

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

РІЗНИК АНАСТАСІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 664.665

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА З ВІВСЯНОГО ТОЛОКНА

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.



Анастасія РІЗНИК

Наукові керівники (консультанти):

Віктор ДОЦЕНКО

доктор технічних наук, професор

Тетяна СИЛЬЧУК

доктор технічних наук, професор



Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Різник А.О. Удосконалення технології хліба з вівсяного толокна. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 Харчові технології – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2023.

Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню та удосконаленню технології хліба з вівсяного толокна.

Перспективним є розширення асортименту аглютенових хлібних виробів, зокрема з використанням нетрадиційної сировини. З цієї точки зору заслуговує на увагу використання вівсяного толокна та структуроутворювальних компонентів – глюкано-дельта-лактону та казеїну, що сприяє формуванню структури тіста та хліба й допускається в безглютеновій дієті. Результати аналізу показали, що в літературі відсутні систематизовані дані щодо використання такої композиції сировинних компонентів для аглютенових хлібних виробів. Тому дослідження щодо її застосування в технології вівсяного хліба є актуальними. Це дозволить розширити асортимент, створити хліб із високими органолептичними та фізико-хімічними показниками, подовженими термінами зберігання та низькою відпускною ціною. Використання вівсяного толокна, яке є джерелом вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, дозволить покращити харчову цінність готових виробів.

Доведено, що вівсяне толокно має на 12,8 % більшу водопоглинальну здатність, ніж пшеничне борошно, що слугувало передумовою для підвищення вологості тіста за умови його використання. За даними досліджень вуглеводно-амілазного комплексу визначено, що вівсяне толокно характеризується низькою газоутворювальною здатністю, внаслідок недостатньої кількості моно- та дисахаридів, що забезпечують живлення для дріжджів. До того ж, вівсяне толокно має незначну активність амілолітичних ферментів, що відображається на процесі розпушення тістових заготовок та процесі спиртового бродіння в аглютенових тістових напівфабрикатах.

На основі проведених експериментальних та виробничих випробувань розроблено рецептури та технологічний режим виготовлення безглютенових хлібних виробів з вівсяного толокна з використанням ГДЛ та казеїну.

Так, за вмісту в складі структуроутворювачів ГДЛ та казеїну в кількості 1,0% та 5,0% до маси борошна відповідно, об'єм хліба порівняно з контролем збільшився на 12,5 %. Вміст органічних кислот в тісті з вівсяного толокна підвищується на 7 %, що сприяє поліпшення смакових характеристик готових хлібних виробів з досліджуваними рецептурними складовими.

Встановили зменшення показника розпливання тістового напівфабрикату із застосуванням структуроутворювачів по відношенню до контрольного зразка., що підтверджує закономірності змін ефективної в'язкості тістових зразків.

Підтверджено, що сумісне внесення глюкано-дельта-лактону та казеїну у тісто з використанням вівсяного толокна позитивно впливає на активність дріжджових клітин під час бродіння. Даний ефект пояснюється кращою доступністю цукрів, сформованих в ході гідролізу, до дріжджових мікроорганізмів та більш інтенсивним виділенням молекул діоксиду вуглецю. В цьому випадку підймальна сила дріжджів зростає на 11,8 % порівняно зі зразком тіста, виготовленим на основі включення ГДЛ без додавання казеїну.

На основі порівняльної оцінки впливу глюкано-дельта-лактону та казеїну на перебіг технологічного процесу та якість аглютенових виробів розроблено оптимальне співвідношення структуроутворювачів. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування структуроутворювачів в технології вівсяного хліба інтенсифікує газоутворення та кислотонакопичення в процесі дозрівання тіста, підвищує газотримувальну здатність тіста з вівсяного толокна, внаслідок чого готові хлібні вироби характеризуються покращеними структурно-механічними властивостями. Досліджено показники якості готових хлібних виробів, виготовлених на основі вівсяного толокна у поєднанні з ГДЛ та казеїном.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що виробництво хлібних виробів з вівсяного толокна із застосуванням ГДЛ (хлібний виріб «Вівсяний») та міцелярного казеїну (хлібний виріб «Вівсяний-покращений») є економічно

ефективним, що пояснюється значно нижчою відпускною ціною даної продукції у порівнянні з існуючими хлібними виробами на українського ринку.

За результатами розрахунків очікувана економічна ефективність від реалізації хліба «Вівсяний» та хліба «Вівсяний-покращений» становить 197,88 грн та 209,93 грн за 1 кг відповідно. На сьогоднішній день вартість одного безглютенового хлібного виробу на вітчизняному ринку коливається в діапазоні від 82 до 249 гривень за 0,25–0,35 кг. Тому, аналіз економічної ефективності виробництва розроблених хлібних виробів з вівсяного толокна доводить доцільність виробництва.

Запропоновані технологічні рішення підтверджено патентом на корисну модель. Здійснено апробацію технології розроблених виробів у виробничих умовах закладів ресторанного господарства м. Києва та у навчальному процесі НУХТ.

Ключові слова: хліб, хлібобулочні вироби, хлібні вироби, технологія, глютен, целиакія, харчова цінність, біологічна цінність, вівсяне борошно, вівсяне толокно, структуроутворювачі, гідроколоїди, глюкано-дельта-лактон, казеїн міцелярний, текстурні властивості, реологічні властивості, в'язкість тіста, харчові волокна, клейковина, питомий об'єм, мінеральні речовини, вітаміни.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Різник А. О., Доценко В. Ф., Цирульнікова В. В., Тищенко О. М. *Продукт переробки вівса як альтернативна сировина в технології аглютенових хлібобулочних виробів. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2021. № 25. С. 199–207. (Журнал «Вісник Львівського торговельно-економічного університету» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук, індексується в Index Copernicus). DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-12>.*

2. Різник А. О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В., Тищенко О. М. *Обґрунтування вибору вівсяного толокна для виробництва хлібних виробів у*

закладах ресторанного господарства. Том 27 №1 Київ. НУХТ. 2021. С. 89–97. (Журнал «Наукові праці НУХТ» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), індексується наукометричною базою Index Copernicus).

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-21.

3. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyruhnikova V., Zuiko V. **Sorption properties of bread based on oatmeal.** *Ukrainian Food Journal*. 2021. Vol. 10, Issue 2. P-361-374. (Журнал «Ukrainian Food Journal» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук, індексується в Web of Science Core Collection, Index Copernicus, Google Scholar, EBSCO, UlrichsWeb, Online Library of University of Southern Denmark, Directory of Research Journals Indexing, European Reference Index for the Humanities and the Social Science, InfoBase Index, Chemical Abstracts Service Source Index, FSTA (Food Science and Technology Abstracts)).

DOI: 10.24263/2304- 974X-2021-10-2-12.

4. Різник А. О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В. **Research of in vitro digestion of oat bread. Дослідження перетравлюваності вівсяного хліба в умовах in vitro.** Сборник научных трудов SWorld «Modern engineering and innovative technologies», Germany, 2021. Issue 18. Part 1. P.97-101. (Журнал «Сборник научных трудов SWorld» входить до міжнародної наукометричної бази РИИЦ SCIENCE INDEX, Copernicus та ISSV high impact factor: 71.70. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-18-01-065.

5. Різник А. О., Сильчук Т.А. **Удосконалення технології та аналіз харчової цінності хлібних виробів з вівсяного толокна.** Наукові праці НУХТ. Том 29 №3 Київ. НУХТ. 2023. С. 139-149. (Журнал «Наукові праці НУХТ» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), індексується наукометричними базами Index Copernicus, EBSCOhost, Google Scholar). DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-3-13.

Тези доповідей та матеріали конференцій

6. Різник А., Доценко В., Цирульнікова В, Тищенко О. ***Альтернативні види борошна для продукції ресторанного господарства.*** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 86 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів, 2–3 квітня 2020 р. Київ НУХТ, 2020. Ч.3. С. 300.

7. Різник А., Доценко В., Цирульнікова В, Тищенко О. ***Крафтова хлібобулочна продукція закладів ресторанного господарства.*** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 86 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 2–3 квітня 2020 р. Київ НУХТ, 2020. Ч.3. С. 301.

8. Різник А., Сильчук Т. ***Аналіз поліпшувачів якості аглютенів хлібних виробів.*** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 87 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів, 15–16 квітня 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

9. Різник А., Сильчук Т. ***Доцільність використання вівсяного толокна в технології хлібних виробів.*** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 87 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів, 15–16 квітня 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

10. Різник А., Сильчук Т. ***Підвищення якості та харчової цінності вівсяного хліба.*** Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 30 квітня 2021 р. ДонНУЕТ, 2021.

11. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В. ***Ключові аспекти розширення асортименту хлібних виробів функціонального призначення.*** Матеріали міжнародного симпозіуму для студентів і молодих вчених в рамках ініціативи «Дні науки», Українсько-американський університет Конкордія, 14 травня 2021р.

12. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В. ***Виготовлення хлібних виробів підвищеної біологічної цінності для закладів ресторанного***

господарства. Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23 листопада 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

13. Різник А., Сильчук Т., Лахно А. *Доцільність використання гідроколоїдів при виробництві хлібних виробів. Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні*: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, 29–30 листопада 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

14. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyruhnikova V. *Influence of recipe components on technological process and quality of gluten-free products*. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 88 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, квітень-травень 2022 р. Київ НУХТ, 2022.

15. Різник А.О., Сильчук Т.А. *Підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів в закладах ресторанного господарства*. «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»: матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої до 70-річчя з дня народження професора В.Ф. Доценка, 17 – 18 травня 2022 р. Київ НУХТ, 2022.

16. Різник А., Сильчук Т., Цирульнікова В. *Інноваційний підхід до розширення асортименту хлібних виробів в закладах ресторанного господарства*. "Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності": матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 06 жовтня 2022 р. Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського.

17. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В. *Актуальність впровадження системи НАССР для виробництва хлібних виробів*. "Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві": матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 15–16 листопада 2022 р. Київ НУХТ, 2022.

18. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В. *Вплив рецептурних компонентів на зміну питомого об'єму вівсяного тіста*. «Наука, освіта та суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації»: матеріали

Міжнародної науково-практичної конференції, 19 листопада 2022 р., Кропивницький: ЦФЕНД, 2022. Ч. 1.

19. Різник А., Сильчук Т., Цирульнікова В. *Перспективний спосіб випікання вівсяного хліба. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 89 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 3–7 квітня 2023 р. Київ НУХТ, 2023.

20. Riznyk A., Sylchuk T. *Formation of the domestic market of gluten-free products. «Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв»*: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 19–20 квітня 2023 р. Полтава ПДАУ, 2023.

21. Riznyk A.O., Sylchuk T.A. *Justification of choice of improvers in oat bread technology. «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»*: матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 16–17 травня 2023 р. Київ НУХТ, 2023.

Патенти

22. Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В., Різник А.О. Спосіб виробництва вівсяного хліба: патент на корисну модель 149766 Україна: МПК A21D 13/047, № u202104086; заявл. 13.07.2021; опубл. 01.12.2021, Бюл. № 48.

Особливий внесок здобувача: проведення літературного та патентного пошуку, узагальнення та систематизація одержаних даних, виконання експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікацій та патентування.

SUMMARY

Riznyk A.O. Improvement technology of bread from oatmeal. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 181 Food Technologies – National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2023.

The dissertation is devoted to the scientific substantiation and improvement of the technology of bread products through the use of oat fiber and structurizers.

It is promising to expand the range of aggluten bread products, in particular with the use of non-traditional raw materials. From this point of view, the use of oat fibre and structure-forming components such as glucan-delta-lactone and casein, which contributes to the formation of the structure of dough and bread and is allowed in a gluten-free diet, is noteworthy. The results of the analysis showed that there is no systematic data in the literature on the use of such a composition of raw materials for gluten-free bread products. Therefore, research on its use in oatmeal bread technology is relevant. This will allow expanding the product range, creating bread with high organoleptic and physicochemical characteristics, extended shelf life and low selling price. The use of oat bran, which is a source of vitamins, minerals and dietary fibre, will improve the nutritional value of finished products.

It has been proved that oatmeal has a 12,8% higher water absorption capacity than wheat flour, which was a prerequisite for increasing the moisture content of the dough to 14% when used. According to the carbohydrate-amylase complex studies, oat bran is characterised by low gas-forming capacity due to the insufficient amount of mono- and disaccharides that provide nutrition for yeast. In addition, oat fibre has a low activity of amylolytic enzymes, which affects the process of loosening dough pieces and the process of alcoholic fermentation in agglutinous dough semi-finished products.

On the basis of the experiments and production tests, formulations and technological regime for the production of gluten-free oatmeal bread products enriched with milk proteins due to the inclusion of casein and GDL were developed. Thus, with the content of GDL and casein in the structure-forming agents in the ratio of 1,0%: 5,0%, the volume of bread increased by 12,5% compared to the control. The content of organic acids in the oatmeal dough increased by 7 %, which contributes to the improvement of the taste characteristics of finished bread products with the studied recipe ingredients.

A decrease in the spreading index of the dough semi-finished product with the use of structuring agents was found in relation to the control sample, which confirms the patterns of changes in the effective viscosity of the dough samples.

It has been confirmed that the combined introduction of glucan-delta-lactone and casein into the dough using oatmeal has a positive effect on the activity of yeast molecules

during fermentation. This effect is explained by the better availability of sugars formed during hydrolysis to yeast microorganisms and the more intense release of carbon dioxide molecules. In this case, the yeast lifting power increases by 11,8 % compared to the dough sample prepared on the basis of GDL inclusion without the addition of casein.

Based on a comparative assessment of the effect of glucan-delta-lactone and casein on the technological process and the quality of agglutinating products, the optimal ratio of structure forming agents was developed. As a result of the research, it was found that the use of structuring agents in oatmeal bread technology intensifies gas formation and acid accumulation during the maturation of the dough, increases the gas retention capacity of oatmeal dough by 5 %, resulting in finished bread products with improved structural and mechanical quality indicators. Study of the quality indicators of finished bread products prepared on the basis of oat fibre in combination with GDL and casein.

Based on the calculations carried out, it was found that the production of oat fibre bread products using GDL (bread product «Ovsyaniy» and micellar casein (bread product «Ovsyaniy-improved») is cost-effective, which is explained by the significantly lower selling price of these products compared to existing bread products on the Ukrainian market.

According to the calculations, the expected economic efficiency from the sale of Oatmeal bread and Oatmeal Improved bread is UAH 197,88 and UAH 209,93 per 1 kg, respectively. Today, the cost of one gluten-free bread product in the domestic market ranges from UAH 82 to 249 per 0,25-0,35 kg. Therefore, the analysis of the economic efficiency of the production of the developed oat fibre bread products proves the feasibility of production.

The proposed technological solutions are confirmed by a utility model patent. The technology of the developed products has been tested in the production conditions of restaurant establishments in Kyiv and in the educational process of the NUFT.

Key words: bread, bakery products, bread products, technology, gluten, celiac disease, nutritional value, biological value, oat flour, oat fiber, structure forming agents, hydrocolloids, glucano-delta lactone, micellar casein, texture properties, rheological properties, dough viscosity, dietary fiber, gluten, specific volume, minerals, vitamins.

LIST OF WORKS PUBLISHED ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION

The works in which the main scientific results of dissertation are published:

1. Riznyk A.O., Dotsenko V.F., Tsyrlukova V.V., Tyshchenko O.M. **Oat processing product as an alternative raw material in the technology of aggluten bakery products.** *Bulletin of Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences.* 2021. № 25. P. 199-207. (The journal «Bulletin of Lviv University of Trade and Economics» is included in the list of scientific professional publications of Ukraine in technical sciences approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine, indexed in Index Copernicus). DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-12>.

2. Riznyk A.O., Sylchuk T.A., Tsyrlukova V.V., Tyshchenko O.M. **Substantiation of the choice of oat bran for the production of bread products in restaurant business establishments.** Vol. 27, Issue 1. Kyiv. NUFT. 2021. P. 89-97. (The journal «Scientific Papers of NUFT» is included in the list of scientific professional publications of Ukraine in technical and economic sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 241 of 09.03.2016), indexed by the scientometric database Index Copernicus). DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-21.

3. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyrlukova V., Zuiko V. **Sorption properties of bread based on oatmeal.** *Ukrainian Food Journal.* 2021. Vol. 10, Issue 2. P-361-374. (The journal «Ukrainian Food Journal» is included in the list of scientific professional publications of Ukraine in technical sciences approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine, indexed in the Web of Science Core Collection, Index Copernicus, Google Scholar, EBSCO, UlrichsWeb, Online Library of University of Southern Denmark, Directory of Research Journals Indexing, European Reference Index for the Humanities and the Social Science, InfoBase Index, Chemical Abstracts Service Source Index, FSTA (Food Science and Technology Abstracts)). DOI: 10.24263/2304- 974X-2021-10-2-12.

4. Riznyk A.O., Sylchuk T.A., Tsyrlukova V.V. **Research of in vitro digestion of oat bread.** *Collection of scientific papers SWorld «Modern engineering and innovative technologies», Germany, 2021. Issue 18. Part 1. P. 97-101.* (The journal «Collection of

scientific papers SWorld» is included in the international scientometric database RSCI SCIENCE INDEX, Copernicus and ISSV high impact factor: 71.70. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-18-01-065.

5. Riznyk A.O., Sylchuk T.A. **Improvement of technology of bread with oat fiber and analysis of its nutritional value.** *Scientific Papers of NUFT. Vol. 29 Issue. 3 Kyiv. NUFT. 2023. P. 139-149. (The journal «Scientific Papers of NUFT» is included in the list of scientific professional publications of Ukraine in technical and economic sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 241 of 09.03.2016), indexed by scientometric databases Index Copernicus, EBSCOhost, Google Scholar).* DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-3-13.

