримане рівняння регресії є відтворюваним.

Розраховуємо загальну похибку дослідів, а саме дисперсію відтворюваності за формулою:

$$S_{\text{відтвор.}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m S_{\text{одн},i}^2}{N} \quad (4)$$

$$S_{\text{відтвор.}}^2 = \frac{0,297}{8} = 0,034$$

Коефіцієнти рівняння регресії розраховують за формулою:

$$b_k = \frac{\sum_{i=1}^m x_{k,i} \cdot Y_{\text{сер},i}}{N} \quad (5)$$

$$b_0 = \frac{2,71 + 4,34 + 3,59 + 5,75 + 3,19 + 5,27 + 4,86 + 6,84}{8} = 4,505$$

$$b_1 = \frac{2,71 - 4,34 + 3,59 - 5,75 + 3,19 - 5,27 + 4,86 - 6,84}{8} = 0,988$$

$$b_2 = \frac{2,71 + 4,34 - 3,59 - 5,75 + 3,19 + 5,27 - 4,86 - 6,84}{8} = -0,683;$$

$$b_3 = \frac{2,71 + 4,34 + 3,59 + 5,75 - 3,19 - 5,27 - 4,86 - 6,84}{8} = 0,465;$$

Тоді рівняння регресії в кодованій формі буде виглядати:

$$y = 4,505 + 0,988 \times x_1 - 0,683 \times x_2 + 0,465 \times x_3$$

Оцінку впливу різних факторів на критерій оптимальності оцінюємо за критерієм Стюдента ($t_{\text{БК}}$) та порівнюємо із табличним значенням критерію Стюдента (t_T). Табличне значення критерію Стюдента t_T для ступеню свободи $f_0 = N \cdot (m - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16$ і довірчого інтервалу $\alpha = 0,05$ становить $t_T = 2,12$, тоді якщо $t_{\text{БК}} > t_T$, то такий коефіцієнт вважається суттєвим.

$$t_{\text{БК}} = \frac{[e_k]}{S_k} \quad (6)$$

$$S_k = \sqrt{S_k^2} = \sqrt{\frac{S_{\text{відтвор},i}^2}{N}} \quad (7)$$

$$S_k = \sqrt{\frac{0,034}{8}} = \sqrt{0,016} = 0,065$$

Підставимо значення S_k , щоб визначити критерій Стюдента:

$$t_{\varepsilon 1} = \frac{[\varepsilon_1]}{S_k} = \frac{[0,988]}{0,065} = 15,148$$

$$t_{\varepsilon 2} = \frac{[\varepsilon_2]}{S_k} = \frac{[-0,683]}{0,065} = -10,474$$

$$t_{\varepsilon 3} = \frac{[\varepsilon_3]}{S_k} = \frac{[0,465]}{0,065} = 7,127$$

За критерієм Фішера перевіряємо придатність рівняння для розв'язання задачі пошуку області оптимуму.

Перевірку на адекватність проводимо за критерієм Фішера (F_p):

$$F_p = \frac{S_{a\partial}^2}{S_{\text{відтвор}}^2} \quad (8)$$

$$S_{a\partial}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\overset{\Delta}{Y}_i - Y_{\text{сер},i} \right)^2}{N - l}, \quad (9)$$

де $\overset{\Delta}{Y}_i$ – це розрахункове значення критерію оптимальності згідно з отриманим рівнянням; l – це кількість значущих коефіцієнтів рівняння регресії, які стоять перед основними факторами

$$S_{a\partial}^2 = \frac{0,191}{5} = 0,038$$

Таблиця 4 – Дані перевірки адекватності рівняння

$\overset{\Delta}{Y}_i$	$Y_{\text{сер}}$	$Y_{\text{сер}} - Y_i$	$(Y_{\text{сер}} - Y_i)^2$
2,44	2,71	-0,27	0,07
4,42	4,39	0,02	0,00
3,8	3,59	0,22	0,05
5,78	5,75	0,03	0,00
3,37	3,19	0,18	0,03
5,35	5,27	0,07	0,00
4,74	4,86	-0,13	0,02
6,71	6,84	-0,13	0,02
			0,19

Знаходимо F_T при $F_{ад}=N-l=8-3=5$, $f_0 = N \cdot (n-1) = 8 \cdot (3-1) = 16$ та довірчого інтервалу $\alpha=0,05$ становить $F_T=2,85$.

Знаходимо розрахунковий критерій Фішера:

$$F_p = \frac{0,038}{0,034} = 1,123$$

Умова $F_p < F_T$ ($1,123 < 2,85$) виконується, тобто можна зробити висновок щодо адекватності отриманого рівняння регресії процесу, що досліджується. Згідно вхідних даних, заповнюють табл. 5, яку використовують для розрахунку програми «крутого сходження».

Базовий фактор – це фактор, для якого добуток коефіцієнтів регресії на інтервал варіювання є максимальним.

$$\max(b_i \times \lambda_i) = a$$

Для базового фактора вибирають інтервал крутого сходження h_a , зазвичай на підставі раніше відомої інформації. Рекомендується обирати крок крутого сходження дещо меншим, ніж інтервал варіювання у досліді за планом ПФЕ 2^n . Для інших факторів, інтервал крутого сходження розраховується за формулою (5.10), виходячи з вибраного інтервалу крутого сходження для базового фактора.

$$h_i = \frac{b_i \times \lambda_i}{a} \times h_a \quad (10)$$

Коефіцієнти b_i у формулі (5.10) беруть з відповідними знаками, крок крутого сходження (інтервал h_i) округлюють.

Таблиця 5 – Вихідні дані і результати розрахунку програми «крутого сходження»

Найменування	Фактори		
	X_1 кількість ферменту	X_2 масова частка вологи тіста	X_3 тривалість ферментації
Нульовий рівень x_{i0}	0,025	31,0	30,0
Інтервал варіювання λ_i	0,015	4	15
Коефіцієнт b_i	0,988	-0,683	0,465
Розрахунок:			
Добуток $b_i \times \lambda_i$	0,01	2,73	6,98 = max = a
Інтервал h_i від базового фактору на h_a	0,004	1,2	$h_a = 3$
Заокруглений крок	0,005	1	3

X_3 приймається за базовий фактор, оскільки для нього добуток коефіцієнта регресії на інтервал варіювання максимальний: 6,98.

Крок крутого сходження для базового фактора = 3.

З урахуванням вибраних кроків складають програму «крутого сходження» додаванням до нульового рівня факторів нового інтервалу варіювання (табл. 6). Згідно з отриманою програмою поставлено дослід і одержано значення критерію оптимальності.

Таблиця 6 – Програма крутого сходження

№ п/п	(+) X_1	(-) X_2	(+) X_3	Критерій оптимальності Y , кПа
9	0,025	31	30	$Y_1(5,24)$
10	0,03	30	33	$Y_2(4,65)$
11	0,035	29	36	$Y_3(4,15)$
12	0,04	28	39	$Y_4(3,73)$
13	0,045	27	42	$Y_5(3,15)$
14	0,05	26	45	$Y_6(2,58)$

Отже, за програмою «крутого сходження» обираємо варіант №10, в якому гранична напруга зсуву становить 4,65 (в межах похибки), при якому кількість цистейнового поліпшувача становить 0,03 %, масова частка вологи 30 %, тривалість ферментації тіста 33 хв. Таким чином, на підставі проведеної оптимізації було визначено оптимальне співвідношення рецептурних компонентів крекерного тіста із застосуванням цистейнового поліпшувача.

Кодований вигляд рівняння регресії:

$$y = 4,505 + 0,988 \times x_1 - 0,683 \times x_2 + 0,465 \times x_3$$

Коефіцієнти рівняння регресії перетворюємо в натуральний вигляд за формулою (11):

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{нат} - x_{нат}^{min})}{(x_{нат}^{max} - x_{нат}^{min})} - 1 \quad (11)$$

Для отриманих коефіцієнтів:

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{1нат} - 0,01)}{(0,04 - 0,01)} - 1 = \frac{2x_{1нат} - 0,05}{0,03}$$

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{нат} - 31)}{(35 - 27)} - 1 = \frac{2x_{2нат} - 62}{8}$$

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{нат} - 15)}{(45 - 15)} - 1 = \frac{2x_{3нат} - 60}{30}$$

Підставляємо отримані вирази у рівняння регресії:

$$y = 4,505 + 0,988 \times \left(\frac{2x_{1нат} - 0,05}{0,03} \right) - 0,683 \times \left(\frac{2x_{2нат} - 62}{8} \right) + 0,465 \times \left(\frac{2x_{3нат} - 60}{30} \right)$$

Після спрощення рівняння, отримуємо рівняння в натуральній формі:

$$y = 7,105 + 64,8 \times x_{1нат} - 0,18 \times x_{2нат} + 0,031 \times x_{3нат}$$

$$y = 7,105 + 64,8 \times 0,03 - 0,18 \times 30,0 + 0,031 \times 33,0 = 4,67$$

Після перевірки розрахункове $Y = 4,67$, розрахунок цього ж значення для кодованих координат становить 4,65. Похибка в межах норми, отже, переведення в натуральну форму проведено вірно.