Conference abstracts and materials

6. Riznyk A., Dotsenko V., Tsyrlnikova V., Tyshchenko O. **Alternative types of flour for restaurant products.** *Scientific achievements of young people – solving the problems of human nutrition in the XXI century: materials of the 86th international scientific conference of young scientists, graduate students, April 2-3, 2020. Vol.3. P. 300.*

7. Riznyk A., Dotsenko V., Tsyrlnikova V., Tyshchenko O. **Craft bakery products of restaurant business establishments.** *Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the XXI century: materials of the 86th international scientific conference of young scientists, graduate students and students, April 2-3, 2020. Vol. 3. P. 301.*

8. Riznyk A., Sylchuk T. **Analysis of quality improvers of agglutenous bread products.** *Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the XXI century: materials of the 87th international scientific conference of young scientists, graduate students, April 15-16, 2021.*

9. Riznyk A., Sylchuk T. **Expediency of using oat fiber in the technology of bread products.** *Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the XXI century: materials of the 87-th international scientific conference of young scientists, graduate students, April 15-16, 2021.*

10. Riznyk A., Sylchuk T. **Improving the quality and nutritional value of oatmeal bread.** Innovative development of hotel and restaurant business and food production: materials of the II International Scientific and Practical Internet Conference, April 30, 2021.

11. Riznyk A.O., Sylchuk T.A. **Key aspects of expanding the range of functional bread products.** Materials of the international symposium for students and young scientists within the framework of the "Days of Science" initiative, Ukrainian-American Concordia University, May 14, 2021.

12. Riznyk A.O., Sylchuk T.A., Tsyruhnikova V.V. **Production of bread products of increased biological value for restaurant establishments.** Innovative technologies in the hotel and restaurant business: materials of the X All-Ukrainian Scientific and Practical Conference, November 23, 2021.

13. Riznyk A., Sylchuk T., Lakhno A. **Expediency of using hydrocolloids in the production of bread products.** Problems and practical approaches to the production and regulation of the use of food additives in the European Union and Ukraine: materials of the I International Scientific and Practical Conference, November 29-30, 2021.

14. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyruhnikova V. **Influence of recipe components on technological process and quality of gluten-free products.** Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the XXI century: materials of the 88th international scientific conference of young scientists, graduate students and students, April-May 2022.

15. Riznyk A.O., Sylchuk T.A. **Increasing the biological value of bakery products in restaurant business establishments.** «Innovative technologies in the hotel and restaurant business»: materials of the XI All-Ukrainian scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the birth of Professor V.F. Dotsenko, May 17-18, 2022, Kyiv NUFT, 2022.

16. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyruhnikova V. **Innovative approach to expanding the range of bread products in restaurant business establishments.** «Modern trends in the development of the hospitality industry»: materials of the III International Scientific

and Practical Conference, October 06, 2022, Lviv State University of Physical Culture named after Ivan Bobersky.

17. Riznyk A.O., Sylchuk T.A., Tsyrlnikova V.V. **Relevance of the implementation of the HACCP system for the production of bread products.** "Innovative technologies in bakery production": materials of the International Scientific and Practical Conference, November 15-16, 2022.

18. Riznyk A.O., Sylchuk T.A., Tsyrlnikova V.V. **Influence of prescription components on the change in the specific volume of oatmeal dough.** «Science, Education and Society in the XXI Century: Scientific Ideas and Mechanisms of Implementation»: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, November 19, 2022, Kropyvnytskyi: CFEMS, 2022. Part. 1.

19. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyrlnikova V. **A promising method of baking oatmeal bread.** Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the XXI century: materials of the 89th international scientific conference of young scientists, graduate students and students, April 3-7, 2023.

20. Riznyk A., Sylchuk T. **Formation of the domestic market of gluten-free products.** «New technologies and equipment for food and processing industries»: materials of the First All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference. April 19-20, 2023, Poltava PDAU, 2023.

21. Riznyk A.O., Sylchuk T.A. **Justification of choice of improvers in oat bread technology.** «Innovative technologies in the hotel and restaurant business»: materials of the XII All-Ukrainian scientific and practical conference, May 16-17, 2023, Kyiv NUFT, 2023.

Patents

22. Sylchuk T.A., Tsyrlnikova V.V., Riznyk A.O. **Method for the production of oatmeal bread:** patent for utility model 149766 Ukraine: IPC A21D 13/047, №. u202104086; declared on July 13, 2021; published on December 01, 2021, Bulletin №. 48.

Special contribution of the applicant: conducting literature and patent searches, generalizing and systematizing the data obtained, performing experimental studies, preparing materials for publications and patents.

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	19
ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)	26
1.1 Актуальність проблеми виробництва аглютенowego хліба	26
1.2 Вітчизняний та зарубіжний досвід у вивченні проблеми глютенowej ентеропатії	29
1.3 Сучасний стан асортименту безглютеновых виробів та технології їх виробництва	39
1.4 Овес як перспективна сировина в технології аглютеновых виробів	43
1.5 Вплив сировинних інгредієнтів з рослинної сировини на якість і біологічну цінність безглютеновых виробів	53
Висновки за розділом 1	56
РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	58
2.1 Об'єкти досліджень	58
2.2 Постановка експерименту	59
2.3 Методи досліджень	61
2.3.1 Методи дослідження якості сировини	61
2.3.2 Методи дослідження якості напівфабрикатів	63
2.3.3 Методи дослідження якості готових виробів	66
2.4 Методика розрахунку основних показників харчової цінності виробів	68
2.5 Методи обробки експериментальних даних	70
Висновки за розділом 2	71
РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВІВСЯНОГО ТОЛОКНА В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ	72
3.1 Дослідження технологічних властивостей вівсяного толокна як сировини для безглютенового хліба	72
3.2 Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу вівсяного толокна	82
3.3 Визначення технологічно оптимальної вологості вівсяного тіста	88
3.4 Обґрунтування вибору структуроутворювачів для удосконалення технології хліба з вівсяного толокна	91
3.5 Дослідження якості хліба із застосуванням вівсяного толокна	95
Висновки за розділом 3	97
РОЗДІЛ 4 ЗАХОДИ З ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІВСЯНОГО ХЛІБА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОЛІПШУВАЧА ТА БІЛКОВОЇ ДОБАВКИ	100

4.1	Обґрунтування вибору поліпшувачів у технології хліба з вівсяного толокна	101
4.2	Дослідження якості хлібних виробів з використанням казеїну	104
4.3	Визначення оптимальних параметрів приготування аглютенового хліба	107
	Висновок за розділом 4	110
РОЗДІЛ 5 ПЕРЕБІГ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ У ТІСТІ З КАЗЕЇНОМ ТА ГЛЮКАНО-ДЕЛЬТА-ЛАКТОНОМ		112
5.1	Дослідження біохімічних процесів у вівсяному тісті	112
5.1.1	Визначення впливу рецептурних компонентів на інтенсивність бродіння вівсяного тіста	112
5.1.2	Дослідження динаміки кислотонакопичення у вівсяному тісті	116
5.1.3	Вплив досліджуваної сировини на окисно-відновний потенціал вівсяного тіста	119
5.1.4	Вплив аглютенової сировини на підймальну силу дріжджів	121
5.1.5	Активність молочнокислих бактерій	123
5.1.6	Визначення кількості органічних кислот у вівсяному тісті	124
5.2	Дослідження в'язко-пластичних властивостей тіста з вівсяного толокна	127
5.3	Вивчення впливу рецептурних компонентів на зміну питомого об'єму тіста в процесі бродіння	133
5.4	Визначення впливу композиційних складових на адгезійні властивості вівсяного тіста	135
5.5	Визначення впливу рецептурних компонентів на фізичні та хімічні зміни в аглютеновому тісті ІЧ-спектроскопії	137
5.6	Дослідження мікроструктури вівсяного тіста	139
5.7	Визначення впливу досліджуваної сировини на кінетику цукрів у вівсяному тісті під час його дозрівання	141
	Висновки за розділом 5	144
РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ		147
6.1	Розроблення рецептур та технології вівсяного хліба з досліджуваною сировиною	147
6.2	Бальна оцінка показників якості вівсяного хліба	150
6.3	Дослідження вмісту ароматичних речовин у розроблених хлібних виробках	153
6.4	Вплив сировинних інгредієнтів на зберігання аглютенового хліба	155

6.4.1 Дослідження зміни структурно-механічних та гідрофільних властивостей м'якушки вівсяного хліба під час зберігання	155
6.5 Дослідження вмісту декстринів у м'якушці розробленого хліба	157
6.6 Перетравлюваність білків та вуглеводів вівсяного хліба	159
6.7 Сорбційні властивості хлібних виробів з вівсяного толокна	162
6.8 Харчова та енергетична цінність розроблених хлібних виробів	166
Висновки за розділом 6	169
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	175
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	178
ДОДАТКИ	188
ДОДАТОК А. Технічні умови	189
ДОДАТОК Б. Технологічна інструкція	202
ДОДАТОК В. Рецепт хліба «Вівсяний»	209
ДОДАТОК Г. Патент України	213
ДОДАТОК І. Акти проведення виробничих випробувань	217
ДОДАТОК Д. Технологічна схема виробництва вівсяного хліба	225
ДОДАТОК Е. Апаратурно-технологічна схема виробництва вівсяного хліба	228
ДОДАТОК Є. Розрахунок очікуваної економічної ефективності від виробництва та реалізації вівсяного хліба	230
ДОДАТОК Ж. Список опублікованих праць за темою дисертаційної роботи	239

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВПЗ – водопоглинальна здатність;

ВУЗ – вологоутримувальна здатність;

ГДЛ – глюкано-дельта-лактон;

ЕСМ – експериментально-статистичне моделювання;

ЖЗЗ – жирозв’язувальна здатність;

ЗРГ – заклад ресторанного господарства;

$K_{ВПЗ}$ – коефіцієнт водопоглинання;

НААН – Національна академія аграрних наук України;

НУХТ – Національний університет харчових технологій;

ОВП – окисно-відновний потенціал;

ОНАХТ – Одеська національна академія харчових технологій;

ПАР – поверхнево-активні речовини;

СР – сухі речовини;

ТІ – технологічна інструкція;

ТМ – торгівельна марка;

ХВ – харчові волокна;

ДонНУЕТ – Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського;

ЧДТУ – Черкаський державний технологічний університет.

ВСТУП

Актуальність роботи. У зв'язку з несприятливим впливом навколишнього середовища, зростанням генетичних і алергічних захворювань, розробка продуктів для дієтичного та функціонального харчування є однією з основних задач сучасної харчової промисловості.

Пріоритетним напрямком у вирішенні цього завдання є розроблення та виробництво нових видів хлібних виробів, в тому числі для категорії населення, для яких внаслідок генетичних захворювань, традиційні хлібобулочні вироби категорично заборонені. Одним з таких захворювань є глютеніна ентеопатія (целіакія) — генетичне захворювання, що викликається дією глютену під час споживання хлібобулочних, борошняних кондитерських та макаронних виробів і супроводжується хронічним запаленням слизової оболонки тонкого кишківника з повною атрофією кишкових ворсин, в результаті чого виникають серйозні проблеми зі здоров'ям, з можливим летальним результатом. У світі досить великий відсоток людей, які є глютен-залежними, і відповідно змушені відмовитися від традиційних хлібобулочних виробів зі злакових культур таких як пшениця, жито, ячмінь та перейти на їх безглютені аналогі з природної безклейковинної сировини. Оскільки на сьогодні дотримання довічно суворої аглютені дієти — це єдиний спосіб лікування, завдяки якому значно поліпшується стан, відновлюється слизова оболонка тонкого кишківника, що в свою чергу забезпечує підвищення ефективності медикаментозного лікування.

Сучасний асортимент аглютені продукції безпосередньо залежить від імпорту і в основному представлений борошняними кондитерськими, макаронними виробами та готовими сумішами, при цьому асортимент хлібобулочних виробів дуже обмежений. Тому питання забезпечення категорії населення, що страждає від вживання глютенісних продуктів, вітчизняними хлібними безглютені виробами, є актуальним.

Це продиктовано, з одного боку, зростанням попиту, обґрунтованим якістю сучасних методів діагностики, що дозволяють розпізнати це захворювання на ранніх стадіях, а з іншого, високою ціною наявних на ринку імпортних аналогів.

Задля розв'язання цієї проблеми необхідно розширити асортимент хлібних виробів, шляхом використання сучасних сировинних інгредієнтів і нових підходів в технології їх виробництва. З цієї точки зору заслуговує на увагу нова перспективна сировини - вівсяне толокно, яке характеризується підвищеною біологічною цінністю, високим вмістом харчових волокон, вітамінів, мікро та мікроелементів. Таке рішення забезпечить, з одного боку, підвищення якості та конкурентоспроможності, а з іншого, задовільнить споживчий попит.

Тому, дослідження по розширенню асортименту безглютенового хліба з вівсяного толокна поліпшеної якості, підвищеної харчової та біологічної цінності, що виробляється в умовах ресторанного господарства, є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводили відповідно до тематики науково-дослідних робіт кафедри готельно-ресторанної справи НУХТ «Інтенсифікація технологічних процесів виготовлення хлібобулочних виробів функціонального призначення» (номер державної реєстрації 0115U003983), «Інноваційні технології продукції та послуг гостинної індустрії» (номер державної реєстрації 0117U003715), що координуються з тематикою науково-дослідних робіт НУХТ «Розроблення технології продуктів оздоровчої та профілактичної дії».

Мета роботи й завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення технології хліба з вівсяного толокна та розширення асортименту хлібних виробів підвищеної біологічної цінності в умовах закладів ресторанного господарства.

Відповідно до поставленої мети були визначені наступні завдання:

- обґрунтувати доцільність використання нетрадиційної сировини, зокрема вівсяного толокна в технології хлібних виробів, дослідити хімічний склад та технологічні властивості досліджуваної сировини;
- дослідити вплив структуроутворювальних компонентів на якість тіста та готових виробів з вівсяного толокна;
- оцінити характер впливу підібраних рецептурних складових для технології хліба з вівсяного толокна на рівень органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних показників якості;

- дослідити вплив технології приготування тіста на його в'язкість, газоутворювальну та газотримувальну здатність, а також на фізико-хімічні, органолептичні показники якості аглютенного хліба;
- визначити показники харчової, біологічної цінності та ступеня задоволення добової потреби в нутрієнтах в залежності від складу та технології приготування хліба з вівсяного толокна;
- здійснити розробку рецептурного складу та технології аглютенного хліба;
- провести апробацію результатів дослідження та розрахунок економічної ефективності для удосконалених хлібних виробів з вівсяного толокна.

Наукова новизна. У результаті системного аналізу теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано теоретичні та практичні аспекти використання продуктів переробки рослинної сировини, а саме вівсяного толокна, виявлено його вплив на якість тіста, фізико-хімічні та органолептичні показники якості безглютенового хліба.

Поглиблено теоретичні та практичні аспекти використання вівсяного толокна для виробництва хлібних виробів. На основі експериментальних досліджень підтверджено, що вівсяне толокно має у 2,5 рази нижчу активність α -, β -амілази та газоутворювальну здатність в порівнянні з традиційним пшеничним борошном вищого сорту, і поступається йому за хлібопекарськими властивостями.

Вперше доведено доцільність та ефективність спільного використання вівсяного толокна, молочного білку казеїну та глюкано-дельта-лактону в технології аглютенного хліба, внесення яких на стадії замішування тіста сприяє покращенню якісних показників готових хлібних виробів.

З використанням математичних методів експериментально-статистичного моделювання обґрунтовано технологічні параметри приготування хліба з вівсяного толокна та рецептурну комбінацію сировинних інгредієнтів: ГДЛ – 1,0 %, казеїн – 5,0 % до маси борошняної сировини.

Доведена технологічна доцільність використання даної композиції в технології вівсяного хліба для підвищення газоутворення в тісті, активізації

кислотонакопичення, зростання підйимальної сили дріжджів та покращення газотримувальної здатності тістових напівфабрикатів.

Науково обґрунтовано теоретичні та практичні аспекти структуроутворення у вівсяному тісті, виготовленого на основі досліджуваної сировини, яка вступає у синергічну взаємодію.

Дослідження підтвердили, що ретроградація крохмалю в готових виробах сповільнюється за рахунок деполімеризації крохмалю з утворенням низькомолекулярних декстринів, знижується рухливість молекул амілози внаслідок її взаємодії з казеїном, а також використання високогідрофільних речовин.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію безглютенового хліба із застосуванням вівсяного толокна, структуроутворювачів для забезпечення високих споживчих властивостей хлібних виробів.

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати проведених досліджень, що мають істотне значення для спеціальності «Харчові технології» та підтверджуються патентом України на корисну модель (№ 149766 «Спосіб виробництва вівсяного хліба»). Розроблено нормативну документацію (технічні умови (ТУ), технологічні інструкції (ТІУ), рецептури (РЦУ)) на хліб з вівсяного толокна «Вівсяний»: ТУ У 02070938-320:2023 «Хліб вівсяний», ТІУ 02070938-320:2023 «Хліб вівсяний», РЦУ 02070938-320:2023 «Хліб вівсяний».

Підтверджено соціальний ефект, що полягає в розширенні асортименту хлібних виробів спеціального призначення та забезпеченні людей з глютензалежними захворюваннями, продукцією вітчизняного виробництва.

Розроблену технологію апробовано і впроваджено в закладах ресторанного господарства м. Києва: ТОВ «Фантезі 2017», ТОВ «Хлібний».