Оптимізація рецептурного складу та технологічних режимів приготування тіста для крекерів з амарантовим борошном та гуміарабіком на підставі математичного моделювання методом багатфакторного експерименту

Оптимізація технологічних процесів можлива на основі їх математичного моделювання. При виконанні експерименту правильний вибір нульових рівнів і інтервалів варіювання факторів має вирішальне значення для достовірності математичної моделі. Для проведення експериментальних дослідів потрібно скласти план з матрицею планування експерименту та вказати в ній кількість дослідів та межі зміни факторів.

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3), \text{ де}$$

Y – граничне напруження зсуву, кПа;

X_1 – кількість гуміарабіку, %;

X_2 – масова частка вологи тіста, %;

X_3 – тривалість замісу, хв.

Для проведення дослідів складають спеціальні матриці планування експерименту з вказанням числа дослідів та меж зміни факторів. Матриця представляє собою перелік варіантів, взятих в даній серії дослідів.

Експеримент, в якому реалізуються всі можливі поєднання рівнів факторів, називається повним факторним експериментом (ПФЕ).

Відомо, що найбільш простими є матриці ПФЕ 2^n , в яких досліджувані фактори змінюються лише на 2-х рівнях: верхньому та нижньому.

Визначаємо кількість дослідів повного факторного експерименту:

$$N = d^n \tag{1}$$

де d – кількість рівнів процесу; n – кількість вхідних факторів.

$$N = 2^3 = 8$$

Обираємо кількість дублюючих дослідів, $m = 3$.

Вивчали залежність граничної напруги зсуву (Y) від кількості гуміарабіку (X_1), масової частки вологи тіста (X_2) та тривалості замішування тіста (X_3). Рівні факторів та інтервали їх варіювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівні та крок варіювання експерименту

Рівні фактори	Позначення	Досліджувані фактори		
		Кількість гуміарабіку (X_1), %	Масова частка води тіста (X_2), %	Тривалість замішування (X_3), хв
Нульовий рівень	X_i^0	2,5	36,0	43,0
Верхній рівень	X_i^+	3,5	43,0	50,0
Нижній рівень	X_i^-	1,5	29,0	36,0
Інтервал варіювання	λ_i	1,0	7	7

Зазвичай, інтервал варіювання обирається на основі апріорної інформації (або на етапі попередніх експериментів).

Після побудови матриці планування приступають до проведення експерименту.

Матриця планування експерименту і результати проведених досліджень представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця плану експерименту

№ п. п	Кількість гуміарабіку, %, X_1		Масова частка води тіста, %, X_2		Тривалість замішування, хв, X_3		Гранична напруга зсуву $Y_{\text{сеп}}$, кПа
1	+	3,5	+	43,0	+	50,0	5,06
2	-	1,5	+	43,0	+	50,0	2,92
3	+	3,5	-	29,0	+	50,0	6,10
4	-	1,5	-	29,0	+	50,0	4,26
5	+	3,5	+	43,0	-	36,0	4,77
6	-	1,5	+	43,0	-	36,0	3,1
7	+	3,5	-	29,0	-	36,0	5,33
8	-	1,5	-	29,0	-	36,0	2,82

Для опрацювання отриманих експериментальних даних потрібно визначити оцінку дисперсії відтворюваності даних (похибка досліду), провести розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії, перевірити суттєвість коефіцієнтів та адекватність рівняння регресії. Зведені результати дослідів та їх опрацювання наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Зведені результати дослідів та їх опрацювання

№ п.п	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Y ₁ , кПа	Y ₂ , кПа	Y ₃ , кПа	Y _{сер} , кПа	Полінійна дисперсія (похибка дослідів)
1	+	+	+	5,35	4,48	5,34	5,057	0,249
2	-	+	+	3,07	2,64	3,05	2,920	0,059
3	+	-	+	6,45	6,32	5,54	6,103	0,242
4	-	-	+	4,18	4,25	4,35	4,260	0,007
5	+	+	-	4,57	4,88	4,85	4,767	0,029
6	-	+	-	3,28	2,65	3,37	3,100	0,154
7	+	-	-	5,65	4,78	5,55	5,327	0,227
8	-	-	-	2,75	2,67	3,03	2,817	0,036
$\sum S_i$								1,003

З метою перевірки, чи розсіювання в певній точці факторного простору не перевищує певну величину, розраховують полінійні дисперсії і перевіряють їх однорідність за формулою:

$$S_{одн,i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_{сер} - Y_i)^2}{m-1} \quad (2)$$

де, m – номер повторності дослідів.

За критерієм Кохрена перевіряють однорідність дисперсій. Знаходять розрахункове значення критерію Кохрена (G_p) та порівнюють його з табличним значенням (G_T).

$$G_p = \frac{S_{одн,макс}^2}{\sum_{i=1}^m S_{одн,i}^2} \quad (3)$$

$$S_{одн,макс}^2 = 0,249$$

Табличне значення критерію Кохрена для значень ступенів свободи $f_1=m-1=2$; $f_2=N=8$, та довірчого інтервалу $\alpha=0,05$ становить $G_T=0,8159$, тоді:

$$G_p = \frac{0,249}{1,003} = 0,249$$

Якщо $G_p < G_T$ ($0,249 < 0,8159$), то дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто отримане рівняння регресії є відтворюваним.

Розраховуємо загальну похибку дослідів, а саме дисперсію відтворюваності за формулою:

$$S_{\text{відтвор.}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m S_{\text{одн},i}^2}{N} \quad (4)$$

$$S_{\text{відтвор.}}^2 = \frac{0,249}{8} = 0,125$$

Коефіцієнти рівняння регресії розраховують за формулою:

$$b_k = \frac{\sum_{i=1}^m x_{k,i} \cdot Y_{\text{сер},i}}{N} \quad (5)$$

$$b_0 = \frac{5,06 + 2,92 + 6,1 + 4,26 + 4,77 + 3,1 + 5,3 + 2,82}{8} = 4,29$$

$$b_1 = \frac{5,06 - 2,92 + 6,1 - 4,26 + 4,77 - 3,1 + 5,3 - 2,82}{8} = 1,02$$

$$b_2 = \frac{5,06 + 2,92 - 6,1 - 4,26 + 4,77 + 3,1 - 5,3 - 2,82}{8} = -0,333;$$

$$b_3 = \frac{5,06 + 2,92 + 6,1 + 4,26 - 4,77 - 3,1 - 5,3 - 2,82}{8} = 0,291;$$

Тоді рівняння регресії в кодованій формі буде виглядати:

$$y = 4,294 + 1,02 \times x_1 - 0,333 \times x_2 + 0,291 \times x_3$$

Оцінку впливу різних факторів на критерій оптимальності оцінюємо за критерієм Стюдента ($t_{\text{БК}}$) та порівнюємо із табличним значенням критерію Стюдента (t_T). Табличне значення критерію Стюдента t_T для ступеню свободи $f_0 = N \cdot (m - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16$ і довірчого інтервалу $\alpha = 0,05$ становить $t_T = 2,12$, тоді якщо $t_{\text{БК}} > t_T$, то такий коефіцієнт вважається суттєвим.

$$t_{\text{БК}} = \frac{[e_k]}{S_k} \quad (6)$$

$$S_k = \sqrt{S_k^2} = \sqrt{\frac{S_{\text{відтвор},i}^2}{N}} \quad (7)$$

$$S_k = \sqrt{\frac{0,125}{8}} = \sqrt{0,016} = 0,125$$

Підставимо значення S_k , щоб визначити критерій Стюдента:

$$t_{e1} = \frac{[e_1]}{S_k} = \frac{[1,02]}{0,125} = 8,143$$

$$t_{e2} = \frac{[e_2]}{S_k} = \frac{[-0,333]}{0,125} = -2,659$$

$$t_{e3} = \frac{[e_3]}{S_k} = \frac{[0,291]}{0,125} = 2,326$$

За критерієм Фішера перевіряємо придатність рівняння для розв'язання задачі пошуку області оптимуму.

Перевірку на адекватність проводимо за критерієм Фішера (F_p):

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S^2_{відтвор}} \quad (8)$$

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\overset{\Delta}{Y}_i - Y_{сер,i} \right)^2}{N - l}, \quad (9)$$

де $\overset{\Delta}{Y}_i$ – це розрахункове значення критерію оптимальності згідно з отриманим рівнянням; l – це кількість значущих коефіцієнтів рівняння регресії, які стоять перед основними факторами

$$S_{ad}^2 = \frac{0,761}{5} = 0,152$$

Таблиця 4 – Дані перевірки адекватності рівняння

$\overset{\Delta}{Y}_i$	$Y_{сер}$	$Y_{сер} - Y_i$	$(Y_{сер} - Y_i)^2$
5,272	5,057	0,215	0,046
3,233	2,920	0,312	0,098
5,938	6,103	-0,166	0,028
3,898	4,260	-0,362	0,131
4,689	4,767	-0,078	0,006
2,650	3,100	-0,450	0,203
5,355	5,327	0,028	0,001
3,316	2,817	0,499	0,249
			0,761

Знаходимо F_T при $F_{ад} = N - l = 8 - 3 = 5$, $f_0 = N * (n - 1) = 8 * (3 - 1) = 16$ та довірчого інтервалу $\alpha = 0,05$ становить $F_T = 2,85$.

Знаходимо розрахунковий критерій Фішера:

$$F_p = \frac{0,152}{0,125} = 1,213$$

Умова $F_p < F_T$ ($1,213 < 2,85$) виконується, тобто можна зробити висновок щодо адекватності отриманого рівняння регресії процесу, що досліджується.

Згідно вхідних даних, заповнюють табл. 5, яку використовують для розрахунку програми «крутого сходження».

Базовий фактор – це фактор, для якого добуток коефіцієнтів регресії на інтервал варіювання є максимальним.

$$\max(b_i \times \lambda_i) = a$$

Для базового фактора вибирають інтервал крутого сходження h_a , зазвичай на підставі раніше відомої інформації. Рекомендується обирати крок крутого сходження дещо меншим, ніж інтервал варіювання у досліді за планом ПФЕ 2^n . Для інших факторів, інтервал крутого сходження розраховується за формулою (5.10), виходячи з вибраного інтервалу крутого сходження для базового фактора.

$$h_i = \frac{b_i \times \lambda_i}{a} \times h_a \quad (10)$$

Коефіцієнти b_i у формулі (5.10) беруть з відповідними знаками, крок крутого сходження (інтервал h_i) округлюють.

Таблиця 5 – Вихідні дані і результати розрахунку програми «крутого сходження»

Найменування	Фактори		
	X_1 кількість гуміарабіку	X_2 масова частка вологи тіста	X_3 тривалість замішування
Нульовий рівень x_{i0}	2,5	36,0	47,0
Інтервал варіювання λ_i	1	7	5
Коефіцієнт b_i	1,02	-0,33	0,291
Розрахунок:			
Добуток $b_i \times \lambda_i$	1,02	2,31 = max = a	1,455
Інтервал h_i від базового фактору на h_a	0,8	$h_a = 2$	1,26
Заокруглений крок	0,5	2	2

X_2 приймається за базовий фактор, оскільки для нього добуток коефіцієнта регресії на інтервал варіювання максимальний: 2,31.

Крок крутого сходження для базового фактора = 2.

З урахуванням вибраних кроків складають програму «крутого сходження» додаванням до нульового рівня факторів нового інтервалу варіювання (табл. 6). Згідно з отриманою програмою поставлено дослід і одержано значення критерію оптимальності.

Таблиця 6 – Програма крутого сходження

№ п/п	(+) X_1	(-) X_2	(+) X_3	Критерій оптимальності Y , кПа
9	2,5	36,0	43,0	$Y_1(4,20)$
10	3,0	34,0	45,0	$Y_2(4,86)$
11	3,5	32,0	47,0	$Y_3(5,27)$
12	4,0	30,0	49,0	$Y_4(5,72)$
13	4,5	28,0	51,0	$Y_5(6,15)$
14	5,0	26,0	53,0	$Y_6(6,65)$

Отже, за програмою «крутого сходження» обираємо варіант №10, в якому гранична напруга зсуву становить 4,86 (в межах похибки), при якому кількість гуміарабіку становить 3 %, масова частка вологи 34 %, тривалість замішування тіста 45 хв. Таким чином, на підставі проведеної оптимізації було визначено оптимальне співвідношення рецептурних компонентів крекерного тіста із застосуванням амарантового борошна та гуміарабіку.

Кодований вигляд рівняння регресії:

$$y = 4,294 + 1,02 \times x_1 - 0,333 \times x_2 + 0,291 \times x_3$$

Коефіцієнти рівняння регресії перетворюємо в натуральний вигляд за формулою (11):

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{нат} - x_{нат}^{min})}{(x_{нат}^{max} - x_{нат}^{min})} - 1 \quad (11)$$

Для отриманих коефіцієнтів:

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{1нат} - 1,5)}{(3,5 - 1,5)} - 1 = \frac{2x_{1нат} - 5}{2}$$

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{нат} - 29)}{(43 - 29)} - 1 = \frac{2x_{2нат} - 72}{14}$$

$$X_{код} = \frac{2 \times (x_{нат} - 36)}{(50 - 36)} - 1 = \frac{2x_{3нат} - 86}{14}$$

Підставляємо отримані вирази у рівняння регресії:

$$y = 4,294 + 1,02 \times \left(\frac{2x_{1нат} - 5}{2} \right) - 0,333 \times \left(\frac{2x_{2нат} - 72}{14} \right) + 0,291 \times \left(\frac{2x_{3нат} - 86}{14} \right)$$

Після спрощення рівняння, отримуємо рівняння в натуральній формі:

$$y = 1,464 + 1,02 \times x_{1нат} - 0,04 \times x_{2нат} + 0,04 \times x_{3нат}$$

$$y = 1,464 + 1,02 \times 3,0 - 0,04 \times 34,0 + 0,04 \times 45,0 = 4,9$$

Після перевірки розрахункове $Y = 4,9$, розрахунок цього ж значення для кодованих координат становить 4,86. Похибка в межах норми, отже, переведення в натуральну форму проведено вірно.

ДОДАТОК Г
ДЕКЛАРАЦІЙНІ ПАТЕНТИ НА ВІНАХІД, КОРИСНІ МОДЕЛІ ТА
НАГОРОДИ У ДЕГУСТАЦІЙНИХ КОНКУРСАХ







УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВІНАХІД

№ 118528

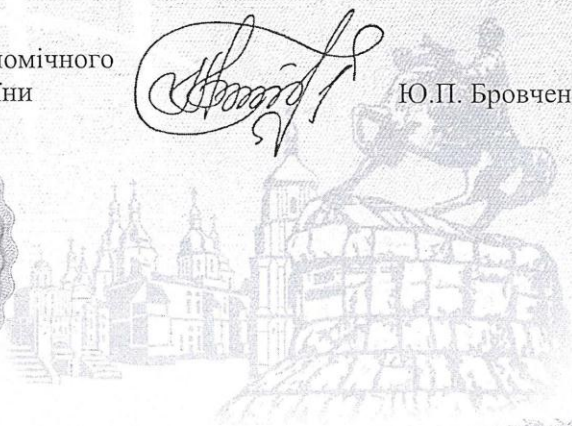
СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА КРЕКЕРУ "ЛІСОВИЙ ПОДИХ"

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
25.01.2019.

Заступник Міністра економічного
розвитку і торгівлі України

Ю.П. Бровченко













ДОДАТОК Д
АКТИ ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Директор ФОП «Марченко В.Б.»

 Марченко В.Б.
«24» травня 2018 р.



Акт

Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру «Тасмниця» з додаванням порошку з листків монарди двійчастої та цистеїну

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Марченко В.Б.» Марченко В.Б., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 22-24 травня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Марченко В.Б.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Коцюбинського, 88, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Тасмниця» з додаванням порошку з листків монарди двійчастої та цистеїну.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням порошку з листків монарди двійчастої та поліпшувача амінокислоти цистеїн. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, маргарин для шарування, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, соду питну, сіль вуглеамонійну, сіль в тісто, сіль для обсипання, олію для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої), поліпшувач амінокислоту цистеїн, порошок з листків монарди двійчастої.