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри готельно-ресторанної справи НУХТ під час викладання дисципліни «Інноваційні в ресторанному бізнесі».

Методологія і методи дослідження. Методологічною основою дисертації є праці вітчизняних та закордонних дослідників, їх розробки щодо створення збагачених безглютенових продуктів з покращеними споживчими властивостями. При виконанні роботи використовували стандартні та загальноприйняті органолептичні, фізико-хімічні та спеціальні методи дослідження сировини, напівфабрикатів та готової продукції.

Особливий внесок здобувача сформований за рахунок проведення літературного та патентного пошуку, узагальнення та систематизація одержаних даних, виконання експериментальних досліджень у лабораторних й виробничих умовах, здійснення їх наукового обґрунтування та математичного обчислення, формування висновків, участі в розробленні патентної та нормативної документації, підготовки матеріалів до публікацій, апробації розробленої технології в умовах реального виробництва.

Огляд та аналіз літературних даних розпочато під керівництвом д. т. н., проф. Віктором Федоровичем Доценком.

Аналіз й узагальнення результатів досліджень проведено разом із науковим консультантом дисертаційної роботи, д. т. н., проф. Тетяною Анатоліївною Сильчук.

Апробація матеріалів дисертаційної роботи. Ключові положення дисертації доповідались на 86, 87, 88, 89-й наукових конференціях молодих учених, аспірантів і студентів *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, НУХТ (м. Київ, 2020-2023 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»*, НУХТ (м. Київ, 2021-2023 рр.); II Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції *«Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв»*, ДонНУЕТ (м. Кривий Ріг, 2021 р.); Міжнародному симпозіумі для студентів і молодих вчених в рамках ініціативи «Дні науки»,

Українсько-американський університет Конкордія, (м. Київ, 2021 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції *«Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні»*, НУХТ (м. Київ, 2021 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції *«Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності»*, ЛДУФК (м. Львів, 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»*, НУХТ (м. Київ, 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції *«Наука, освіта та суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації»*, ЦФЕНД (м. Кропивницький, 2022 р.); I Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції *«Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв»*, ПДАУ (м. Полтава, 2023 р.).

Публікації. За результатами роботи опубліковано 22 наукових праць, у тому числі 5 статей, серед яких 3 – у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, 1 – у науковому закордонному виданні, 1 – у науковому виданні, що індексується в Web of Science Core Collection; 16 тез доповідей – в опублікованих матеріалах наукових, науково-практичних та науково-технічних конференцій; одержано 1 патент України на корисну модель, подано 1 патент України на винахід.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, додатків. Основні матеріали викладено на 174 сторінках основного тексту, який містить 30 таблиць та 31 рисунків. Робота включає 194 найменувань літературних джерел, в тому числі 80 зарубіжних та 9 додатків.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

1.1 Актуальність проблеми виробництва аглютенowego хліба

Ринок хліба та хлібобулочних виробів вважається однією з найважливіших галузей економіки, оскільки забезпечує населення основними продуктами харчування. Сьогодні українська хлібопекарська промисловість, завдяки своїм виробничим потужностям, механізації технічних процесів й розширенню асортименту, здатна забезпечити населення різноманітними видами хлібних виробів за доступними цінами. Біологічна цінність хлібобулочних виробів дуже важлива, оскільки вони забезпечують понад 50% добової потреби людини в енергії та майже 75% потреби в білках з рослинних джерел.

Особливістю ринку хлібобулочних виробів є майже 100% забезпеченість продукцією українського виробництва. Причина полягає у тому, що хлібні вироби мають обмежений термін придатності, відповідно повинні бути реалізовані протягом короткого періоду часу. Хлібні вироби швидко втрачають свої споживчі властивості та не транспортуються на далекі відстані, що захищає внутрішній ринок від імпорту та дозволяє вітчизняним виробникам уникнути конкуренції з іноземними корпораціями. Водночас, ця якісна характеристика продукту обмежує діяльність хлібопекарських підприємств, змушуючи їх працювати в умовах відповідності обсягу виробництва споживанню продукту.

Негативні тенденції в українській економіці відображаються й на основних показниках ринку хлібобулочних виробів. Причинами падіння виробництва хліба та хлібних виробів в Україні за останні роки являються: – зниження купівельної спроможності населення; – знецінення гривні, що призводить до подорожчання хліба та хлібобулочних виробів; – поява великої кількості малих підприємств, дрібних пекарень, індивідуальних підприємців; – втрата ринків збуту та зупинка виробничих потужностей на окупованих територіях України.

За останні роки зменшилася частка виробництва пшеничного, житньо-пшеничного та дієтичного різновидів хліба, проте збільшилась частка інших видів

хлібних виробів, а це вказує на те, що споживачі віддають перевагу інноваційним видам продукції у цій сфері.

Аналіз літератури дозволяє стверджувати, що сьогодні розвиток ринку хліба та хлібобулочних виробів відбувається переважно за рахунок нетрадиційних сортів, зростає попит на нові види хліба з більш складною рецептурою, тоді як споживання «соціального» хліба є досить стабільним протягом вже кількох років. Враховуючи опрацьовані дані, виробництво хлібних виробів з інноваційної нетрадиційної сировини є актуальним та перспективним.

Спосіб життя і харчування є найважливішими факторами забезпечення здоров'я, працездатності та стійкості людини до несприятливих зовнішніх впливів. Саме вони в кінцевому підсумку визначають якість та тривалість життя. Сучасний етап розвитку людського суспільства характеризується як видатними досягненнями в галузі науки, техніки, технологій, так і виникненням і наростанням екологічних проблем, нервово-емоційних навантажень, зміною ритму життя. Харчування в цій системі є найважливішим важелем забезпечує здоров'я, працездатність, творчий потенціал нації. Ось чому формування узгодженої державної та суспільної політики в області здорового харчування – не тільки сучасна, а й життєво важливе завдання. Різноманіття вимог до здорового харчування, відсутність єдиного, офіційно закріпленого терміну «здорове харчування» пояснює велику кількість назв характеризують його основоположні принципи: раціональне, збалансоване, адекватне, лікувально-профілактичне, оптимальне. Суть всіх зводиться до одного: харчування, що зберігає та зміцнює здоров'я і при цьому кожній групі населення необхідний свій раціон харчування з урахуванням фізіологічних особливостей організму [126].

Таким чином, здорове харчування – це поняття, що уособлює продукти загального і спеціального призначення: органічні, функціональні, коригувальні, профілактичні, лікувальні, для дитячого та соціального харчування. Забезпечення населення високоякісною та безпечною їжею – беззастережну передумову збереження і зміцнення здоров'я. Від якості харчування в цілому і окремих його

компонентів залежить стан здоров'я людини. Харчування лежить в основі виникнення, розвитку та протіканні відомих патологічних станів [27, 51, 126].

Розробка та удосконалення функціонального та дієтичного харчування є одним із головних завдань вітчизняної харчової промисловості з огляду на несприятливий вплив навколишнього середовища, зростання генетичних та алергічних захворювань. Пріоритетним напрямком вирішення даного завдання є оздоровлення нації за рахунок виробництва нових видів хлібобулочних виробів, в тому числі для людей, які страждають різними генетичними захворюваннями, для яких споживання традиційних хлібобулочних виробів не допустиме. Одним з таких захворювань є глютенічна ентеропатія (целиакія) – генетичне захворювання, що зумовлене впливом глютену при вживанні хлібобулочних, борошняних кондитерських та макаронних виробів, що супроводжується хронічним запаленням слизової оболонки тонкого кишечника, в результаті чого виникають серйозні проблеми зі здоров'ям. Якщо вчасно не виявити причину та ігнорувати реакції організму на реагент це може призвести до летального результату. Тому люди, які страждають на целиакію, змушені відмовитися від традиційних хлібних виробів зі злакових культур таких як пшениця, жито, ячмінь, та перейти на їх безглютені аналогів, оскільки дотримання довічної аглютенічної дієти являється єдиним методом лікування, завдяки якому значно поліпшується стан, відновлюється слизова оболонка тонкого кишечника та підвищується ефективність медикаментозного лікування [21, 34].

Сучасний асортимент аглютенічної продукції вітчизняного виробництва обмежений, адже даний сегмент ринку безпосередньо формується в основному імпортованими борошняними кондитерськими, макаронними виробами та готовими сумішами. Не дивлячись на це, асортимент власних безглютенічних хлібних виробів дуже малий.

Саме тому питання забезпечення людей, чутливих до глютену, вітчизняними хлібобулочними виробами, асортимент яких на сьогоднішній день потребує суттєвого розширення, стоїть особливо гостро. Актуальність проблеми ще пояснюється зростанням попиту на дану групу продуктів серед «здорового»

населення; покращенням станом сучасних методів діагностики захворювання, що дозволяє розпізнати дане захворювання на ранніх стадіях.

Усунення проблеми можливе за рахунок розширення асортименту та поліпшення якості вітчизняних аглютенових виробів, в тому числі хлібобулочних, за рахунок використання сучасних сировинних інгредієнтів й нових підходів в технології їх виробництва. Запропоноване рішення, з одного боку, сприятиме підвищенню якості та конкурентоспроможності, а з іншого – забезпеченню попиту.

Тому дослідження існуючого асортименту аглютенового хліба, розроблення рецептури поліпшеної якості, що відрізнятиметься підвищеною біологічною й харчовою цінністю та мікробіологічною стійкістю, є актуальним стратегічним рішенням.

Вагомий внесок у розробку безглютенових виробів з підвищеною харчовою цінністю та мікробіологічною стійкістю, внесли як закордонні вчені, так і вітчизняні: Дробот В.І. [91, 106, 114], Дорохович В.В. [102, 103], Доценко В.Ф. [92, 145, 157], Грищенко А.М. [107, 112, 113], Шаніна О.М. [47, 70, 181-188] та ін.

Проте питання щодо збагачення аглютенових хлібних виробів за рахунок внесення нетрадиційної рослинної сировини в умовах виробництва ресторанного господарства потребує вивчення.

1.2 Вітчизняний та зарубіжний досвід у вивченні проблеми глютенкової ентеропатії

Хвороба виникла ще в давнину, коли люди, займаючись землеробством, навчилися обробляти корисні рослини, схрещувати їх, внаслідок чого були виведені такі культури як пшениця, жито, ячмінь, овес та інші злакові, які з розвитком цивілізації, одночасно стали отрутою для людей, які страждають на генетичне захворювання – глютенкової ентеропатією [34, 40].

Англійський лікар Семюел Гі (Samuel Gee) став засновником вивчення цієї хвороби, адже у 1887 році він припустив, що причина полягає в похибці дієти, але справжня причина так і не була виявлена. Семюел Гі дав назву захворюванню целіакія, що означає у перекладі з латинського «черевна хвороба» [19].

Вже у 1909 року німецький лікар Гейбнер (Heubner) з'ясував, що недостатність травлення викликає целиацію, що стало поштовхом назвати її хворобою Гі-Гертера-Гейбнера [68].

Після Другої світової війни у 1950 році голландським педіатором Віллемом-Карел Діке (Dicke) в результаті спостережень було встановлено істинні причини целиації. У зв'язку з тим, що під час війни у Нідерландах спостерігалася нестача хліба, було зафіксовано зниження показника смертності в дітей віком (від 35%), після налагодження постачання хліба рівень смертності повернулася до початкового рівня. Внаслідок виявлення залежності вченими було вирішено детальніше вивчити пшеницю, як основну сировину виробництва хлібних виробів. Так, були встановлені фракції білків злакових культур (жита, пшениці, ячменю та ін.), що отримали загальну назву «глютен», є токсичними при захворюванні на целиацію [19, 68]. Тоді для лікування цього захворювання Г. Мелер (G.Meler) та та Дж. Френч (J. French) вперше застосували аглютеніву дієту [68].

У 1954 році вчений Пауллі (Paulley) за допомогою кишкової біопсії виявив зміни у слизовій оболонці тонкого кишечника при глютенівій ентеропатії [19]. В подальшому, завдяки всім цим відкриттям, розпочався новий етап більш детальнішого вивчення целиації. Так уже 1969 року Європейське об'єднання педіатричної гастроентерології та харчування (ESPGAN) за діагностичний стандарт целиації прийняли морфологічні зміни слизової оболонки тонкого кишечника [102]. А на початку вісімдесятих років виявлені у крові хворих на целиацію антитіла до гліадину отримали діагностичне значення, сприяли ефективній діагностиці даного захворювання й стали активно використовуватись як морфометричні показники слизової тонкого кишечника та серологічні маркери [44].

В даний час для встановлення діагнозу використовуються серологічні методи шляхом визначення сироваткових рівнів антитіл до гліадину, тканинної трансглютамінази і рідше до ендомізію, а також обов'язкове підтвердження гістологічним дослідженням слизової тонкого кишечника [102, 146].

Тим не менш, целиація відноситься до тих захворювань, які доволі складно діагностуються, та протягом багатьох років не проявляються. При цьому

співвідношення між діагностованими та недіагностованими формами становить від 1:5 до 1:13 [21, 34, 40]. Тому у своїх працях Річард Логан у 1991 році порівняв целиакію з айсбергом та висловив думку про те, що насправді недіагностованих випадків набагато більше, ніж діагностованих та справжня частота захворювання набагато вища [127].

Глютенною ентеропатією страждають як дорослі, так і діти. Найчастіше вона виявляється за типовою класичною формою в ранньому дитинстві, в 6–8 місячному віці після введення в перший прикорм продуктів із злакових культур. Така статистика нараховує 38–50% хворих з симптомами пов'язаними зі зниження апетиту, уповільненням процесу набору маси тіла, розвитку анемії, діареї та ін.

У дорослих хвороба, як правило, повільно проявляється та може тривалий час супроводжуватися болями в животі, здуттями, діареєю, підвищеною стомлюваністю, а провокуючими факторами загострення целиакії у більшості випадків служать вагітність та пологи, гострі кишкові інфекції і т.д [146]. При цьому існує атипова целиакія (близько 35% хворих), що переважно проявляються позакишковими симптомами, анемією, виразковим стоматитом, артропатією, та ін.

При безсимптомній «мовчазній» целиакії клінічні ознаки відсутні, атрофія слизової оболонки тонкої кишки спостерігається за різного ступеня вираженості визначається серологічними маркерами. Захворювання вперше проявляється у дорослому чи літньому віці. Спостерігається у 15% хворих та поширена серед європейців. Особливо часто «мовчазна» целиакія зустрічається у найближчих родичів хворих на целиацію з частотою 1:10. У хворих на потенційну целиацію слизова оболонка тонкого кишечника має нормальний вигляд, але характеризується підвищеним вмістом Т-лімфоцитів, що мають цитотоксичну дію. Рефракторна форма зустрічається у 13% хворих із тяжким перебігом, відсутністю ефекту від звичайного лікування з необхідністю прийому гормонів [102].

Хворі на целиацію переважно невеликого зростання, так як з дитинства відстають у фізичному розвитку. Залізодефіцитна анемія є у всіх хворих та іноді являється єдиною найбільш характерною ознакою целиакії.

Глютенова ентеропатія – захворювання довічне, яке на сьогоднішній день характеризується не лише ураженням кишечника, а є реакцією всього організму на глютен: у результаті відбувається ураження практично всіх органів та систем [146].

При тривалому перебігу недіагностованої целиакії на 78 % підвищується ризик розвитку пухлин шлунково-кишкового тракту, а також асоційованих з целиакією аутоімунних захворювань, найбільш поширеними з яких є цукровий діабет I типу, захворювання сполучної тканини та ін. При целиакії страждають усі види обміну речовин, а білково-вітамінна недостатність сприяє розвитку вторинного імунодефіциту.

Порушення всмоктування кальцію та вітаміну D призводить до формування рахітоподібних деформацій кісткової системи в перші роки життя, що надалі може знизити мінеральну щільність кісток. Дефіцит йоду викликає йоддефіцитний стан, а заліза – зумовлює розвиток анемії. Порушується склад мікрофлори кишечника, розвивається лактазна недостатність та алергічні реакції на низку харчових продуктів. Хвороба проявляється ураженням нервової системи, органів кровоутворення, шкіри тощо [22, 102, 144].

З давніх часів вчені, намагаючись зрозуміти причини виникнення целиакії, дійшли до відкриття, що в основі розвитку захворювання знаходяться три фактори:

1. Зовнішній фактор (основний) – вплив глютенної білкової фракції, що міститься у великій кількості в клітинах ендосперму зерна злакових культур, таких як пшениця, жито, ячмінь [135].

2. Генетична схильність: при целиакії тканинна трансглютаміназа зв'язується з неперетравленим глютенном і утворює стійкі комплекси з білками HLA, що становлять фрагменти глютену клітинам імунної системи, які активізуються та починають активно виробляти антитіла, що руйнують власні тканини. В результаті стінка кишечника пошкоджується, порушуючи перетравлення та всмоктування поживних речовин [135, 144].

3. Аномальна проникність кишкової стінки. У хворих на целиакію неперетравлені фрагменти глютену завдяки високому рівню зонуліну, підвищує проникність слизової тонкого кишечника, у великому кількості легко проходять

через шар сполучених один з одним за допомогою щільних контактів епітеліальних клітин (ентероцитів), що вистилають кишечник та діють на імунні клітини, які в свою чергу атакують чужорідні речовини. [102].

Таким чином, хвороба розвивається у генетично схильних осіб з аномальною проникністю кишкової стінки при вживанні в їжу злакових культур, білки яких з одного боку грають важливу та фундаментальну роль у харчуванні здорових людей, складаючи третину споживаного білка, а також визначаючи хлібопекарські якості борошна поширеність і незамінність при виготовленні продуктів харчування, а з іншого боку, є токсичними при целиакії [135].