Інноваційне рішення: крекер має понижену калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

Надземна частина монарди двійчастої (*Monarda didyma*) має високий антиоксидантний потенціал, завдяки наявності фенолкарбонових кислот, зокрема кавової, флавоноїдів, третбутилкатехолу, бутилгідрохінону та її потенційні бактерицидні властивості завдяки вмісту тимолу, карвакролу, d-гермакрину, альфа-терпіноліну. Натуральні антиоксидантні сполуки здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гідропероксиди без утворення вільних радикалів, що спричиняє розривання ланцюга окисних реакцій і сповільнення швидкості окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів. Додавання порошку монарди двійчастої до рецептурного складу та обробка поверхні масляним екстрактом на її основі дає змогу отримати крекер з пікантним смаком, поліпшеними органолептичними показниками та подовженим терміном придатності до споживання.

Для регулювання структурно-механічних властивостей крекерного тіста необхідно додавати поліпшувачі. Застосування натуральної амінокислоти цистеїну покращує структурно-механічні властивості тіста, сприяє скороченню часу відлежування/релаксації тіста, поліпшує умови прокатки, забезпечує стабільну форму виробів після формування та випікання. Органолептична оцінка показала, що внесення цистеїну до рецептурного складу крекеру забезпечує: рівномірний золотистий колір виробів, покращує структуру виробів, попереджає утворення мікротріщин та пухирців на поверхні, забезпечує стабільну форму.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Таємниця» має найвищу оцінку – 5 балів.

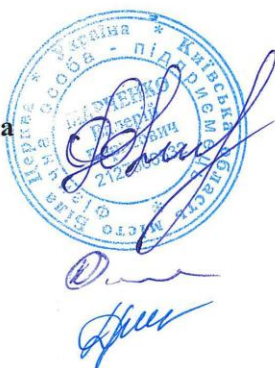
Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Таємниця»

Показник	Оцінка
Смак	5 балів
Аромат	5 балів
Форма	5 балів
Колір	5 балів
Стан поверхні	5 балів
Загальна оцінка	5 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Таємниця» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Марченко В.Б.»
Марченко В.Б.

Від НУХТ:

проф. Оболкіна В.І
аспірант Дзигар О.О.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФОП «Марченко В.Б.»

Марченко В.Б.

«24» травня 2018 р.



Акт

Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру «Лісовий подих» з додаванням порошку з листків пажитника сінного та цистеїну

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Марченко В.Б.» Марченко В.Б., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 22-24 травня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Марченко В.Б.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Коцюбинського, 88, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Лісовий подих» з додаванням порошку з листків пажитника сінного та цистеїну.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням порошку з листків пажитника сінного та поліпшувача амінокислоти цистеїн. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, маргарин для шарування, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, сіль вуглеамонійну, соду питну, сіль в тісто, сіль для обсипання, олію для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного), цистеїн, порошок з листків пажитника сінного.

Інноваційне рішення: крекер має понижену калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

До сировини, що має приємний смак, оригінальний аромат та володіє багатофункціональними властивостями відносять надземну фітомасу пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum*). Пажитник містить багато антиоксидантних і протизапальних сполук. Натуральні антиоксидантні речовини здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гідропероксиди без утворення вільних радикалів, що спричиняє розривання ланцюга окисних реакцій і сповільнення швидкості окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів. Застосування порошку з листків пажитника сінного та обробка поверхні масляним екстрактом дозволить подовжити термін зберігання та надасть виробам оригінальний пряний аромат.

Технологічним рішенням регулювання процесу тістоутворення та поліпшення якості виробів є застосування поліпшувачів на основі амінокислоти цистеїну для регулювання структурно-механічних властивостей тіста з відповідними характеристиками, необхідними для формування тістових заготовок.

Застосування натуральної амінокислоти цистеїну покращує структурно-механічні властивості тіста, сприяє скороченню часу відлежування/релаксації тіста, поліпшує умови прокатки, забезпечує стабільну форму виробів після формування та випікання. Органолептична оцінка показала, що внесення цистеїну до рецептурного складу крекеру забезпечує: рівномірний золотистий колір виробів, покращує структуру виробів, попереджає утворення мікротріщин та пухирців на поверхні, забезпечує стабільну форму.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Лісовий подих» має найвищу оцінку – 5 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Лісовий подих»

Показник	Оцінка
Смак	5 балів
Аромат	5 балів
Форма	5 балів
Колір	5 балів
Стан поверхні	5 балів
Загальна оцінка	5 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Лісовий подих» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Марченко В.Б.»
Марченко В.Б.

Від НУХТ:

проф. Оболкіна В.І
аспірант Дзигар О.О.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФОП «Марченко В.Б.»

Марченко В.Б.

«24» травня 2018 р.



Акт

**Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру
«Амарантове диво» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку**

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Марченко В.Б.» Марченко В.Б., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 22-24 травня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Марченко В.Б.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Коцюбинського, 88, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Амарантове диво» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням борошна амарантового, гуміарабіку та обробкою поверхні масляним екстрактом на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, борошно амарантове, маргарин, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, сіль вуглеамонійну, сіль в тісто, соду піпну, сіль для обсипання, олію для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої), гуміарабік.

Інноваційне рішення: крекер має понижено калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

До сировини, що має підвищену біологічну цінність відноситься борошно амарантове. Воно містить велику кількість білку, у тому числі незамінних амінокислот - лізину, метіоніну, триптофану, які є регуляторами обмінних процесів в організмі, а в складі жирів - близько 50% поліненасичених жирних кислот. Насіння амаранту є цінним джерелом вітамінного та мінерального комплексу. Борошно амарантове містить: залізо – 28,0 мг, кальцій – 96,0 мг і мідь – 2,4 мг.

Борошно амарантове не містить клейковини, тому при його додаванні до пшеничного борошна, готове печиво має занадто крихку структуру. Для отримання структури тіста з пружньо-еластичними характеристиками, необхідними для формування тістових заготовок, запропоновано додавання гідроколоїду гуміарабіку.

Гуміарабік (камедь акації) – має пребіотичні властивості, низьку калорійність та низький глікемічний індекс. Гуміарабік проявляє властивості емульгатора та стабілізатора прямих емульсій. Технологічні властивості

гуміарабіку: швидко розчиняється при кімнатній температурі, стабілізує вологу в виробах, виявляє антиоксидантні властивості, підвищує пружньо-еластичні властивості тіста.

До сировини, що має приємний смак, оригінальний аромат та володіє багатофункціональними властивостями відносять пряно-ароматичну сировину, листки монарди двійчастої (*Monarda didyma*), які є натуральним антиоксидантом, що містять у своєму складі фенольні і поліфенольні сполуки. Натуральні антиоксидантні сполуки сповільнюють окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів.

Обробка поверхні крекеру масляним екстрактом, на основі соняшникової олії та монарди двійчастої, дозволить отримати крекер з пікантним смаком, поліпшеними органолептичними показниками та подовженим терміном придатності до споживання.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Амарантове диво» має оцінку – 4,9 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Амарантове диво»

Показник	Оцінка
Смак	5 балів
Аромат	4,8 балів
Форма	4,9 балів
Колір	5 балів
Стан поверхні	4,9 балів
Загальна оцінка	4,9 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Амарантове диво» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Марченко В.Б.»
Марченко В.Б.

Від НУХТ:

проф. Оболкіна В.І.
аспірант Дзигар О.О.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ФОП «Марченко В.Б.»

Марченко В.Б.

«24» травня 2018 р.



Акт

**Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру
«Амарантова магія» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку**

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Марченко В.Б.» Марченко В.Б., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 22-24 травня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Марченко В.Б.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Коцюбинського, 88, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Амарантова магія» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням борошна амарантового, гуміарабіку та обробкою поверхні масляним екстрактом на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, борошно амарантове, маргарин, цукор, інвертний сироп, сіль вуглеамонійна, сіль в тісто, сода, сіль для обсипання, олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного), гуміарабик.

Інноваційне рішення: крекер має понижену калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

До сировини, що має підвищену біологічну цінність відноситься борошно амарантове. Борошно амарантове містить велику кількість білку, у тому числі незамінних амінокислот - лізину, метіоніну, триптофану, які є регуляторами обмінних процесів в організмі, а в складі жирів - близько 50% поліненасичених жирних кислот. Борошно амарантове містить: залізо – 28,0 мг, кальцій – 96,0 мг і мідь – 2,4 мг. Борошно амарантове не містить клейковини, тому при його додаванні до пшеничного борошна, готове печиво має занадто крихку структуру. Для отримання структури тіста з пружньо-еластичними характеристиками, необхідними для формування тістових заготовок, запропоновано додавання гідроколоїду гуміарабіку.

Гуміарабик (камедь акації) – має пребіотичні властивості, низьку калорійність та низький глікемічний індекс. Гуміарабик проявляє властивості емульгатора та стабілізатора прямих емульсій. Технологічні властивості гуміарабіку: швидко розчиняється при кімнатній температурі, стабілізує вологу в

виробах, виявляє антиоксидантні властивості, підвищує пружньо-еластичні властивості тіста.

До сировини, що має приємний смак та аромат відносять пряно-ароматичну сировину, листки пажитника сінного. У складі листків пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum*) міститься: білки, залізо, калій, фосфор, магній, кальцій, таніни, вітаміни А, С, В₁, В₂, В₉, ніотинова кислота, рутин, стероїдні сапоніни, фітостероли і фітостерини, флавоноїди, ефірну олію, каротин, алкалоїд трігонеллін, холін, лецитин. Натуральні антиоксидантні сполуки, які містить пажитник, сповільнюють окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів. Обробка поверхні крекеру масляним екстрактом, на основі соняшникової олії та пажитника сінного, дозволить отримати крекер з пікантним смаком, поліпшеними органолептичними показниками та подовженим терміном придатності до споживання.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Амарантова магія» має оцінку – 4,9 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Амарантова магія»

Показник	Оцінка
Смак	5 балів
Аромат	4,8 балів
Форма	4,9 балів
Колір	5 балів
Стан поверхні	4,9 балів
Загальна оцінка	4,9 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Амарантова магія» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Марченко В.Б.»

Марченко В.Б.

Від НУХТ:

проф. Оболкіна В.І

аспірант Дзигар О.О.



АКТ

Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру «Таємниця» з додаванням порошку з листків монарди двійчастої та цистеїну

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Маршалок В.А.» Маршалок В.А., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 17-19 жовтня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Маршалок В.А.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Піщана друга, 49, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Таємниця» з додаванням порошку з листків монарди двійчастої та цистеїну.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням порошку з листків монарди двійчастої та поліпшувача амінокислоти цистеїн. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, маргарин для шарування, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, соду питну, сіль вуглеамонійну, сіль в тісто, сіль для обсипання, олію для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої), поліпшувач амінокислоту цистеїн, порошок з листків монарди двійчастої.

Інноваційне рішення: крекер має понижено калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

Надземна частина монарди двійчастої (*Monarda didyma*) має високий антиоксидантний потенціал, завдяки наявності фенолкарбонових кислот, зокрема кавової, флавоноїдів, третбутилкатехолу, бутилгідрокінону та її потенційні бактерицидні властивості завдяки вмісту тимолу, карвакролу, d-гермакрину, альфа-терпіноліну. Натуральні антиоксидантні сполуки здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гідроперокси без утворення вільних радикалів, що спричиняє розривання ланцюга окисних реакцій і сповільнення швидкості окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів. Додавання порошку монарди двійчастої до рецептурного складу та обробка поверхні масляним екстрактом на її основі дає змогу отримати крекер з пікантним смаком, поліпшеними органолептичними показниками та подовженим терміном придатності до споживання.

Для регулювання структурно-механічних властивостей крекерного тіста необхідно додавати поліпшувачі. Застосування натуральної амінокислоти цистеїну покращує структурно-механічні властивості тіста, сприяє скороченню часу відлежування/релаксації тіста, поліпшує умови прокатки, забезпечує стабільну форму виробів після формування та випікання. Органолептична оцінка показала, що внесення цистеїну до рецептурного складу крекеру забезпечує: рівномірний золотистий колір виробів, покращує структуру виробів, попереджає утворення мікротріщин та пухирців на поверхні, забезпечує стабільну форму.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Таємниця» має найвищу оцінку – 5,0 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Таємниця»

Показник	Оцінка
Смак	5,0 балів
Аромат	5,0 балів
Форма	5,0 балів
Колір	5,0 балів
Стан поверхні	5,0 балів
Загальна оцінка	5,0 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Таємниця» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Маршалок В.А.»
Маршалок В.А.

Від НУХТ:



проф. Оболкіна В.І
аспірант Дзигар О.О.



АКТ

Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру «Лісовий подих» з додаванням порошку з листків пажитника сінного та цистеїну

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Маршалок В.А.» Маршалок В.А., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 17-19 жовтня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Маршалок В.А.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Піщана друга, 49, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Лісовий подих» з додаванням порошку з листків пажитника сінного та цистеїну.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням порошку з листків пажитника сінного та поліпшувача амінокислоти цистеїн. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, маргарин для шарування, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, сіль вуглеамонійну, соду питну, сіль в тісто, сіль для обсіпання, олію для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного), цистеїн, порошок з листків пажитника сінного.

Інноваційне рішення: крекер має понижену калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

До сировини, що має приємний смак, оригінальний аромат та володіє багатофункціональними властивостями відносять надземну фітомасу пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum*). Пажитник містить багато антиоксидантних і протизапальних сполук. Натуральні антиоксидантні речовини здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гідропероксиди без утворення вільних радикалів, що спричиняє розривання ланцюга окисних реакцій і сповільнення швидкості окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів. Застосування порошку з листків пажитника сінного та обробка поверхні масляним екстрактом дозволить подовжити термін зберігання та надасть виробам оригінальний пряний аромат.

Технологічним рішенням регулювання процесу тістоутворення та поліпшення якості виробів є застосування поліпшувачів на основі амінокислоти цистеїну для регулювання структурно-механічних властивостей тіста з відповідними характеристиками, необхідними для формування тістових заготовок.

Застосування натуральної амінокислоти цистеїну покращує структурно-механічні властивості тіста, сприяє скороченню часу відлежування/релаксації тіста, поліпшує умови прокатки, забезпечує стабільну форму виробів після формування та випікання. Органолептична оцінка показала, що внесення цистеїну до рецептурного складу крекеру забезпечує: рівномірний золотистий колір виробів, покращує структуру виробів, попереджає утворення мікротріщин та пухирців на поверхні, забезпечує стабільну форму.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Лісовий подих» має найвищу оцінку – 5,0 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Лісовий подих»

Показник	Оцінка
Смак	5,0 балів
Аромат	5,0 балів
Форма	5,0 балів
Колір	5,0 балів
Стан поверхні	5,0 балів
Загальна оцінка	5,0 балів

Заключення

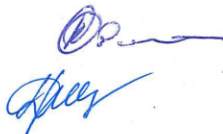
Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Лісовий подих» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Маршалок В.А.»
Маршалок В.А.

Від НУХТ:



проф. Оболкіна В.І
аспірант Дзигар О.О.



Акт

Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру «Амарантове диво» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Маршалок В.А.» Маршалок В.А., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 17-19 жовтня 2018 року в умовах виробництва на ФОП «Маршалок В.А.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Піщана друга, 49, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Амарантове диво» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням борошна амарантового, гуміарабіку та обробкою поверхні масляним екстрактом на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, борошно амарантове, маргарин, цукор білий кристалічний, інвертний сироп, сіль вуглеамонійну, сіль в тісто, соду піпну, сіль для обсіпання, олію для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків монарди двійчастої), гуміарабик.

Інноваційне рішення: крекер має понижену калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

До сировини, що має підвищену біологічну цінність відноситься борошно амарантове. Воно містить велику кількість білку, у тому числі незамінних амінокислот – лізину, метіоніну, триптофану, які є регуляторами обмінних процесів в організмі, а в складі жирів – близько 50% поліненасичених жирних кислот. Насіння амаранту є цінним джерелом вітамінного та мінерального комплексу. Борошно амарантове містить: залізо – 28,0 мг, кальцій – 96,0 мг і мідь – 2,4 мг. Борошно амарантове не містить клейковини, тому при його додаванні до пшеничного борошна, готове печиво має занадто крихку структуру. Для отримання структури тіста з пружньо-еластичними характеристиками, необхідними для формування тістових заготовок, запропоновано додавання гідроколоїду гуміарабіку.

Гуміарабик (камедь акації) – має пребіотичні властивості, низьку калорійність та низький глікемічний індекс. Гуміарабик проявляє властивості емульгатора та стабілізатора прямих емульсій. Технологічні властивості

гуміарабіку: швидко розчиняється при кімнатній температурі, стабілізує вологу в виробах, виявляє антиоксидантні властивості, підвищує пружньо-еластичні властивості тіста.

До сировини, що має приємний смак, оригінальний аромат та володіє багатофункціональними властивостями відносять пряно-ароматичну сировину, листки монарди двійчастої (*Monarda didyma*), які є натуральним антиоксидантом, що містять у своєму складі фенольні і поліфенольні сполуки. Натуральні антиоксидантні сполуки сповільнюють окиснення жирів під час зберігання, тим самим подовжуючи термін придатності виробів.