Згідно зі статистичними даними, понад 5% населення у світі мають генетичну схильність до глютенкової ентеропатії [146]. На міжнародній конференції з целиакії у Парижі 2002 р., а пізніше у Белфасте у 2004 році визначено офіційну частоту хворих на целиакію у світі - 1 людина на 184 [102]. За останніми даними у країнах Європи поширеність захворювання становить у середньому 1:100 – 1:300 або близько 1 % [144]. Вважалося, що найбільша ймовірність захворювання целиакією характерна в основному для жителів країн Європи, а в американців поширеність становила менш ніж 1:10000 осіб, але в результаті великого дослідження у Північній Америці у 2003р. хвороба була виявлена в 1 випадку з 133 [21, 29, 44].

На рис. 1.1 представлені відомості щодо кількості хворих на целиакію (на 100000 осіб) в окремих географічних зонах [135, 144].

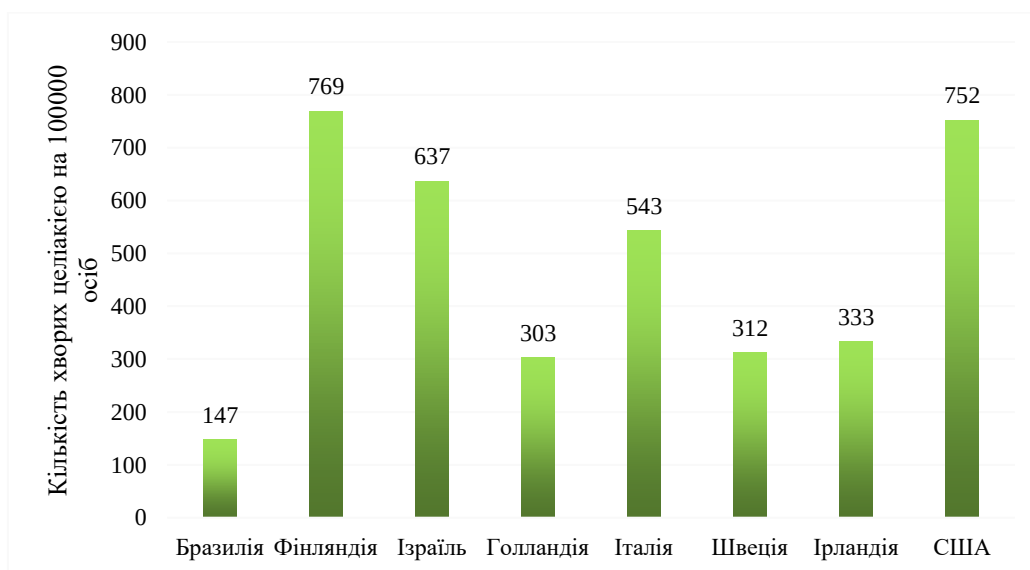


Рис. 1.1 – Частота хворіючих на целиакію

Виходячи з представлених даних, найбільша поширеність захворювання на целиацію спостерігається в таких країнах як Фінляндія та США, найменша – у Бразилії, що швидше за все пов'язане з високим розвитком медицини. У людей африканського та азіатського походження целиакія проявляється дуже рідко, ймовірно через споживання меншої кількості злакових [21].

Аглютенові продукти формують раціон лікувально-профілактичного харчування глютенчутливого населення, тобто, людей хворих на целиацію та споживачів, що мають певні алергічні реакції або ж розлади травлення за умови потрапляння глютену в організм [102].

Про тенденцію зростання індивідуалізації прийомів їжі свідчать досягнення в галузі нутрігеноміки (наука про вплив харчування на експресію генів) та нутрігенетики (розділ генетики, який вивчає генетичні схильності до захворювань з урахуванням генетичних варіацій та споживанням поживних речовин). Відповідно, це відобразиться у збільшенні обсягів ринку спеціалізованих безглютенових продуктів харчування [33]. Вагому частину цього ринку займають хлібобулочні, борошняні кондитерські та кулінарні вироби, що не містять глютен. В даний час виробництво на світовому ринку безглютенових продуктів харчування набирає все більших обертів та стрімко розвивається.

Проламінові пептиди пшеничного глютену та гомологічних запасних білків ячменю та жита викликають болісне хронічне знищення мікрівілей епітелію тонкого кишечника у хворих на целиацію. Якщо вчасно не відреагувати та не розпочати лікування, то це запустить розвиток хронічної діареї, розтягування черевної порожнини, остеопороз, втрату ваги через порушення всмоктування поживних речовин та анемію [102].

В першу чергу, глютен входить до складу пшениці, крім того, відомими джерелами цього білку визнані жито, ячмінь та всі ботанічні різновиди пшениці. Суперечливим є склад та безпечність зерна вівса, тому в різних країнах рекомендації до його споживання відрізняються [35].

Відомий факт, що основну небезпеку для глютенчутливих споживачів представляє не овес, а підвищений ризик зовнішнього забруднення глютену в

процесі вирощування, збору, транспортування та промислової переробки цієї культури. Тобто, суть проблеми полягає у складності забезпечення «чистоти» даного злака. Навіть мізерна кількість глютенвмісних зерен призведе до контамінації вівса настільки, що у найбільш чутливих хворих можуть виникнути пошкодження слизової оболонки тонкої кишки. Варто зазначити, що така реакція буде прослідковуватись лише у 0,5 % від загальної кількості усіх хворих на целиацію [105].

Особлива увага приділяється питанням, що стосуються методів ідентифікації глютену в харчових продуктах з своєчасним інформуванням споживачів щодо його вмісту в тих чи інших харчових продуктах [150].

Нажаль, в Україні практично не опікуються проблемою об'єктивного та вчасного висвітлення інформації щодо вмісту глютену в продуктах. На відміну від української, законодавча база країн Європейського Союзу, США та низки інших країн вимагає від виробників харчових продуктів та співробітників торгівельних мереж чіткого маркування продукції знаком «gluten-free».

В багатьох країнах для хворих на целиацію розроблені технології та налагоджене власне виробництво безпечного борошна для випічки, аглютенових хлібобулочних, макаронних, кондитерських та кулінарних виробів.

Порівняно з країнами Європейського Союзу, Японії, Америки, в Україні виробництво аглютенових виробів перебуває на початковому етапі. Тому задовільний асортимент та обсяги даної продукції формуються за рахунок недешевих імпорتنих товарних позицій. Адже, забезпечувати безпечними спеціалізованими продуктами харчування хворих на глютену ентеропатію потрібно постійно [33].

На ринку України цінова політика безглютенових борошняних виробів являється досить високою, тому що асортимент формується в основному за рахунок закордонної продукції. Крім того, більшість доступних в країні аглютенових продуктів є борошняні кондитерські вироби або готові суміші, що передбачені для самостійного приготування. Зрозуміло, що створення достатньої кількості харчових продуктів з відсутністю в складі алергену є, в першу чергу,

дієтичним аспектом. Однак, забезпечення умов «безпечного» виробництва безглютенових хлібних виробів із одночасним випуском якісних виробів за відсутності пшеничного білка стає серйозним викликом, що вимагає вирішення багатьох технологічних питань.

Зважаючи на те, що одним із основних продуктів щоденного вжитку в нашій країні є хліб, проблема забезпечення хворих на глютену ентеропатію аглютеновим хлібом вітчизняного виробництва як ніколи є актуальною. Реалізація продуктів без глютену вимагає використання попередньо відібраних якісних сировинних матеріалів, кількість яких обмежена. Базовими інгредієнтами безглютенового хліба є борошномельна складова, вода, дріжджі та сіль. Отже, сировинна база менш змінна та приваблива з точки зору її різноманітності, технологічності, поживної цінності та смаку в порівнянні з традиційними інгредієнтами.

Асортимент безглютенової сировини формують крохмалі (картопляний, кукурудзяний, тапіоковий та ін.) та різні альтернативні види борошна круп'яних чи бобових культур (рисове, кукурудзяне, гречане, просяне, амарантове, соєве, соргове, горохове, люпинове, нутове та ін.). Так використання борошна круп'яних культур підвищить показник біологічної цінності аглютенової продукції. А включення до складу рецептурних компонентів модифікованих крохмалів, пектинових речовин, желатину, камеді, різноманітних структуроутворювачів – позитивно відобразиться на структурі м'якушки, що в кінцевому результаті покращить об'єм готового виробу.

Протягом останніх десятиліть було проведено низку досліджень з метою поліпшення якості безглютенової продукції та її поживних властивостей. Попри цей факт, проблема розробки аглютенових виробів, у тому числі й хліба, із задовільною структурою, оптимальними термінами придатності та помірною вартістю, досі залишається актуальною. З огляду на вищесказане, зрозумілою є нагальна необхідність розробки нових підходів виробництва даної групи продуктів.

Проблема виробництва хліба зі 100% внесенням аглютенової сировини є порівняно новою темою дослідження, однак спостерігається зацікавленість

науковців до цієї тематики за рахунок зростання кількості публікацій в цьому секторі досліджень.

В якості найбільш розповсюджених і широко вживаних сировинних інгредієнтів використовують продукти переробки рису та кукурудзи, такі як борошно та крохмаль [21]; також застосування знайшли крохмалі – картопляний, маніоковий, [21,35]. В якості альтернативної сировини можливе внесення безглютенового борошна із зернових культур (соргове, просяне, вівсяне) та аглютенового борошна із псевдозернових (гречане, амарантове, кіноа); борошна з коренів та бульб (чуфи, батату); борошна бобових (соя, нут, рожкове дерево, боби, чечевиця, горох); інші варіації борошна (ляне, каштанове, бананове та ін.) [150].

До вирішення питання щодо розроблення технології безглютенових хлібних виробів долучалися науковці та виробничники багатьох світових держав. Проблема створення аглютенової продукції є актуальною і в нашій країні, однак потреби населення в них забезпечуються недешевими імпортованими товарами. На даний момент в Україні аглютеновий хліб для масового вжитку не виробляють.

В Національному університеті харчових технологій (НУХТ) сформувалась потужна та вагома для наукового середовища спрямованість науково-пошукових робіт. Значна кількість публікацій в напрямку розробки технології аглютенового хліба представлена професором Дробот В. І. та її послідовниками [106-107, 112-114]. Так, проведено удосконалення технології аглютенового хліба за рахунок внесення камедей ксантану та гуару з метою забезпечення структурно-механічних властивостей тістових мас на основі рисового, кукурудзяного та гречаного видів борошна. Відмінність досліджуваної сировини полягає у величині водопоглинальної, газоутворювальної здатностей та кількості власних цукрів. Всі ці показники безпосередньо можуть змінювати протікання біохімічних процесів у аглютеновому тісті та якість готової продукції.

Окремої уваги заслуговують наукові праці на чолі з професором Доценком В.Ф., в яких розкриваються питання щодо дотримання спеціальних вимог якості та безпечності безглютенової продукції в реальних умовах закладів готельно-ресторанного господарства [92, 145, 157, 176].

Дослідниками кафедри технології переробних та харчових виробництв [130] науково обґрунтовано та сформовано перспективну технологію безглютенових хлібобулочних виробів на основі борошняних композицій із використанням колагеновмісних білків (в якості структуроутворювачів) та ферменту трансглютамінази.

В межах наукової школи професора Шаніної О. М. вченими доведена ефективність використання аглютенової суміші в поєднанні з ферментом трансглютаміназою та білковими компонентами тваринного походження, при цьому прослідковується тенденція взаємодії колагеновмісних пронеїнів за наявності трансглютамінази з білковими речовинами аглютенового борошна та тіста [47, 70-72, 181-188].

Інший шлях покращення та розширення асортименту безглютенової продукції в рамках цієї наукової тематики є технологія парового аглютенового хліба [138]. З метою поліпшення структури та харчової цінності виробу з одночасним регулюванням структурно-механічних властивостей тіста та хліба запропоновано внесення до рецептурного складу безглютенових видів борошна з підвищеним вмістом білка (ляне, соргове).

Розроблення рецептур аглютенового хліба пов'язане зі специфікою науково-практичної діяльності дослідників певних регіонів. Так, вченими Індонезії А. Yani та J. Susilo запропоновано введення в якості потенційної хлібопекарської сировини маніоку, хлібне дерево, кукурудзу, саго, сорго і солодку картоплю. Дослідивши хлібопекарські властивості перспективних безглютенових компонентів, науковці розробили новий борошняний продукт - композитну суміш з різних видів борошна - з маніоки, батату, кукурудзи і рисових висівок. Унікальність створеного напівфабрикату полягає у зниженому глікемічному індексі та високій поживній цінності [4].

Іншим варіантом заміни глютенвмісного борошна прийнято вважати різноманітні крохмалі. Найбільш використовуваними для заміни глютену в рецептурі хліба є кукурудзяний та картопляний крохмаль. Це зумовлено, в першу чергу, їх функціональними характеристиками, ціною та доступністю. Також не

меншою популярністю користуються зернові крохмалі – рисовий і сорговий [139, 145].

Підсумовуючи зібрану інформацію на основі аналітичного огляду сучасних літературних джерел доречно сформулювати висновок, що переважна більшість робіт присвячена актуальному, але складному питанню поліпшення структури аглютенових виробів. Логічним поясненням цього факту є збільшення випадків підтвердження захворювання целиації, за рахунок поліпшення процесу діагностики даної хвороби. Крім того, відносно невеликий асортимент якісної та безпечної харчової продукції для глютенчутливих споживачів посилює зацікавленість науковців харчової промисловості до удосконалення вже існуючих та до розроблення новітніх технологій безглютенових продуктів. А головним об'єктом удосконалення в Україні та світі залишаються хлібні вироби.

1.3 Сучасний стан асортименту безглютенових виробів та технології їх виробництва

У світі вже давно виробляють спеціальні безглютенові продукти харчування. На сьогоднішній день розвивається також інший напрямок, який характеризується використанням ферментних препаратів для видалення або модифікації глютену в сировині [136, 145, 182, 187]. Відомий спосіб виробництва безглютенових хлібобулочних виробів - використання заквасок із зернового борошна, а під час бродіння - молочнокислих бактерій *Lactobacillus sanfranciscensis* DSM 22063, що використовуються в технології хлібопечення Південної Італії, та *Lactobacillus plantarum* DSM 22064, у присутності ферментних препаратів, розщеплюють клейковину і зменшують вміст глютену [76]. Проте доступний асортимент безглютенової продукції сформований заміниками хліба, борошняними кондитерськими та макаронними виробами, приготовлені з сировини, що не містить токсичних глютенів фракцій. До такої сировини належать безглютенові види борошна – гречане, рисове, кукурудзяне, лляне, амарантове борошно; борошно з картоплі, маніоки, батату, бобових (квасолі, гороху, сої, люпину) та різних горіхів. Також в технології виробництва аглютенових продуктів

використовують нетипову для українського споживача сировину, таку як: кіноа, чумиза, саго, сорго, бананове борошно [7, 20,36].

На сьогоднішній день основними постачальниками аглютенної продукції є фірми країн Європи – Польщі, Італії, Німеччини, Фінляндії (торгові марки «*Dr.Shâr*», «*Glutano*», «*Valpiform*», «*Glutafin*», «*Finax*», «*Bezgluten*», «*Snellman*», «*Gullon*», «*Farmo*», «*Bio Alimenta*», «*SamMills*» та ін.). Звісно цінова політика такої сировини є завищена, що робить її малодоступною для звичайного українського споживача. Тому проблема розширення асортименту за рахунок доступної продукції являється актуальною.

Експерти Фінського центру технічних досліджень, одного з найбільших дослідницьких центрів у Північних країнах, розробили рецепт аглютенового хліба з підвищеною поживною цінністю на основі суміші кукурудзяного борошна (30%) та борошна з ферментованих бобів (70%), яке має на 25-35% вищий вміст білка, ніж пшеничне борошно. Таким чином, ферментовані боби є підходящою альтернативою сої та гороху, оскільки вони мають високий вміст білка і не впливають негативно на органічні властивості продукту [6, 22].

Для поліпшення смаку, аромату та термінів зберігання безглютенових хлібобулочних виробів компанією «*Böcker*» розроблено рисову закваску, що містить чисті культури роду *Lactobacillus*.

Компанією «*The Muffin Vitalution*» випущені аглютенові суміші на основі іспанської шавлії та льону, мигдальної муки, кориці, кокосового масла, кокосового цукру, яєць та інуліну агави. Суміш підходить для приготування кексів у мікрохвильовій печі для харчування людей, які дотримуються безглютенової дієти [103].

Виробництво вітчизняних продуктів харчування для глютензалежних споживачів знаходиться поки на стадії розвитку. В основному безглютенова продукція від українського виробника представлена безклейковинними сумішами, борошняними кондитерськими і макаронними виробами.

Групою дослідників, на чолі з Красильниковим В.Н. та Леонтьєвою Н.А., розроблено асортимент аглютенових виробів (оладок, млинців, низькокалорійних

хлібців) на основі суміші, що складається з екструзійного картопляного крохмалю, рисового борошна та нетрадиційної рослинної сировини – цільозмеленого зерна амаранту, обробленого ІЧ-випромінюванням, що виконує функції поліпшувача в рецептурі даних виробів [93].

Науковцями НУХТ під керівництвом проф. Дорохович А.М. розроблено безглютенові мафіни під назвою «Рисовичок», на основі рисового борошна та «Корисний» з суміші гречаного борошна з картопляним крохмалем. В якості структуроутворювача використовували камеді дерева тара і ріжкового дерева. Винахід дозволив урізноманітнити асортимент аглютенових борошняних кондитерських виробів [103].

До складу безглютенової рисової, кукурудзяної та гречаної суміші, розробленої фахівцями харчової промисловості на чолі з Shin M., входять кукурудзяний крохмаль, пектин, гуарова камедь, лимонна кислота, харчова сода та рослинний лецитин. Суміш підходить для приготування хліба та різноманітної випічки в домашніх умовах [74].

Мелешкіна Л.Є. та Попова А.В. розробили макаронні вироби з оптимальним співвідношенням рисового, кукурудзяного, гречаного борошна і крохмалю, що дозволяє отримати стандартні за органолептичними показниками вироби [164].

Іншою групою дослідників (Півоваров О. А., Миколенко С. Ю.) були розроблені аглютенові вафлі, в рецептурі яких використано суміш борошна рисового та гречаного у співвідношенні 1:4, крохмаль картопляний, цукор, жировий компонент, яйця, інвертний сироп, сіль кухонна, сода харчова, сіль [153, 154].

При створенні рецептури безклейковинних сумішей використовують кукурудзяний нативний крохмаль, борошно рисове, кукурудзяне та гречане, цукор, сіль, в ролі білкового збагачувача і структуроутворювача вносять соєвий ізольований білок «Supro-760». Підтверджено, що такий рецептурний склад суміші дає найбільш інтенсивне газоутворення та хорошу газотримуючу здатність, максимальну динамічну в'язкість тіста, та покращені фізико-хімічні та органолептичні показники готового хліба [95].

Функції коректора структури в технології хліба для хворих на целиакію можуть виконувати білки. Крім цього, їх додавання сприяє зниженню дефіциту амінокислот. Відомо декілька джерел білка, які використовують при створенні рецептур безглютенового хліба: як компонент борошна (наприклад, соєвого або горохового), у вигляді концентратів та ізолятів (з бобових, сироваткові білки, казеїн), знежирене молоко, тощо [88, 133,137].

Науково обґрунтоване використання білків в присутності гідроколоїдів в технології аглютенового хліба. Така комбінація здійснює позитивний вплив на в'язко-пластичні властивості тістових напівфабрикатів та структурно-механічні властивості м'якушки готових виробів. Слід відмітити, що всі вищеописані добавки можуть здійснювати дію покращувального характеру на структурно-механічні властивості аглютенового тіста за умови присутності достатньої кількості цукрів [6, 43].

Огляд способів приготування безглютенового тіста показав, що в більшості створених технологічних рішень застосовують модифікації безопарного способу, при якому дозрівання тіста відбувається в одну стадію без обминання тривалістю до 60 хв залежно від складу основної сировини [50, 53]. Підтверджені також способи приготування тістових мас з використанням хімічних розпушувачів, головний недолік яких полягає у погіршеній засвоюваності виробів. Це зумовлено відсутністю ферментативних процесів, пов'язаних з розкладом крохмалю.

Таким чином, в результаті аналізу сучасних напрямів створення аглутенових хлібних виробів встановлено, що більшість розроблених технологій ґрунтуються на використанні в рецептурному складі крохмалю різного походження в кількості не менше 50% від маси головної сировини. При цьому готові вироби мають низьку харчову цінність, що пов'язано зі зниженим вмістом нутрієнтів, вітамінів, незамінних амінокислот, харчових волокон в очищеному крохмалі. Відомостей щодо застосування борошняної сировини в повному обсязі без комбінування з крохмалем у сучасній літературі обмаль. Тому, актуальним є розроблення технологій хліба для глютензалежних споживачів на основі аглутенового борошна

без додавання крохмалю, пошук структуруютьовачів для забезпечення належних якісних характеристик виробів та обґрунтування параметрів їх виробництва.

Враховуючи вищесказане, варто відмітити, що асортимент безглютенової продукції на сьогоднішній день в основному представлений борошнями кондитерськими, макаронними виробами та сумішами, проте асортимент готових хлібних виробів залишається на початковому етапі. Тим не менше, значимість хліба в харчуванні людини займає ключове місце, тому ринок хлібобулочної продукції підготовленої до споживання потребує суттєвого розширення.

Тому, наступний етап пошуку полягає у проведенні порівняльного аналізу хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей аглютенової сировини.

1.4 Овес як перспективна сировина в технології аглутенових виробів

Для людей з целіакією білки глютену пшениці, ячменю та жита є токсичними, тоді як білки кукурудзи, рису, гречки, сорго, люпину та амаранту є нетоксичними. Що стосується вівса, то рекомендації щодо споживання відрізняються в різних країнах. Слід зазначити, що основну небезпеку для людей з непереносимістю глютену становить не сам овес, а високий ризик зовнішнього забруднення глютену під час вирощування, збирання, транспортування та промислової переробки. Щоб включити овес в раціон, необхідно переконатися, що продукт має маркування «без глютену» [156].

Овес містить білок під назвою авенін (не глютен), який не є шкідливим для людей з целіакією. Однак овес часто висівають на полях, де раніше вирощували глютенівмісні зернові (пшеницю, жито та ячмінь). Такі зерна вівса можуть містити певну кількість аглютинативних компонентів минулорічних рослин, вирощених з насіння, яке загинуло, не будучи зібраним. Тому в крупі будуть присутні частинки, що містять клейковину [34, 79].

Навіть якщо овес вирощується в безпосередній близькості до пшениці, ячменю або жита, пилок цих злаків може запилювати овес. Овес, пшеницю та інші

зернові збирають однією і тією ж технікою, що призводить до додаткового забруднення під час збору врожаю [79].

Якщо зерна вівса використовуються для виробництва пластівців, борошна або висівок, відбувається подальше забруднення глютенем, оскільки те саме обладнання використовується для виробництва борошна, висівок та пластівців з глютенівмісної сировини [156].

Виробники безглютенового вівса вживають різних запобіжних заходів, щоб гарантувати, що їхня продукція не містить глютену. Ці заходи включають:

- тестування насіння вівса перед посадкою та під час збору врожаю;
- вирощування вівса на полях, які не оброблялися пшеницею, ячменем або житом протягом декількох років;
- використання спеціалізованих машин для подрібнення та сортування вівса;
- перевірка готової продукції на вміст глютену [74, 75].

Це також стосується вівсяного борошна та вівсяного толокна. Крім того, не існувало суворих правил щодо того, скільки глютену може бути присутнім у кінцевому продукті, щоб він вважався безглютеновим. У 1981 році стандарт безглютенової продукції був встановлений на рівні 200 мг глютену на кілограм продукту (це 200 проміле) [101].

У липні 2008 року стандарт Кодексу щодо маркування без глютену було змінено, метою якого – забезпечити більш точний стандарт безпеки, і новий стандарт дозволить людям з целиакією зробити чіткий вибір продуктів [101, 119].

Стандарту Кодексу включає дві категорії:

✓ 1 категорія «Gluten One» – харчові продукти, що містять менше 20 ppm клейковини: тільки продукти, які містять менше 20 ppm можуть бути позначені як «без глютену». Це буде відноситися до спеціальної безглютенової продукції, такої як, наприклад, хліб, що містять пшеничний крохмаль з менш ніж 20 ppm. І вівсяні продукти з клейковиною менше 20 частин на мільйон і можуть бути позначені як «без глютену» [119].

✓ 2 категорія «Gluten Two» – харчові продукти, що містять від 20 до 100 ppm клейковини: продукти, що містять глютен понад 20 і до 100 ppm матимуть

напис «дуже низька клейковина». Це стосується для заміників «безглютенової» продукції (наприклад, хліб і борошняні суміші). Дивно, але овес за оновленим Кодексом, не дозволили позначати написом «дуже низька клейковина», навіть якщо рівні глютену знаходяться в допустимих Кодексом межах від 20 до 100 ppm [119].

Іншими словами, основна проблема полягає в тому, що «чистота» вівса не може бути гарантована. Всього кілька зерен пшениці або ячменю можуть забруднити кілограм вівса до такої міри, що у найбільш чутливих хворих на целіакію може розвинутися пошкодження слизової оболонки тонкого кишечника. Однак продукти, виготовлені з вівса гарантованої чистоти, можуть підходити хворим на целіакію, якщо у них немає індивідуальної непереносимості.

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що овес та продукти його переробки можливо розглядати та використовувати як перспективну аглютеніву сировину та рекомендувати виробити на основі вівсяновмісних продуктів для групи людей, які страждають не гострою формою целіакії.

Овес (*Avena sativa*) – найдавніша кормова культура, яка відноситься до сімейства злакових, сьогодні займає п'яту сходинку по посівним площам та врожаєм серед основних зернових культур. Це рослина помірного клімату, невибаглива до ґрунту, але вологолюбива, стійка до короткочасних весняних заморозків, менше потерпає від посухи [34, 79].

Існують документальні свідчення того, що овес широко вирощували в англосаксонській Англії ще в 779 році. Протягом століть продукти, виготовлені з вівсяного борошна, води та солі, були основним продуктом харчування жителів Англії, особливо Шотландії. У цих регіонах овес - єдина культура, яка може рости в холодному і вологому кліматі [75].

В Україні ярий овес вирощується переважно в Поліссі та Лісостепу і поділяється на голозерний та плівчастий. Луцений овес висівають частіше, а голозерний - рідше через його вищі потреби у волозі. На відміну від плівчастого вівса, голозерний овес (рис. 1.2) не

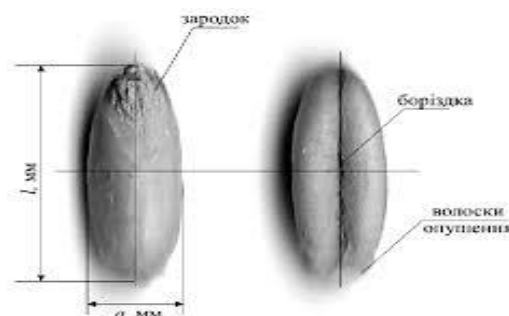


Рис. 1.2 — Загальний вид голозерного вівса

має оболонку на поверхні ядра, а алеїроновий шар ядра гладенький і блискучий, часто нагадує зерно жита. Ядро цього типу вівса оточене м'якою квітковою оболонкою, яка нещільно покриває ядро, але майже повністю відділяється при збиранні врожаю. Це дає йому перевагу на подальших етапах переробки в харчовій промисловості [34].

Серед інших злаків овес характеризується високим вмістом білків і жирів - найцінніших хімічних компонентів, засвоюваних вуглеводів, вітамінів мінералів тощо. Не зважаючи на це, в нашій країні користь і багатогранність вівса та продуктів його переробки, все таки, залишається не до кінця розкритими [75].

На нашу думку, це є цілком несправедливо, оскільки в зерні вівса присутні усі незамінні для організму людини амінокислоти, що говорить про високу біологічну цінність отриманих з нього продуктів. Зерно вівса та продукти його переробки мають високу масову частку жиру (5,0-7,0%) і масову частку важливих для організму людини поліненасичених жирних кислот 70-80%, що свідчить про високу біологічну ефективність зерна вівса. У складі вуглеводного комплексу, крім крохмалю та інших речовин, велике значення має некрохмальний полісахарид β -глюкан. Ця речовина являє собою розчинну клітковину і є невід'ємною частиною раціону людини завдяки своїй здатності регулювати рівень холестерину і глюкози в крові та впливати на контроль ваги, серед іншого [75].

Овес широко використовується у виробництві круп, геркулесу, лляного насіння, борошна, солоду та солодового екстракту, а також як несолодкий інгредієнт у виробництві квасу, низькокалорійного світлого пива та пива з низьким вмістом глютену, які є одними з найкращих напоїв з точки зору поживної цінності. Порівняно з іншими зерновими, овес характеризується високим вмістом найцінніших амінокислот, переважно лізину та метіоніну, а також вітамінів групи В. Більшість білків вівса, особливо голозерного, розчиняються у воді і тому добре засвоюються організмом людини і тварин. Як основний інгредієнт, овес ідеально підходить для дитячого та дієтичного харчування, оскільки різні галузі харчової промисловості виробляють продукти для здоров'я [18].

Для кращого розуміння переваг та недоліків кожного із сортів вівса, перш за все, необхідно проаналізувати їх основні технологічні показники, такі як вологість, вміст білкових речовин та екстрактивність. І звісно, неможливо не порівняти амінокислотний склад найпопулярніших сортів. Значення вищезазначених показників представлені у вигляді таблиць 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 — Основні технологічні показники сортів вівса

Сорт вівса	Вологість, %	Вміст білкових речовин, %	Екстрактивність, %
«Скакун» (плівковий)	13,0	9,7	50,73-56,73
«Соломон» (голозерний)	12,3	15,8	69,00-76,60

Важливим показником якості зерна для виробництва харчових продуктів є його екстрактивність. Вона являє собою суму речовин, які здатні переходити у розчин і можуть бути використані у технологічному процесі.

Аналізуючи дані табл.1.1, можна стверджувати, що екстрактивність голозерного вівса на 19% більше, ніж плівкового в розрахунку на сухі речовини. Таку різницю можна пояснити особливостями хімічного складу зерна. Плівковий овес містить від 10 до 15% клітковини, яка, як відомо, нерозчинна в воді, тому екстракту не дає. Крім того, цей сорт вівса має в своєму складі до 10 відсотків геміцелюлози, яка також порівняно мало гідролізується, не дає великого приросту екстракту. За кількістю білків голозерний овес також значно переважає плівковий (табл. 1.1) [117].

В результаті літературних даних, стає очевидним, що більш цінним сортом вівса однозначно є голозерний овес. Використання продуктів переробки такого вівса в технологіях харчової продукції, а саме у технології хлібобулочних виробів, дозволить не тільки реалізувати вироби з вищою біологічною цінністю, а й розширити асортимент продукції для хворих на целіакію [97].

Технологія переробки вівса є одним з найскладніших процесів у круп'яній промисловості і включає водотеплову обробку в гарячих плющильних машинах, лущення в декількох системах, сортування лущених продуктів, комплексну сепарацію зерна та розмел. На різних етапах переробки, особливо під час

пропарювання зерна, знижується поживна цінність зерна, а отже, і продуктів його переробки, зменшуються масові частки білка, крохмалю, вітамінів тощо. При лущенні та шліфуванні зерна утворюється значна кількість побічних продуктів у вигляді борошна та шліфованого ядра (15-35%), які утворені зовнішньою та внутрішньою частинами ядра вівса і знижують масову частку білків, β -глюканів, вітамінів та мінеральних речовин тощо, що разом з низьким виходом кінцевого продукту робить сучасні технології переробки зерна нераціональними. Це свідчить про низьку ефективність існуючих технологій у виробництві сучасних харчових продуктів [95-97].

Згідно з «Положенням про організацію та ведення технологічних процесів на хлібопекарських підприємствах», регульованими продуктами переробки вівса в Україні є неколотий овес, який використовується для подальшої переробки з метою отримання плющеного зерна, геркулесу, пелюсток, екстра-пластівців, вівсяного борошна, толокна та вівсяних пластівців [95-97].

Аналіз сучасного стану вітчизняного виробництва круп та круп'яних продуктів вказує на відставання вітчизняних технологій від сучасних зарубіжних аналогів. Недоліком традиційних вітчизняних вівсяних круп'яних продуктів є дуже низький вихід готової продукції (рис. 1.3) [95-97].

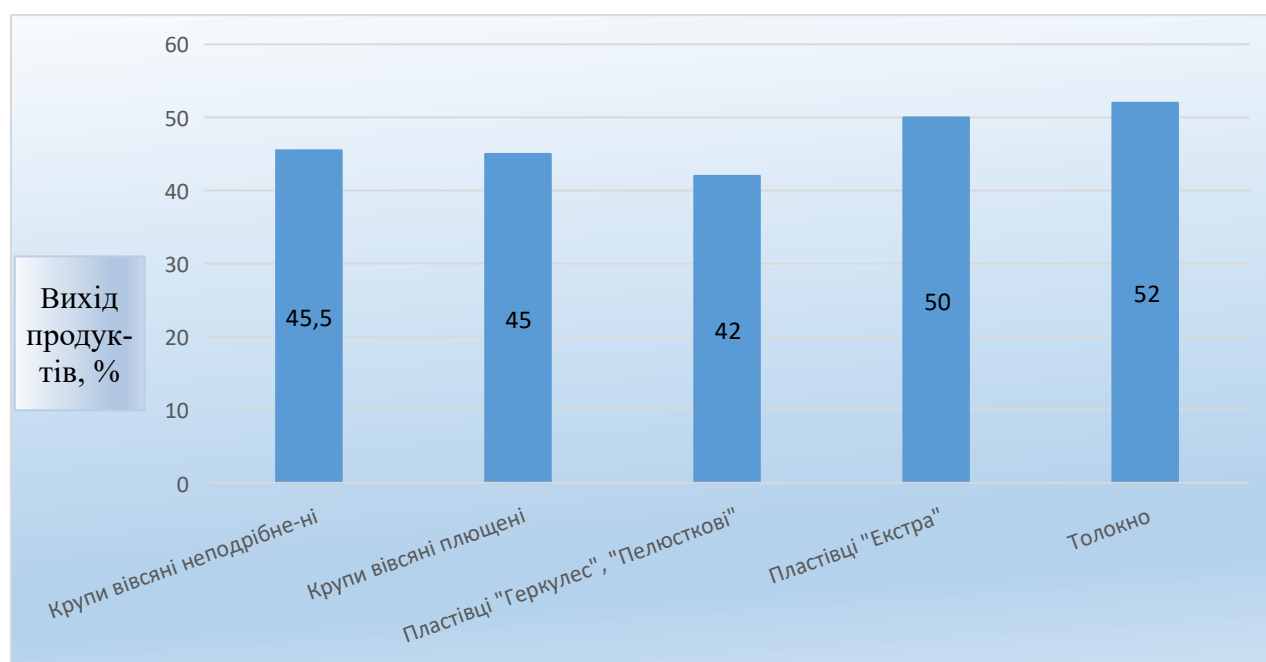


Рис. 1.3 – Обсяги виробництва вітчизняних вівсяних круп'яних продуктів

Вівсяна крупа відноситься до найважливіших джерел повноцінного рослинного білка, жирів, харчових волокон, вітамінів В₁, В₂, РР, Е та мінеральних речовин. Вуглеводи вівсяної крупи складаються переважно з крохмалю (90%), що володіє цінними поживними властивостями. Дрібні крохмальні зерна, оцукрюючись, добре засвоюються організмом і надають крупі солодкуватий присмак. Але через низьку водопоглинальну здатність вівсяний крохмаль погано набухає, що погіршує консистенцію готової страви. Вівсяні каші корисні при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, але споживчі властивості крупи невисокі [95, 97].