Обробка поверхні крекеру масляним екстрактом, на основі соняшникової олії та монарди двійчастої, дозволить отримати крекер з пікантним смаком, поліпшеними органолептичними показниками та подовженим терміном придатності до споживання.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Амарантове диво» має оцінку – 5,0 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Амарантове диво»

Показник	Оцінка
Смак	5,0 балів
Аромат	5,0 балів
Форма	5,0 балів
Колір	5,0 балів
Стан поверхні	5,0 балів
Загальна оцінка	5,0 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Амарантове диво» заслуговує впровадження.

Від підприємства



директор ФОП «Маршалок В.А.»
Маршалок В.А.

Від НУХТ:



проф. Оболкіна В.І
аспірант Дзигар О.О.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Директор ФОП «Маршалок В.А.»
 В.А. Маршалок
 «19» жовтня 2018 р.

АКТ

Виробничих випробувань технології виготовлення крекеру «Амарантова магія» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку

Ми, які нижче підписалися, директор ФОП «Маршалок В.А.» Маршалок В.А., професор кафедри технології хлібопекарських та кондитерських виробів Національного університету харчових технологій, д.т.н., Оболкіна В.І., аспірант Дзигар О.О. склали цей акт в тому, що в період 17-19 жовтня 2019 року в умовах виробництва на ФОП «Маршалок В.А.», яке знаходиться за адресою м. Біла Церква, вул. Піщана друга, 49, були проведені виробничі випробування технології виготовлення нового виду крекеру «Амарантова магія» з додаванням борошна амарантового та гуміарабіку.

Характеристика виробу. Крекер виготовлений з додаванням борошна амарантового, гуміарабіку та обробкою поверхні масляним екстрактом на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного. Має різноманітну форму. Випускається ваговим та фасованим.

Містить у складі: борошно пшеничне вищого сорту, борошно амарантове, маргарин, цукор, інвертний сироп, сіль вуглеамонійна, сіль в тісто, сода, сіль для обсипання, олія для розпилювання (масляний екстракт на основі соняшникової олії та листків пажитника сінного), гуміарабік.

Інноваційне рішення: крекер має понижено калорійність, підвищену харчову та біологічну цінність, збалансоване за поживними речовинами, з поліпшеними структурно-механічними властивостями тіста та готових виробів.

До сировини, що має підвищену біологічну цінність відноситься борошно амарантове. Борошно амарантове містить велику кількість білку, у тому числі незамінних амінокислот – лізину, метіоніну, триптофану, які є регуляторами обмінних процесів в організмі, а в складі жирів – близько 50% поліненасичених жирних кислот. Борошно амарантове містить: залізо – 28,0 мг, кальцій – 96,0 мг і мідь – 2,4 мг. Борошно амарантове не містить клейковини, тому при його додаванні до пшеничного борошна, готове печиво має занадто крихку структуру. Для отримання структури тіста з пружньо-еластичними характеристиками, необхідними для формування тістових заготовок, запропоновано додавання гідрокооліду гуміарабіку.

Гуміарабік (камедь акації) – має пребіотичні властивості, низьку калорійність та низький глікемічний індекс. Гуміарабік проявляє властивості емульгатора та стабілізатора прямих емульсій. Технологічні властивості гуміарабіку: швидко розчиняється при кімнатній температурі, стабілізує вологу в

виробах, виявляє антиоксидантні властивості, підвищує пружньо-еластичні властивості тіста.

До сировини, що має приємний смак та аромат відносять пряно-ароматичну сировину, листки пажитника сінного. У складі листків пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum*) міститься: білки, залізо, калій, фосфор, магній, кальцій, таніни, вітаміни А, С, В₁, В₂, В₉, нікотинова кислота, рутин, стероїдні сапоніни, фітостероли і фітостерини, флавоноїди, ефірну олію, каротин, алкалоїд трігонеллін, холін, лецитин. Натуральні антиоксидантні сполуки, які містить пажитник, сповільнюють окиснення жирів під час зберігання, тим самим продовжуючи термін придатності виробів. Обробка поверхні крекеру масляним екстрактом, на основі соняшникової олії та пажитника сінного, дозволить отримати крекер з пікантним смаком, поліпшеними органолептичними показниками та подовженим терміном придатності до споживання.

Результати експертного опитування членів дегустаційної комісії підприємства показали, що за органолептичними показниками якості крекер «Амарантова магія» має оцінку – 5,0 балів.

Таблиця 1 – Органолептичні показники крекеру «Амарантова магія»

Показник	Оцінка
Смак	5,0 балів
Аромат	5,0 балів
Форма	5,0 балів
Колір	5,0 балів
Стан поверхні	5,0 балів
Загальна оцінка	5,0 балів

Заключення

Виробничі випробування технології нового виду крекеру показали його високі органолептичні показники, технологічність, даний крекер можливо виробляти на існуючому обладнанні. Нова технологія крекеру «Амарантова магія» заслуговує впровадження.

Від підприємства



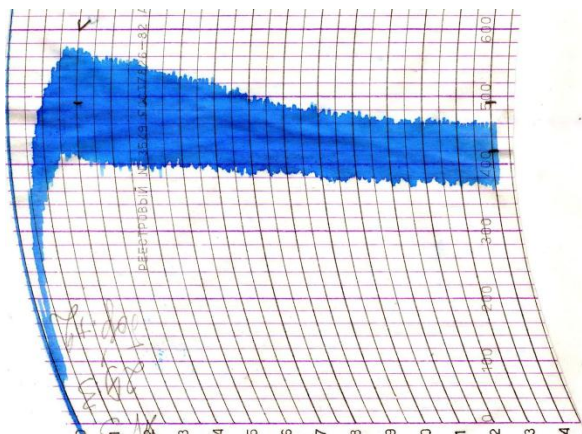
директор ФОП «Маршалок В.А.»
Маршалок В.А.

Від НУХТ:

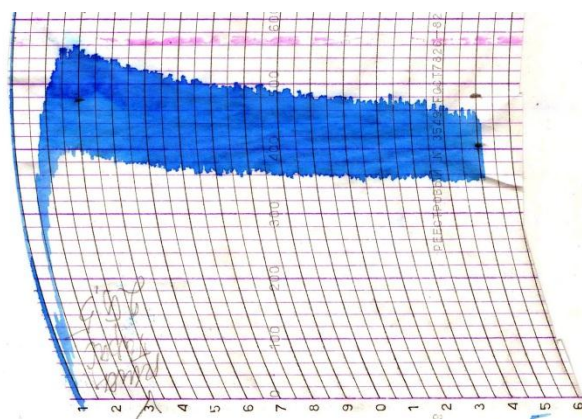


проф. Оболкіна В.І.
аспірант Дзигар О.О.

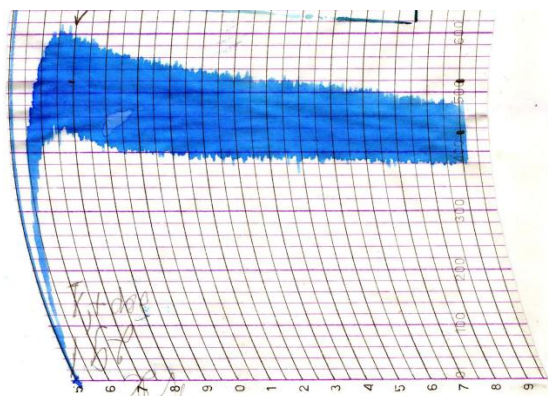
ДОДАТОК Е
РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