Вівсяні пластівці різних видів (плющені, пелюсткові, «Геркулес», «Екстра») в результаті повторного пропарювання і плющення набувають нових властивостей - вони краще і швидше розварюються, мають ніжну консистенцію і приємний смак [95].

Вівсяне борошно – основний продукт помелу вівса, який використовують переважно для дитячого і дієтичного харчування. Борошно сприяє швидкому насиченню організму енергією, оскільки містить харчові волокна двох видів: розчинні і нерозчинні. Нерозчинні харчові волокна виводять з організму холестерин, шлаки і токсини, відновлюють роботу кишкової мікрофлори. Розчинні харчові волокна знижують секрецію шлункового соку, знижують рівень цукру в крові. До складу борошна входить велика кількість антиоксидантів, які підвищують опірність організму до різноманітних інфекцій [95].

Вівсяні висівки – це побічний продукт борошномельного виробництва, який використовується як продукт профілактичного харчування, що сприятливо впливає на органи всього травного тракту. Лікарі рекомендують вживати вівсяні висівки для профілактики раку товстого кишечника та при захворюваннях печінки, жовчного міхура, шлунка, кишечника, підшлункової залози [95].

В асортименті продовольчих товарів значне місце посідає ще один продукт, виготовлений із зерна вівса. Мова йде про такий популярний дієтичний продукт як толокно.

Толокно – це продукт переробки вівса, що відрізняється високим ступенем засвоюваності., оскільки містить до 10 % водорозчинних речовин, до 15% денатурованих білків і майже повністю клейстеризований крохмаль. Толокно не вимагає варіння. Його заварюють окропом або гарячим молоком і, в залежності від пропорції, отримують напій відносно густої консистенції [96, 97].

Для виробництва толокна очищений овес замочують гарячою водою (35 °С) протягом 3-4 год. до вологості 30-40 %. Після цього його ферментують: витримують за температури 65°С протягом 5-6 год. Вважається, що за таких умов активізуються ферменти зерна, завдяки чому утворюються цукри і декстрини, водорозчинні білки й амінокислоти [96].

Згідно з літературними даними [34, 96, 97], толокно має високу харчову цінність і рекомендується для харчування дітей і хворих для швидкого одужання.

При пророщуванні вівса активуються і синтезуються ферменти, під дією яких проходять процеси гідролізу запасних речовин зерна, накопичуються водорозчинні білки, амінокислоти, цукри, а також вітаміни, фітогормони, ауксини. У табл. 1.3 наведені порівняльні показники харчової цінності.

Таблиця 1.3 — Харчова цінність вівса і продуктів його переробки

Показник	Зерно	Крупа	Пластівці	Толокно	Борошно
Зміст,%:					
білків	10	12	12,3	12,5	12,3
жирів	6,2	6,1	6,2	5,8	6,8
вуглеводів	55,1	68,1	66,8	65,7	70,5
в тому числі крохмалю	53,7	58	59,1	62,9	64,2
золи	3,6	2,1	1,7	1,8	1,8
харчових волокон	12	8	6	8	4,5
Масова частка вітамінів, мг:					
РР	1,5	1,1	1	0,7	1
В ₁	0,47	0,49	0,45	0,22	0,35
В ₂	0,12	0,11	0,1	0,06	0,1
Масова частка мінеральних речовин, мкг:					
К	421	362	330	351	280
Са	117	64	52	58	80
Mg	135	116	129	111	110
Na	37	35	20	23	21
Fe	5,5	3,9	3,6	3	3,6
Калорійність, ккал	316	326	352	357	366

Аналізуючи дані можна зробити висновок, що у всіх продуктах переробки вівса збільшується вміст білків, жирів і вуглеводів, зростає їх калорійність; вміст харчових волокон знижується на 30-60 % поряд зі зменшенням вмісту вітамінів групи В та мінеральних речовин, які переходять переважно у висівки. Якщо порівнювати виключно продукти переробки вівса, варто зазначити, що найбільшою калорійністю володіють борошно і пластівці, найменшою – толокно; вітамінів найбільше міститься у крупі, а у толокні їх кількість є найменшою, це зумовлено технологією виробництва. У крупі і пластівцях відзначено високий вміст харчових волокон та мінеральних речовин, а борошно перевищує решту продуктів переробки за вмістом білків, жирів та вуглеводів [96-97].

В Україні толокно та різні види вівсяного борошно за рахунок низького відсотка клейковини самотійно не застосовується, проте у поєднанні із традиційним борошном широко застосовують у хлібопекарській промисловості при виробництві кондитерських та хлібних виробів, та в якості поліпшувача в інших галузях харчової та переробної промисловості [97]. Це все пояснюється властивостями толокна, які формуються в процесі його виробництва. Складний процес виробництва толокна в подальшому відображається на механізмі взаємодії з молекулами води під час замішування тіста [34].

В основі цього процесу лежить створення технологічних умов, за яких можуть тривати гідролітичні зміни. В результаті чого толокно має підвищений вміст низькомолекулярних речовин: цукрів, водорозчинних білків, амінокислот. Крім того, цим і пояснюється його приємний смак і хлібний аромат завдяки присутності специфічних речовин – меланоїдинів. Використання вівсяного толокна при виробництві харчових продуктів надаватиме їм крім дієтичних ще й приємні смакові якості.

Хліб – необхідний і корисний продукт, що вживається людиною кожного дня. За рахунок вживання хлібобулочних виробів більш ніж наполовину задовольняється добова потреба людини у вуглеводах, на 20...40% – у білках. Молоко та молочні продукти містять поживні речовини і біологічно активатори (ферменти, вітаміни), які є необхідними для життєдіяльності організму людини:

близько 20 різних амінокислот [7-8]. Дані види сировини є доступними для залучення до технологічних потоків виробництва. Використання молочних білків – казеїну та альбуміну у хлібопеченні є необхідним та доцільним через низку позитивних факторів, чинників та високих функціонально-технологічних властивостей. Таким чином, шляхом багатопланових комплексних наукометричних досліджень обумовлена актуальність та необхідність збагачення хлібобулочних виробів, як основного соціального харчового продукту населення, за використання перспективної сировини молочної галузі – білків молока казеїну.

Виробництво хлібних аглютенових виробів полягає в імітації структуроутворювальних властивостей, характерних для традиційного глютенівмісного борошна. Так, у пшеничному борошні основними структуроутворюючими компонентами є клейковина (глютен) і крохмаль, а в житньому борошні – некрохмальні полісахариди і, меншою мірою, клейковина. Щоб забезпечити стабільну структуру безглютенового тіста перспективним рішенням є використання гідроколоїдів. Гідроколоїди – це велика група речовин різноманітної хімічної природи (загущувачі, гелеутворювачі, наповнювачі, стабілізатори емульсій та ін.), що мають полімерну природу, отриманих із сировини рослинного та тваринного походження. Гідроколоїди адсорбують значну кількість жовчних кислот, що сприяє детоксикації організму. В цілому гідроколоїди складаються з дуже великих і об'ємних полімерних макромолекул, завдяки чому відбуваються їхня гідратація. Забезпечення гелеутворення дозволяє змінювати реологічні параметри харчових систем. Завдяки своїм іонообмінним властивостям і комплексоутворювальній здатності більшість натуральних харчових гідроколоїдів здатні виводити іони важких металів і радіонуклідів із організму. Гідроколоїди забезпечують отримання продуктів певної концентрації, покращують та зберігають їхню структуру, позитивно впливають на відчуття смаку [48].

Якщо аналізувати дію гідроколоїдів саме в технології хлібних виробів, то ключові функціонально-технологічні властивості полягають у збільшенні виходу продукту за рахунок високої вологозв'язувальної та вологоутримувальної

здатності, сповільненні процесу черствіння та збільшенні тривалості зберігання готових виробів. За морфологічною приналежністю до натуральних гідроколоїдів відносять целюлози, а саме – карбоксиметилцелюлозу, глюкано-дельта-лактон, гідроксипропілметилцелюлозу та ін. [28, 160]. Ефективність гідроколоїдів у покращенні якісних характеристик харчових продуктів залежить від хімічної структури та фізико-хімічних властивостей добавки, а також її стійкості до температури, рН та розчинності. Одним із таких гідроколоїдів, що поєднує в собі багатофункціональність і при цьому проявляє стійкість до зміни температур, рН-середовища, є глюкано-дельта-лактон. Цей структуроутворювач є продуктом переробки крохмалю і належить до сімейства органічних кислот. Встановлено позитивну дію на процес тістоутворення включення глюкано-дельта-лактону в технологію виробництва хліба, що дозволяє зменшити кількість дріжджів, тим самим позбавляючи готовий виріб від специфічного дріжджового присмаку [3]. При цьому досягається кращий результат – покращується зовнішній вигляд та збільшується термін зберігання виробів.

1.5 Вплив сировинних інгредієнтів з рослинної сировини на якість і біологічну цінність безглютенових виробів

Складність виробництва безглютенових хлібних виробів полягає у відсутності рецептурної сировини, білки якої формують клейковинний каркас [103]. Тому включення до складу структуроутворювачів, без яких важко уявити повноцінне виробництво аглютенового хліба, є очікуваним та підтвердженим. На сьогодні існує значний асортимент натуральних харчових добавок, здатних штучно імітувати властивості клейковини (глютену). Серед них в харчовій промисловості все більшої популярності набувають такі компоненти як стабілізатори, гелеутворювачі, загусники. Всі вони регулюють консистенцію та текстуру навіть при концентрації не більше 1 %. Не менш важливим є здатність структуроутворювачів забезпечувати якісний зовнішній вигляд продукту, що на конкурентоспроможному ринку є найважливішою характеристикою. Крім того, деякі представники таких поліпшувачів можуть знижувати рівень холестерину в крові, сприяти нормальному функціонуванню кишківника, проявляти

пребіотичний ефект. Більшість харчових добавок типу структуроутворювачів відносяться до класу полісахаридів та застосовуються при виробництві кондитерських, молочних, хлібобулочних виробів. Найчастіше використовуються модифіковані крохмалі, целюлози, карбоксиметилцелюлози, альгінати, карагенан, пектини, амілопектин, ксантан, галактоманани (гуарова камедь та камедь ріжкового дерева) та ін. [14].

Альтернативною сировиною при виробництві аглютенових виробів є нативні та воскоподібні кукурудзяні крохмалі. В якості структуроутворювачі при приготуванні дієтичних безбілкових виробів також широко використовуються крохмалі, отримані в результаті вологотермічної обробки, що володіють здатністю набухати в холодній воді або повністю переходити в розчинний стан. При цьому додаткове використання стабілізованих крохмалів вирішує проблему швидкої ретроградації (черствіння) готових виробів. [44].

Полісахарид (ксантанова камедь (E415)), що утворюється бактеріями *Xanthomonas campestris* в результаті ферментативного процесу, виступає в ролі вологозв'язуючого агента при виробництві аглютенових продуктів. Завдяки своїм відмінним реологічним властивостям може діяти позитивно незалежно від зміни рН та температури середовища. У рекомендованому дозуванні (0,05 % від маси тіста) в рецептурі безглютенового хліба ксантанова камедь збільшує його об'єм, підтримує вологість, також покращує структуру [71].

Галактоманани з плодів ріжкового дерева (*Ceratonia siliqua*), гуара (*Cyamopsis tetragonoloba*) – загусники та гелеутворювачі, широко використовуються при виробництві аглютенових хлібних виробів, в рекомендованому дозуванні від 0,2 до 0,5 % в розрахунку до маси борошна. Мета їх застосування – це надання продуктам привабливого зовнішнього вигляду, покращення текстури тіста й готових виробів, подовження терміну зберігання, запобігання ретроградації, а також збагачення харчовими волокнами [24].

Серед целюлоз найчастіше знаходить застосування карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), що виготовляється з натуральної очищеної целюлози, має високу водопоглинальну здатність, сповільнює процес черствіння, що в свою чергу,

дозволяє подовжити термін зберігання та забезпечити привабливий зовнішній вигляд готової продукції [109]. Дослідження показали, що високий показник водопоглинальної здатності КМЦ забезпечує стабільність її якості [37]. Окрім КМЦ, популярними є карагенан (E407) та його солі, агар (E406), низькоестерифіковані пектини (E440) та ін.

Стрімке зростання асортименту інноваційних продуктів харчування, в тому числі дієтичних, сприяє підвищенню попиту та постійного оновлення ринку структуроутворювачів.

Широкий спектр застосування в хлібопеченні отримали харчові волокна зі злаків, вторинної рослинної сировини та різних нетрадиційних джерел. Такий вибір покращувачів допомагає розширювати асортимент якісної та сучасної продукції.

Група науковців, на чолі з Sarope, виявили використання волокон кукурудзи та вівса у технології безклейковинного виробництва хлібобулочних виробів, що допомогло досягти підвищення якості та розширення асортименту безглютенової продукції. Хліб з додаванням до 100 г суміші з кукурудзяного крохмалю, рисового борошна і КМЦ, харчових волокон із кукурудзи (з розрахунку 9 г на 100 г) збільшувався в об'ємі на 21,8 % у порівнянні з контролем, але мав нижчу оцінку за органолептичними показниками, ніж хліб з додаванням 3 або 6 г / 100 г харчових волокон [67].

Аналіз огляду сучасної літератури дозволив виявити нові натуральні структуроутворювачі з поліпшеним механізмом дії у вигляді харчових цитрусових волокон та пектину з високою зв'язуючою здатністю, але не знайшли поки широкого застосування.

Цитрусові харчові волокна отримують шляхом висушування клітинних стінок цитрусових плодів, водного екстрагування або механічної обробки, не використовуючи при цьому хімічних реагентів. А цитрусовий пектин отримують з високоочищеного пектину з цитрусових вичавок [37].

Так, високі водоутримуючі, емульгуючі, стабілізуючі та структуроутворюючі властивості дають можливість застосовувати їх в якості стабілізатора консистенції, для зв'язування молекул води і надання запланованого зовнішнього вигляду,

структуру м'якушки і смак, а також підвищуючи харчову цінність [19]. Тому, розширення асортименту аглютенowego хліба та поліпшення його споживчих властивостей можливо досягти за рахунок використання в рецептурі сучасних натуральних структуроутворюючих компонентів нового покоління.

Висновки за розділом 1

1.1 Виробництво хлібних виробів з інноваційної сировини є актуальним та перспективним. Питання по збагаченню аглютенowych хлібобулочних виробів за рахунок внесення нетрадиційної рослинної сировини в умовах виробництва ресторанного господарства ще потребує вивчення.

1.2 Переважна більшість досліджень присвячена актуальному, але складному питанню поліпшення структури аглютенowych виробів. Логічним поясненням цього факту є збільшення випадків підтвердження захворювання целіакії, за рахунок поліпшення процесу діагностики даної хвороби. Крім того, невеликий асортимент якісної та безпечної харчової продукції для глютензалежних споживачів посилює зацікавленість науковців до удосконалення вже існуючих технологій аглютенowych продуктів.

1.3 Асортимент безглютенової продукції на сьогоднішній день в основному представлений борошняними кондитерськими, макаронними виробами та сумішами, тоді як асортимент готових хлібобулочних виробів дуже обмежений.

1.4 Перспективною сировиною для виробництва аглютенowego хліба є вівсяне толокно, яке сприятиме розширенню асортименту та підвищенню біологічної цінності безглютенових хлібних виробів. Використання вівсяного толокна надаватиме готовим виробам крім дієтичних ще й приємні смакові якості.

1.5 Шляхом аналізу літературних даних обумовлена актуальність та необхідність збагачення хлібобулочних виробів з вівсяного толокна перспективною сировиною – казеїном, що сприятиме покращенню структурно-механічних властивостей тіста з вівсяного толокна та підвищенню біологічної цінності готових виробів.

1.6 Розширення асортименту аглютенowego хліба та поліпшення його споживчих властивостей можливо досягти за рахунок використання в рецептурі

сучасних натуральних структуроутворюючих компонентів нового покоління, а саме глюкано-дельта-лактону.

1.7. Створення нових та удосконалення існуючих технологій хліба з використанням нетрадиційної сировини, забезпечать підвищення харчової, біологічної цінності, якості та споживчих властивостей готових виробів. Все це дозволить розширити асортимент аглютенових хлібних виробів.

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти досліджень

Всі види сировини, що застосовуються в дослідженнях, відповідали вимогам діючих нормативних документів: ДСТУ, ТУ, СанПіН та були дозволені для приготування хлібних виробів.

В якості основної та додаткової сировини в ході проведення лабораторних досліджень та виробничих випробувань використовували:

– толокно вівсяне торговельної марки (ТМ) «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД» згідно з ТУ У 15.6–13929625–001:2011 та толокно ТМ «Смак життя» згідно з чинними нормативними документами. Під торговою маркою «Козуб» на українському ринку представлено два продукти – «Толокно вівсяне» та «Толокно вівсяне органічне».