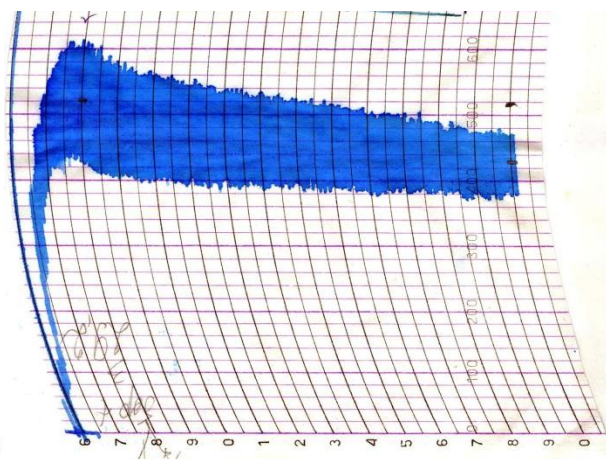
№1 Борошно пшеничне



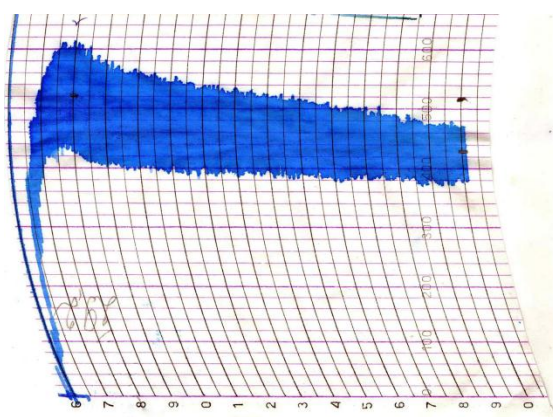
№2 Бор. пшен. + «Porit L» 0,025%



№3 Бор. пшен. + «Alphamalt PRO» 0,025%

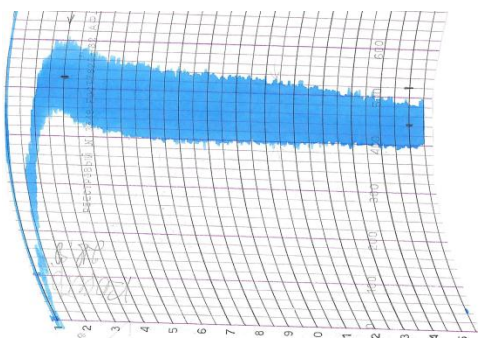


№4 Бор. пшен. + «EMCsoft P 10» 0,025%

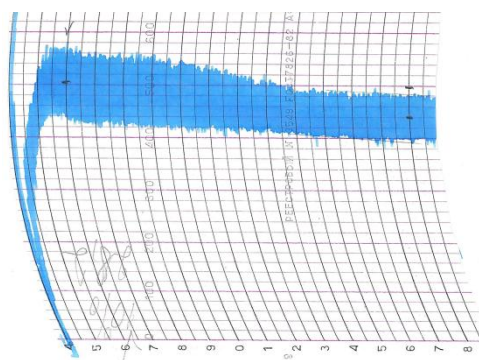


№5 Бор. пшен. + «Alphamalt BK 5020» 0,025%

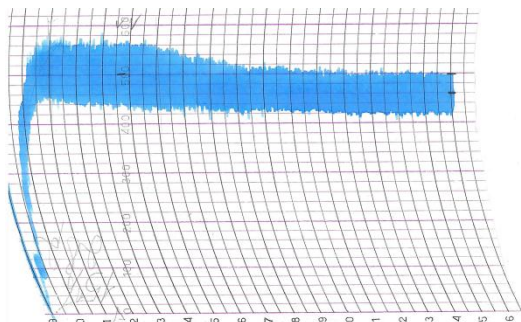
Рис. 1. Фаринограми модельних зразків тіста з додаванням ферментних препаратів та L – цистеїнових поліпшувачів



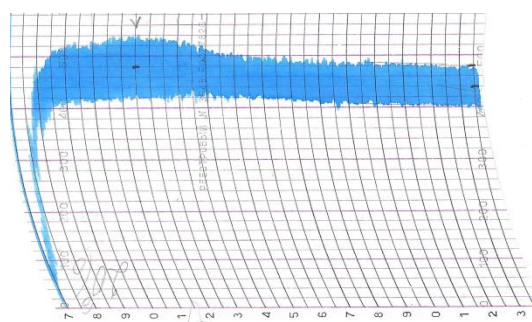
№1 Борошно пшеничне (БП)



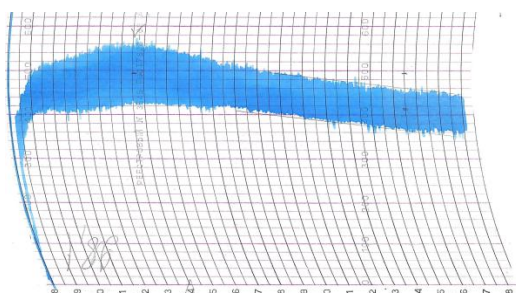
№2 БП + 10% Бор. амарантового (БА)



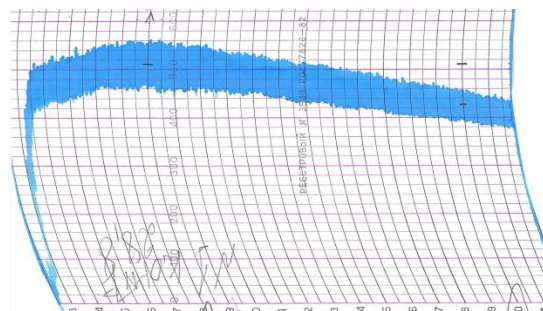
№3 БП 85% + 15% БА



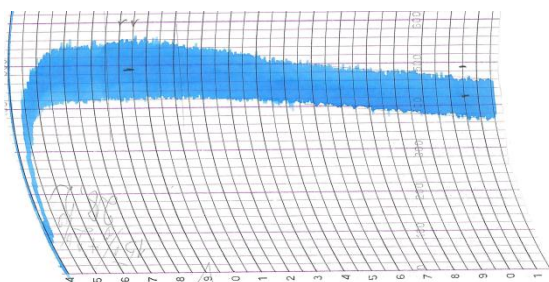
№4 БП 80% + 20% БА



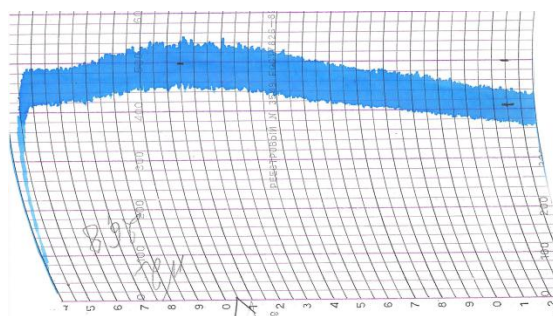
№5 БП 75% + 25% БА



№6 БП 50% + 50% БА



№7 БП 50% + 50% БА + 1,5 ГА



№8 50%+50% БА + 3,5 ГА

Рис. 2. Фаринограми модельних зразків тіста з додаванням амарантового борошна та гуміарабіку

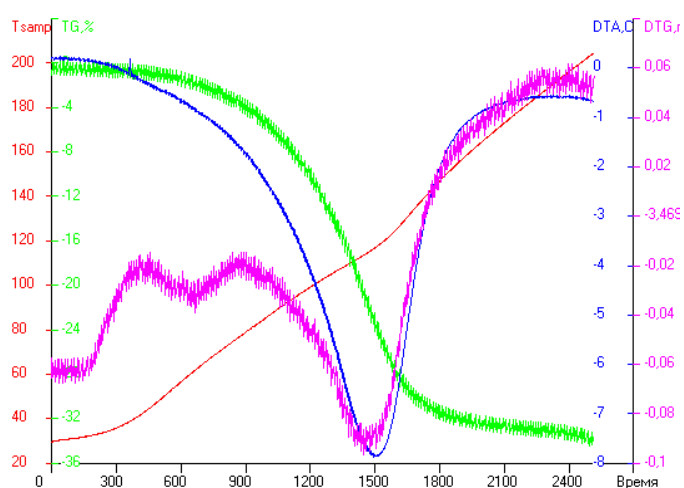
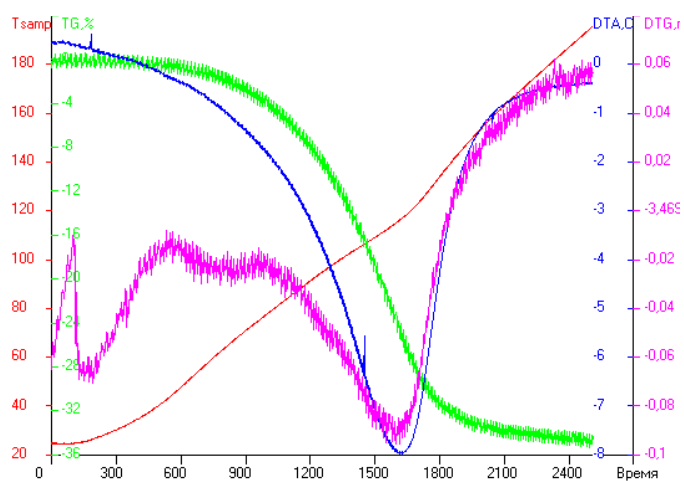
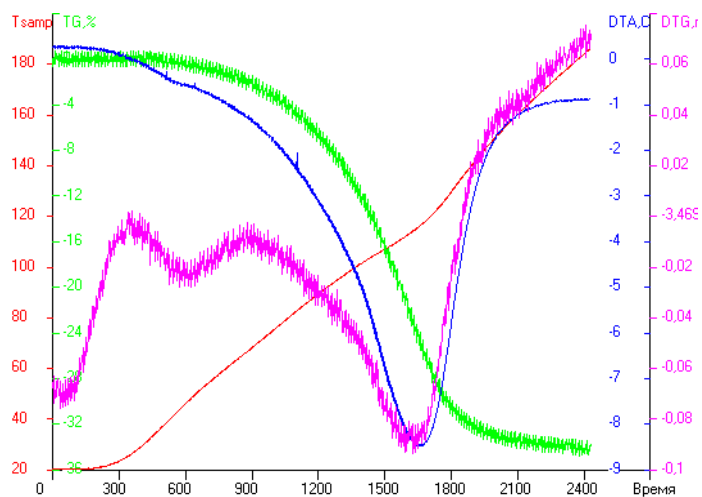