– борошно пшеничне вищого сорту ТМ «КиївМлин» (ГСТУ 46.004–99), в якості контрольного зразка;

– дріжджі сухі швидкодіючі (інстантні) дріжджі ТМ «Невада» за ТУ 9182-036-48975583-2010;

– сіль кухонну згідно з ДСТУ 3583:2015;

– воду питну, яка відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10;

– маргарин столовий «Вершковий київський» ТМ «Olkom» за ДСТУ 4465:2005;

– сухе молоко знежирене ТМ «Сто пудов» згідно з ТУ У 82.9.-31641954–003:2013;

– цукор білий кристалічний ТМ «Хуторок» за ДСТУ 4623:2006.

В якості структуроутворювачів у безглютеновому тісті використовували:

– казеїн міцелярний ТОВ «УКРМОЛПРОДУКТ» згідно з ДСТУ 4639:2006, який отримують коагуляцією білків знежиреного коров'ячого молока під дією молочної чи соляної кислот, або ж за допомогою молокозсідальних ферментних препаратів або пепсинів. Для наших досліджень використовували харчовий казеїн у вигляді білого амфотерного порошку без смаку та запаху, хімічно чистий, безпечний для

організму людини; – глюкано-дельта-лактон ТОВ «ХІМПРОДУКТ ТД», виробництво якого здійснюється шляхом прямої кристалізації з водного розчину глюканової кислоти, яку отримують ферментативним окисленням глюкози. Про безпечність виробництва якого свідчить наявний на офіційному сайті сертифікат якості [194].

2.2 Постановка експерименту

Експериментальні дослідження проводилися на базі лабораторій кафедр готельно-ресторанної справи; технологій ресторанної і аюрведичної продукції; хлібопекарських і кондитерських виробів; зберігання і переробки зерна; харчової хімії НУХТ, а також у лабораторіях кафедр молекулярної фізики та неорганічної хімії Національного університету ім. Т. Г. Шевченка; Державного центру сертифікації і експертизи сільськогосподарської продукції; Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України; Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАН України; Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України. Виробничі випробування проведено в умовах ЗРГ м. Києва: ТОВ «Хлібний», ТОВ «Фантезі 2017».

План теоретичних, експериментальних та практичних робіт з обґрунтування та розроблення технології хліба підвищеної біологічної цінності показано на рис. 2.1.

Основним об'єктом досліджень був хліб безглютеновий, отриманий в результаті використання представлених вище сировинних інгредієнтів.

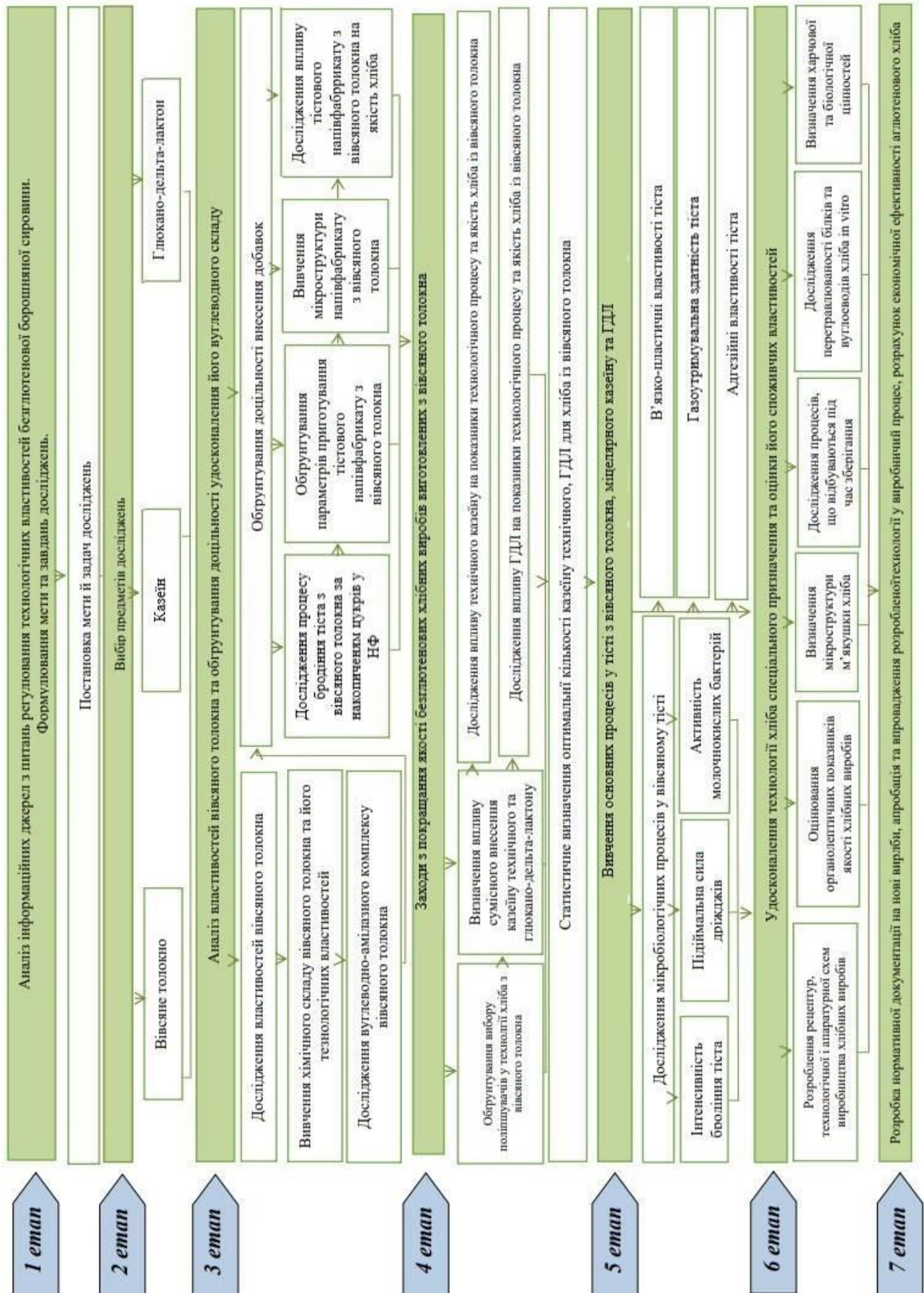


Рис. 2.1 План теоретичних та експериментальних досліджень

2.3 Методи досліджень

2.3.1 Методи дослідження якості сировини

Аналіз сировини проводився за показниками, необхідним для проведення експериментів. Відбір і підготовку проб сировини, що застосовується в рецептурі безглютенових хлібних виробів, для лабораторних досліджень проводили згідно єдиної методики вивчення харчових продуктів за ДСТУ ISO 13690:2003. Дослідні та контрольні зразки готували з однієї партії сировини.

Якість основної сировини оцінювали за фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Визначення масової частки вологи в борошняній сировині проводили методом прискореного висушування у сушильній шафі СЕШ-1 [104]. Загальну (титровану) кислотність визначали методом титрування суспензії (бовтанки) за ГОСТ 27493–87 [95]. Визначення активної кислотності здійснювали вимірюванням значення рН за допомогою лабораторного рН-метру-іономіру «Експерт-001» [104].

Крупність толокна визначали методом розсіювання через систему сит з капронової та поліамідної тканин за ГОСТ 27560–87 на лабораторному розсійнику РЛУ-1 [98].

Вміст білка в сировині визначали методом К'ельдаля, який є арбітражним методом визначення білка, включає в себе кілька основних етапів: пробопідготовку, мінералізацію, дистиляцію і титрування [104]. А вміст окремих амінокислот – методом іонообмінної рідинної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 [128].

Загальну кількість вуглеводів та водорозчинних вуглеводів (моно- і дисахаридів) у толокні вівсяному визначали поляриметричним методом Н. А. Архиповича, наведеним у [146]. Вміст крохмалю в об'ємі досліджень визначали як різницю між загальною кількістю вуглеводів і вмістом водорозчинних вуглеводів, помножену на 0,9 - коефіцієнт перерахунку кількості глюкози на крохмаль [104]. Зольність толокна визначали за класичною методикою за допомогою муфельної печі. Сутність визначення полягає в спалюванні наважки подрібненої сировини з подальшим кількісним визначенням неспалюваного залишку [104]. Визначення

вмісту жиру проводили рефрактометричним методом [104]. Дослідження загальної кількості харчових волокон (розчинних і нерозчинних) здійснювали ферментативним методом [109].

Водопоглинальну здатність (ВПЗ) толокна оцінювали за коефіцієнтом водопоглинання, який визначали як співвідношення маси наважки сировини після зволоження, який визначали як співвідношення маси наважки сировини після зволоження до її початкового значення за методикою, яка наведена в [109].

Зважаючи на хімічний склад досліджуваного борошна, постала необхідність визначити його вологоутримувальну здатність, що є важливою технологічною властивістю сировини від якої залежить вологість тіста, його реологічні властивості. Вологоутримувальну здатність аглютенної сировини визначали методом центрифугування.

Для визначення вологоутримувальної здатності (ВУЗ) наважку толокна масою 1 г розміщували у попередньо зважену центрифугувальну пробірку, додавали 10 см³ води та розміщували протягом 1 хв. Суміш залишали в термосі за температури 40 °C на 30 хв для перебігу колоїдних процесів, після чого її центрифугували протягом 15 хв зі швидкістю 4000 об/хв. Неадсорбовану воду зливали, пробірку встановлювали в нахиленому положенні на 10 хв для видалення залишків рідини та зважували [109]. ВУЗ, %, розраховували за формулою:

$$ВУЗ = \frac{(m_{ц.п.}^2 - m_{ц.п.}^1)}{m_H} \times 100, \quad (2.1)$$

де $m_{ц.п.}^1$ – маса центрифугувальної пробірки з толокном до додавання води та $m_{ц.п.}^2$ – після зливу води, г; m_H – маса наважки, г.

Жирозв'язувальну здатність (ЖЗЗ) толокна визначали за такою методикою: у центрифугувальну пробірку вносили наважку продукту масою 2 г і 10 мл соняшникової олії. Отриману суспензію витримували в термостаті за температури 20 °C протягом 30 хв, періодично перемішуючи. Після цього суміш центрифугували протягом 15 хв при 9000 об/хв та вимірювали об'єм надосадової рідини. ЖЗЗ, мл/г, розраховували за формулою:

$$ЖЗЗ = \frac{10 - a}{2}, \quad (2.1)$$

де a – об'єм суспензії, мл; 10 – кількість внесеної олії, мл; 2 – маса наважки, г.

Автолітичну активність толокна оцінювали за числом падіння та його активністю за методом автолітичної проби. Визначення числа падіння толокна проводили методом Хагберга-Пертена за ДСТУ ISO 3093:2009 [118] на приладі ПЧП-3. Метод автолітичної проби полягав у накопиченні водорозчинних речовин у водно-борошняній суспензії при прогріванні в киплячій водяній бані, кількість яких встановлювали на рефрактометрі [109].

Цукроутворювальну здатність толокна визначали, спираючись на відому методику, яка представлена в джерелі [109]. Дослідження газоутворювальної здатності здійснювали волюмометричним методом на приладі АГ-1 [109].

2.3.2 Методи дослідження якості напівфабрикатів

Напівфабрикатом в дослідженнях було тісто для аглютенowego хліба. Визначення фізико-хімічних показників напівфабрикатів проводилось відповідно до загальноприйнятих методик.

Для дослідження показників технологічного процесу та змін, які відбуваються в процесі приготування тіста з вівсяного толокна та готового хліба, проводили пробні лабораторні випікання.

Тісто замішували безопарним способом, в тістомісильній машині періодичної дії марки Electrolux протягом 30 хв з частотою обертання місильного органу 1 с^{-1} . Тістові заготовки формували вручну та укладали у форми для випікання. Напівфабрикати піддавали бродінню в формах у вистійній шафі марки UNOX протягом 30–50 хв за відносної вологості повітря 75–80 % та температури 30...32 °С. Тістові заготовки випікали в пароконвекційній печі UNOX при температурі 190...200 °С. Особливості приготування тіста та хліба наведені у відповідних розділах роботи.

Вологість напівфабрикатів визначали експрес-методом висушування на приладі Чижової [109]. Визначення вмісту цукрів проводили методом Шорля (йодометричний напівмікрометод), перевага якого полягає у простоті, високій точності визначення та можливості встановлення вмісту цукру в досить широких межах концентрації (від 0,3 до 88,2 мг в 30 см³ розчину) [109].

Аналіз загального та фракційного вмісту декстринів у напівфабрикатах та готових виробів проводили за їх здатністю осаджуватися при різних концентраціях етилового спирту в розчині [109]. Для цього спочатку інактивували амілолітичні ферменти 96%-м C₂H₅OH на киплячій водяній бані до повного випаровування спирту. Наступним етапом було вилучення з наважки водорозчинних вуглеводів водою. Наважку кількісно переносили в мірну колбу на 100 см³, настоювали 1 год доводили до мітки водою та фільтрували. Цукри, які містилися в розчині, видаляли зброджуванням хлібопекарськими пресованими дріжджами за температури 25 °С. При цьому у витяжці зброджувалися глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза, а декстрини та пентози залишалися. Для визначення вмісту декстринів відбирали 3 порції по 30 см³, в яких проводили їх осадження етиловим спиртом концентраціями: 1–40% (амілодекстрини), 2–65% (аміло- та еритродекстрини), 3 – без додавання спирту (аміло-, уритро-, ахро- та мальтодекстрини). Після чого розчиняли декстрини водою та гідролізували 20 % HCl до глюкози протягом 3 год на киплячій водяній бані. Масову частку глюкози в гідролізаті декстринів визначали методом Вільштеттера і Шудля, після чого за методикою [109] проводили перерахунок на вміст декстринів.

Інтенсивність спиртового бродіння в тісті оцінювали за показником газоутворювальної здатності, який визначали за кількістю CO₂, що виділився в процесі бродіння тіста волюмометричним методом на приладі АГ-1М [104].

Зміну загальної (титрованої) кислотності тіста визначали при його бродінні через кожні 15 хв титруванням 0,1 моль/дм³ розчином NaOH 5 г тістового напівфабрикату, розтертого з 50 см³ води, в присутності 1 % спиртового розчину фенолфталеїну до рожевого забарвлення [104].

Активну кислотність визначали за допомогою лабораторного рН-метру-іоміру «Експерт-001» зануренням електродів (хлор-срібного та скляного) у підготовлену пробу тістового напівфабрикату [104].

Газоутримувальну здатність тіста оцінювали непрямим методом за зміною питомого об'єму зразків у мірному циліндрі на 250 см³ в термостаті за температури 30 °С від початку бродіння до моменту опадання тіста.

Визначення підйимальної сили дріжджів проводили стандартним методом, який полягає у визначенні тривалості підймання тіста, приготовленого за повною рецептурою, в умовах термостату та характеризували часом з моменту внесення тіста в форму до його дотику з перекладаиною, тобто, підйом на висоту 70 мм [104].

Активність молочнокислих бактерій у тісті визначали за часом, який необхідний для зникнення блакитного забарвлення зразків у присутності метилового синього, як індикатора [109].

Вміст летких кислот у тістових напівфабрикатах проводили за допомогою напівмікрометоду ВНДІХП, нелетких кислот - за методикою М.І. Княгинічева та Г.А. Дерновської-Зеленцової [109].

Структурно-механічні властивості тіста визначали з використанням пенетрометра АП-4/1 та за зміною питомого об'єму 50 г тіста, що розміщували в циліндрі місткістю 250 см³ до початку опадання тістового напівфабрикату.

В'язко-пластичні властивості тіста оцінювали за зміною діаметра кульки тіста (розпливання) масою 100 г за температури 30 °С під час його ферментації [109], а також за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2» з розширеним діапазоном швидкостей обертання ротора з використанням циліндру S₂ і режиму роботи А₁ [109].

Для характеристики зміни в'язкості модельних тістових систем при дозріванні визначали ступінь розрідження (K_p), %, за формулою:

$$K_p = (1 - \eta_n / \eta_k) * 100, \quad (2.3)$$

де η_n - в'язкість системи після замішування та η_k - вкінці бродіння [104].

Адгезійні властивості тіста визначали на структурометрі СТ-1 [109].

ІЧ-спектрометрію тіста здійснювали за допомогою приладу Nexus-475 фірми Nicolet (Франція) в діапазоні хвильових чисел $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ при роздільній здатності 4 см^{-1} . Дослідні зразки тіста перетирали з KBr, розміщували у спеціальну прес-форму та стискали до утворення тонкої таблетки. Отриману пробу завантажували в кюветне відділення та реєстрували спектри, після чого проводили їх ідентифікацію. Дослідження мікроструктури напівфабрикатів та готових виробів проводили за допомогою електронного скануючого мікроскопу JSM-6060LA. Динаміку зміни редукувальних цукрів у тісті визначали за допомогою йодометричного напівмікрометоду [109].

Якість напівфабрикату (тіста) досліджували за показниками вологості, кислотності, приросту біомаси МКБ та вмістом масової частки органічних (молочної та оцтової) кислот.

2.3.3 Методи дослідження якості готових виробів

Якість безглютенового хліба оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Органолептичні показники хліба (зовнішній вигляд, колір і стан скоринки, його форму, стан м'якушки по пористості, еластичності, смак і запах) визначали за ДСТУ-П 8536:2015 [120]. Для бального оцінювання якості виробів застосовували метод експертних оцінок [120].