Рис. 3 – Дериваторами:

a – контроль; *б* – часткова заміна амарантовим борошном 50%; *в* – заміна амарантовим борошном 50 % + 3 % гуміарабіку

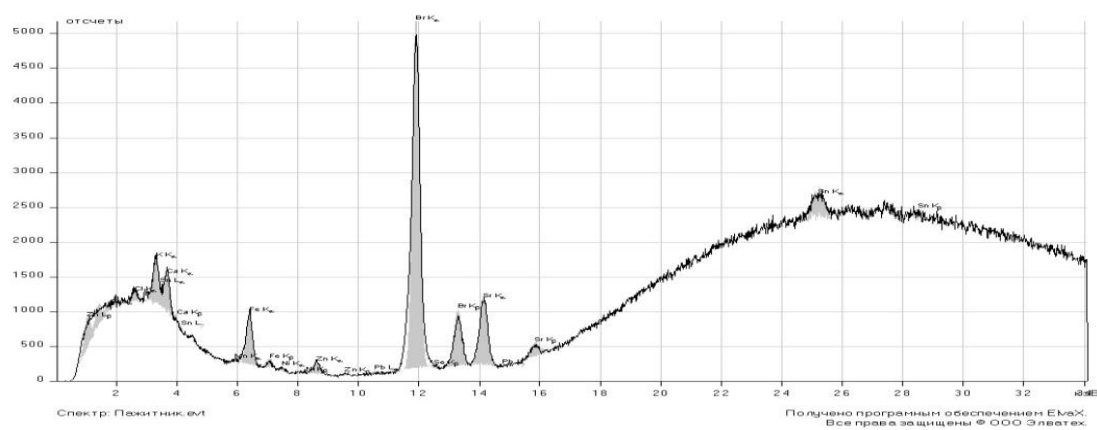


Рис. 4. Концентрація елементів у надземній масі *ЛС*,
мкг/г/ на абс. суху речовину

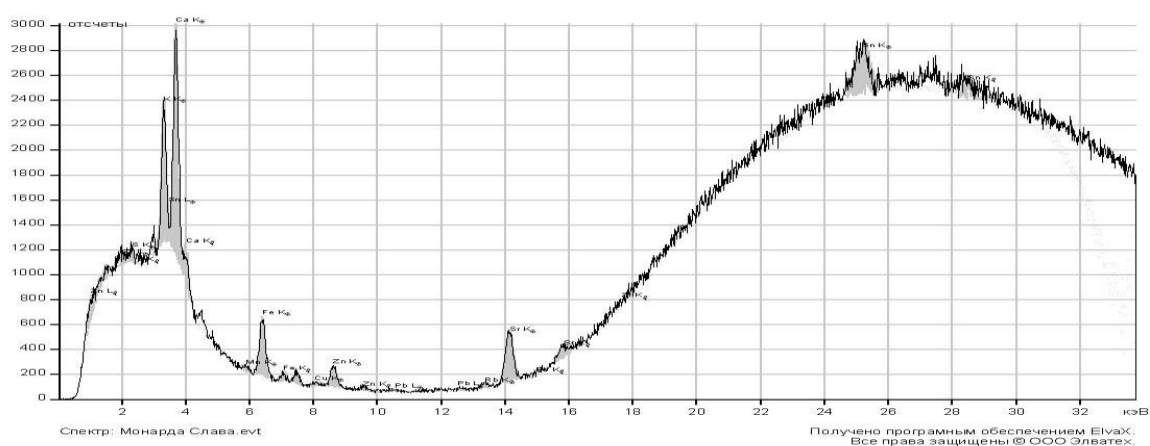


Рис. 5. Концентрація елементів у надземній масі *МД*,
мкг/г/ на абс. суху речовину

ДОДАТОК Ж
РЕЦЕПТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ІНСТРУКЦІЇ

Затверджую:



Заступник Голови СГДК

Ю.Г. Кожанов

«17» травня 2018 р.

РЕЦЕПТУРА

Крекер «Таємниця»

ДСТУ 4052

РЦ 18 Україна 36858620-118-К-2018

Рекомендована до затвердження Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ»

Протокол № 4 від «17» травня 2018 р.

Термін введення з «17» травня 2018 р.

Виробляється відповідно до Технологічної інструкції «Технологічна інструкція по виробництву крекерів «Лісовий подих» та «Таємниця» (РЦ 18 Україна 36858620-25-ТІ-2018)

Розроблено Національним університетом харчових технологій

Затверджую:

Заступник Голови СГДК



Ю.Г. Кожанов

«17» травня 2018 р.

РЕЦЕПТУРА

Крекер «Лісовий подих»

ДСТУ 4052

РЦ 18 Україна 36858620-117-К-2018

Рекомендована до затвердження Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі асоціації «УКРКОНДПРОМ».

Протокол № 4 від «17» травня 2018 р.

Термін введення з «17» травня 2018 р.

Виробляється відповідно до Технологічної інструкції «Технологічна інструкція по виробництву крекерів «Лісовий подих» та «Таємниця» (РЦ 18 Україна 36858620-95-ТІ-2018)

Розроблено Національним університетом харчових технологій

Затверджую:

Заступник Голови СГДК



Ю.Г. Кожанов

«17» травня 2018 р.

РЕЦЕПТУРА

Крекер «Амарантове диво»

ДСТУ 4052

РЦ 18 Україна 36858620-120-K-2018

Рекомендована до затвердження Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ».

Протокол № 4 від «17» травня 2018 р.

Термін введення з «17» травня 2018 р.

Виробляється відповідно до Технологічної інструкції «Технологічна інструкція по виробництву крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» (РЦ 18 Україна 36858620-26-ТІ - 2018)

Розроблено Національним університетом харчових технологій

Затверджую:



Заступник Голови СГДК

Ю.Г. Кожанов

«17» травня 2018 р.

РЕЦЕПТУРА

Крекер «Амарантова магія»

ДСТУ 4052

РЦ 18 Україна 36858620-119 -К-2018

Рекомендована до затвердження Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі асоціації «УКРКОНДПРОМ».

Протокол № 4 від «17» травня 2018 р.

Термін введення з «17» травня 2018 р.

Виробляється відповідно до Технологічної інструкції «Технологічна інструкція по виробництву крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво» (РЦ 18 Україна 36858620-26 -ТІ-2018)

Розроблено Національним університетом харчових технологій

Затверджую:

Заступник Голови СГДК



Ю.Г. Кожанов

« 17 » травня 2018 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

по виробництву крекерів «Лісовий подих» та «Таємниця»

РЦ 18 Україна 36858620- 25 - ТІ-2018

Рекомендована до затвердження Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ».

Протокол № 4 від «17» травня 2018 р.

Термін введення з «17» травня 2018 р.

Розроблена спеціалістами Національного університету харчових технологій.

Ця технологічна інструкція не може бути використана іншими підприємствами без дозволу розробника.

Розроблено **Національним університетом харчових технологій**

Затверджую:

Заступник Голови СГДК



Ю.Г. Кожанов

«17» травня 2018 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

по виробництву крекерів «Амарантова магія» та «Амарантове диво»

РЦ 18 Україна 36858620- *26* - ТІ-2018

Рекомендована до затвердження Спеціалізованою галузевою дегустаційною комісією з оцінки якості кондитерських виробів, харчових концентратів, кави, чаю та напоїв на їх основі Асоціації «УКРКОНДПРОМ».

Протокол № *4* від «17» травня 2018 р.

Термін введення з «17» травня 2018 р.

Розроблена спеціалістами Національного університету харчових технологій.
Ця технологічна інструкція не може бути використана іншими підприємствами без дозволу розробника.

Розроблено Національним університетом харчових технологій