До фізико-хімічних показників відносяться вологість м'якушки, титрована кислотність (ДСТУ 7045:2009 [116]), пористість.

Більш повну оцінку якості хліба визначали за допомогою додаткових показників, непередбачених стандартами: питомий об'єм, ступінь деформації м'якушки, вміст ароматичних речовин, форми зв'язку вологи, перетравлюваність білкових речовин та вуглеводів. Фізико-хімічні показники безглютенового хліба визначали в лабораторних та виробничих умовах не пізніше, ніж через 3 години після випікання.

Визначення вологості м'якушки проводили шляхом висушування подрібненої м'якушки в електросушильній шафі, висловлювали у відсотках.

Кислотність готових виробів визначали арбітражним методом: титрували розчином NaOH в присутності фенолфталеїну, висловлювали в градусах [104].

Пористість хліба визначали за допомогою приладу Журавльова [109]. Густина безпористої маси для аглютенowego хліба проводили шляхом формування виїмки за допомогою приладу Журавльова, з подальшим щільним здавлюванням виїмки дерев'яним поршнем у циліндрі приладу для видалення пор. Далі одержану виїмку зважували та встановлювали її висоту. Густина безпористої маси, г/см³, розраховували за формулою:

$$\rho = m / \pi * r^2 * h, \quad (2.4)$$

де m – маса виїмки, г; r – радіус виїмки, см; h – висота виїмки, см.

Питомий об'єм встановлювали як відношення об'єму, який займають вироби, до їх маси (см³/г). Упік розраховували як різницю між вагою тіста та гарячого хліба, виражали у відсотках до маси тіста. Усихання визначали як різницю між гарячим та остиглим хлібом, прирівняну до маси гарячого хліба у відсотках.

Вміст ароматичних речовин у м'якушці та скоринці хліба визначали методом Р. Р. Токаревої і В. А. Кретовича, який базується на зв'язуванні карбонільних сполук бісульфітом натрію [116].

Ступінь деформації м'якушки аглютенowego хліба визначали на автоматизованому пенетнометрі АР-4/1 [109]. Для дослідження крихкуватості та гідрофільних властивостей м'якушки хліба застосовували методики [109].

Перетравлюваність білкових речовин безглютенowego хліба визначали за інтенсивністю їх гідролізу ферментними препаратами пепсину та трипсину в умовах *in vitro* за методикою О. О. Покровського та І. Д. Єртанова ступінь атакованості білків ферментами оцінювали за накопиченням вільних амінокислот, кількість яких визначали методом формального титрування [155].

Перетравлюваність вуглеводів хліба оцінювали за кількістю утворених під час їх гідролізу ферментами шлунково-кишкового тракту людини редукуючих цукрів за стандартною методикою, представленою в [155]. Гідроліз здійснювали в умовах *in vitro* з використанням комплексного ферментного препарату «Панзинорм».

Для аналізу харчової та біологічної цінності виробів визначали їх інтегральний та амінокислотний скори [109], розрахунок яких проводили на основі інгредієнтного складу хліба.

Вихід готових виробів визначали як відношення маси охолоджених виробів до маси борошна, витраченого на вироблення виробів, виражали у відсотках.

Комплексну оцінку якості виробів проводили із застосуванням методів кваліметрії [104]. Для знаходження коефіцієнтів вагомості застосовували експертний метод. Комплексну оцінку якості [104] проведено через визначення середньоарифметичного показника:

$$K_0 = \sum M_i (m_i \cdot q_i), \quad (2.5)$$

де K_0 – комплексний показник якості; M_i – міжгрупові коефіцієнти вагомості; m_i – внутрішньо-групові коефіцієнти вагомості окремих показників якості; q_i – відносні показники якості.

Переведення абсолютних показників якості у відносні здійснювали з використанням кривої бажаності Харінгтона та вказаними інтервалам показників якості готових виробів.

Масову частку цукру та жиру в готових хлібобулочних výroбах визначали розрахунковим методом за таблицями хімічного складу харчових продуктів [109].

2.4 Методика розрахунку основних показників харчової цінності виробів

Харчова, енергетична та біологічна цінність продуктів залежать від їх хімічного складу. При розробці та впровадженні нових видів хлібних виробів потрібно знати склад продуктів харчування та методи розрахунку харчової і біологічної цінностей.

Розрахунок харчової цінності проводять відповідно до державних стандартів, ДСТУ, довідників, ТП, ТУ та ін.

Енергетична цінність характеризує частку енергії, яка може вивільнитися з основних природних компонентів харчового продукту під час біологічного окислювання і використана для забезпечення фізіологічних функцій організму, кДж або ккал (калорійність).

Енергетичну цінність 100 г хлібного виробу розраховують за формулою :

$$EЦ^{100} = \sum_{i=1}^n \frac{EЦ_i \times G_i}{100} , \quad (2.6)$$

де $EЦ^{100}$ – енергетична цінність 100 г хлібного виробу, ккал; $EЦ_i$ – енергетична цінність (i – вид сировини), ккал, кожного виду сировини – за нормативними документами на сировину або довідковими даними; G_i – витрати кожного виду сировини, г , для виготовлення 100 г виробу (i – вид сировини).

За національним стандартом ДСТУ 4518:2008 (п. 5.15.1), енергетичну цінність хлібних виробів у маркуванні зазначають у ккал і в кДж (за міжнародною системою СИ), беручи до уваги, що 1 ккал дорівнює 4,184 кДж.

Енергетичну цінність хлібних виробів можна також визначити з використанням загальноприйнятих у світовій практиці коефіцієнтів (за методичними документами). Розраховують за формулою

$$EЦ^{100} = G_{\text{б}}^{100} \times 4,0 + G_{\text{ж}}^{100} \times 9,0 + G_{\text{мдс}}^{100} \times 3,8 + G_{\text{кр}}^{100} \times 4,1 , \quad (2.7)$$

де $EЦ^{100}$ – енергетична цінність 100 г виробу, ккал; $G_{\text{б}}^{100}$, $G_{\text{ж}}^{100}$, $G_{\text{мдс}}^{100}$, $G_{\text{кр}}^{100}$ – визначена загальна кількість білків, жирів, моно- і дисахаридів, крохмалю в й100 г виробу, г.

Склад та енергетична цінність продуктів з нової нетрадиційної сировини повинні бути приведені в нормативній документації - технічних умовах (ТУ) або технологічній інструкції (ТІ).

Доступний спосіб розрахунку амінокислотного скору $AC_i, \%$, - це розрахунок відношення кількості кожної незамінної амінокислоти в досліджуваному білку до кількості цієї амінокислоти в «ідеальному» («еталонному») білку:

$$AC_i = (Ak_i / Ak_c) * 100, \quad (2.8)$$

де Ak_i - вміст незамінної амінокислоти в 1 г досліджуваного білка, мг;

Ak_c - вміст тієї ж амінокислоти в 1г «ідеального» білка, мг;

100 - коефіцієнт перерахунку, %.

Амінокислотний аналіз готових виробів проводили за стандартними методиками [42-43].

Коефіцієнт відмінності амінокислотного скору $KBAC, \%$,

$$KBAC = \Sigma \Delta PAC / n, \quad (2.9)$$

де n - кількість незамінних амінокислот;

ΔPAC - різниця i -ої амінокислоти та першої лімітуючої амінокислоти.

$$\Delta PAC = AC_i - AC_{min}, \quad (2.10)$$

де AC_i - скор i -ої амінокислоти, %, ($i = 1 \div 8$)

AC_{min} - скор першої лімітуючої амінокислоти, %.

Біологічна цінність білка $БЦ$, %,

$$БЦ = 100 - KBAC, \quad (2.11)$$

2.5 Методи обробки експериментальних даних

У роботі застосовували центральне композиційне планування. Статистичну обробку експериментальних даних проводили шляхом застосування критерію Стюдента (для визначення значущості коефіцієнтів рівнянь регресії), Кохрена (для оцінки відтворюваності дослідів) та Фішера (для перевірки адекватності рівнянь регресії). При цьому кожену серію експериментальних досліджень проводили у триразовій повторюваності з розрахунком їх середнього значення, отримані дані обробляли в програмі «STATISTIKA 6.0» з побудовою квадратичної регресійної залежності для трифакторного експерименту.

Пошук параметрів екстремуму функції багатофакторного експерименту проводили методом Бокса-Уілсона у програмі «крутого сходження» [192].

Статистичну обробку та побудова графіків за результатами досліджень оцінки якості хліба реалізовано засобами пакету прикладних програм Microsoft Office (США), а саме MS Word, MS Excel, MS Power Point.

Апроксимацію емпіричних даних проводили за допомогою програмного забезпечення MathCAD і пакета електронних таблиць MS Excel.

Графічну візуалізацію удосконаленої технології безглютенового хліба у вигляді апаратурно-технологічної схеми виробництва здійснювали за допомогою системи автоматизованого проектування AutoCad 2018 фірми Autodesk.

Статистичну обробку результатів проводили загальноприйнятим методом з визначенням середньоарифметичного $\bar{X}_i$, середньоквадратичного відхилення окремого результату S та середньоквадратичного відхилення середньоарифметичного S_i . Точність вимірів визначали з надійністю $p \geq 0,95$.

Визначення оптимальних дозувань інгредієнтів для покращення показників якості безглютенового хліба здійснювали з використанням методології експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ), а саме планування багатфакторного експерименту із взаємозалежними змінними (розв'язування задач типу «технологія -властивість») [192].

Висновки за розділом 2

В даному розділі представлено схему проведення досліджень, обґрунтовані та підібрані ефективні методики визначення такі, як жирутримувальна здатність, амінокислотний склад, біологічна цінність, кваліметрична оцінка якості, енергетична цінність, метод математичного моделювання, які забезпечують точність та підтверджують достовірність проведення експериментів.

1. Визначено та охарактеризовано об'єкт, предмет, матеріали дослідження.

2. Розроблено план необхідних досліджень, що сприятиме більш ґрунтовному та ефективному аналізу при розробленні хліба спеціального призначення.

Підібрано стандартні та спеціальні методики досліджень для експериментального визначення технологічних властивостей, хімічного складу сировини, показників якості напівфабрикатів та готової продукції, встановлення оптимальної кількості рецептурних компонентів та технологічних режимів, з подальшим визначенням їх впливу на властивості безглютенових виробів.

Обрано методи здійснення оптимізації технологічних режимів виробництва аглютенового хліба.

РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВІВСЯНОГО ТОЛОКНА В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Споживчі та фізіологічні властивості сировини, перебіг технологічного процесу та якість готових виробів безпосередньо залежить від хімічного складу сировини. Тому, задля підтвердження доцільності використання вівсяного толокна як основної сировини в технології безглютенового хліба постає необхідність дослідження його хімічного складу та технологічних властивостей.

3.1 Дослідження технологічних властивостей вівсяного толокна як сировини для безглютенового хліба

Встановлено, що технологічні особливості рецептурних інгредієнтів впливають не тільки на параметри процесів виробництва, а й формують подальші якісні показники напівфабрикатів та готової продукції [158-160].

Провівши моніторинг вітчизняного ринку, для дослідження обрано толокно вівсяне ТМ «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД» і толокно ТМ «Смак життя». Під торговельною маркою «Козуб» на українському ринку представлено два продукти – «Толокно вівсяне» та «Толокно вівсяне органічне». Усі досліджувані зразки промислового виробництва виготовлені згідно з чинними стандартами [95-99, 118]. Це перспективна сировина для підвищення функціонально-технологічних показників й біологічної цінності хлібних виробів, до того ж вона майже не використовується українськими виробниками, хоча має унікальний хімічний склад. Для вівсяного толокна характерні свої специфічні особливості хімічного складу, які відрізняються від пшеничного борошна, традиційно використовуваного для виробництва хлібних виробів, що, вірогідно, відобразиться на технологічних властивостях тіста і готовій продукції.

Склад досліджуваних видів толокна характеризували за вмістом окремих складових полісахаридного комплексу (крохмалю, моно-, дисахаридів, харчових волокон), а також за вмістом білків, жирів, золи, а також порівнювали з борошном пшеничним вищого сорту (табл. 3.1).

Відібрані види толокна мають у своєму складі цінні компоненти: білки (11,9-14,34 %); харчові волокна 2,4-4,2 %; мінеральні речовини та вітаміни, вміст яких перевищує багатократно їх кількість у пшеничному борошні.

За результатами оцінки органолептичних показників обраних зразків визначено, що всі дослідні зразки відповідають встановленим вимогам: відсутні сторонні запахи, наявний приємний аромат; колір притаманний природі зерна - від світло-коричневого до бежевого; механічні домішки відсутні; всі зразки мають рівномірний ступінь подрібнення. Всі перераховані показники підтверджують доцільності проведення подальших досліджень.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад вівсяного толокна та пшеничного борошна вищого сорту

Складові	Вид борошняної сировини			
	Вівсяне толокно органічне ТМ «Козуб»	Вівсяне толокно ТМ «Козуб»	Вівсяне толокно ТМ «Смак життя»	Пшеничне борошно вищого сорту
Вода, %	8,2± 0,1	8,4± 0,1	8,5± 0,1	14,0± 0,1
Білки, %	14,34± 0,1	11,9± 0,1	12,2± 0,1	10,3± 0,1
Жири, %	6,11± 0,05	6,2± 0,05	5,8± 0,05	1,1± 0,05
Вуглеводи, у т. ч.	65,7	65,7	68,3	71,1
моно- і дисахариди	1,9± 0,05	1,9± 0,05	1,8± 0,05	1,6± 0,05
крохмаль	62,9± 1,0	62,9± 1,0	65,4± 1,0	68,5± 1,0
Харчові волокна, %	5,3± 0,1	5,3± 0,1	4,8± 0,1	3,5± 0,1
Зола, %	1,8± 0,02	1,8± 0,02	1,1± 0,02	0,6± 0,02
Енергетична цінність, ккал	375	345	357	336

Кількість крохмалю у вівсяному толокні ТМ «Козуб» та ТМ «Смак життя» є меншою в порівнянні із пшеничним борошном. Така відмінність, очевидно, пов'язана з технологією виробництва толокна – після очищення відбувається замочування зерна протягом 2 год водою, температура якої становить 35 °С. Потім у варильному апараті при тиску пари 0,15...0,20 МПа овес витримують протягом 1,5...2,0 год, після чого висушують у парових сушарках до вологості 5...6 %. Після сушіння та охолодження зерно переробляють за схемою, аналогічною схемі отримання звичайної крупи.

Вважається, що за таких умов активізуються ферменти зерна вівса, завдяки чому утворюються цукри та декстрини, водорозчинні білки й амінокислоти.

Отже, під час виробництва толокна відбувається гідроліз крохмалю, перетворюючи його на декстрини та цукри, які легко засвоюються організмом. Тому толокно використовується як продукт дієтичного харчування.

За результатами порівняльної оцінки вуглеводного складу толокна всіх виробників, встановлено, що вівсяне толокно ТМ «Козуб» містить менше крохмалю та відносно більшу кількість клітковини, моно- і дисахаридів та золи. Це зумовлено технологією помелу, при якій залишається поживна насіннева оболонка вівса. Так, вміст харчових волокон перевищує їх кількість у толокні, що, очевидно, матиме значний вплив на його вологопоглинальну здатність (ВПЗ).

Відомо, що суттєвий вплив на процес тістоутворення та формування структури хлібних виробів має ступінь подрібнення зерна. Вид дисперсності борошняної сировини залежить швидкість набухання частинок, їх ВПЗ та структурно-механічні властивості цільового продукту [122]. Так, з підвищенням ступеня подрібнення сировини збільшується поверхня контакту її з водою, внаслідок чого зростає активність перебігу фізико-хімічних та інших процесів, і в першу чергу, ВПЗ і податливість біополімерів борошна дії ферментів. Зважаючи на це, вирішено визначити гранулометричний склад вівсяного толокна. Досліджувані показники порівнювали з відповідними показниками борошна пшеничного вищого сорту, адже фахівці [138] встановили, що для забезпечення високої якості хліба з аглютенової сировини доцільним є імітування структурно-механічних властивостей тіста з орієнтацією на технологічні властивості борошна пшениці.

Крупність помелу досліджували шляхом просіювання вівсяного толокна на ситах певного розміру, результати визначень представлені у вигляді табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Гранулометричний склад вівсяного толокна, %
 $n = 3, p \geq 0,95$

Розмір фракції, мкм	ТМ «Смак життя» Толокно вівсяне	ТМ «Козуб» Толокно вівсяне органічне	ТМ «Козуб» Толокно вівсяне
Менше 99	57,86	60,4	60,52
100-114	25,54	23,64	23,58
115-142	19,44	15,8	15,74

Встановили, що кількість фракції для вівсяного толокна ТМ «Смак життя» розміром 99 мкм становить – 57,86%, 114 мкм – 25,54 %, 142 мкм – 19,44 %. З огляду на ці розміри результати показника крупності для вівсяного толокна ТМ «Козуб» матимуть вигляд – 60,52%, 23,58% та 15,74% відповідно. Розсіювання вівсяного толокна органічного на системі сит дало такі показники – 60,4%, 23,64% та 15,8%. Таких частинок лише 41,0 %, тоді як переважають у ньому частинки розміром понад 142 мкм (55 %), що негативно впливатиме на показники якості готового продукту.

Інтенсивність набухання біополімерів борошняної сировини під час її замішування з водою, утворення тіста, і як наслідок, формування показників якості готових виробів та їх заміна при зберіганні багато в чому визначаються такими технологічними властивостями борошна як волого-, жирозв'язувальна, водопоглинальна здатність.

Показник водопоглинальної здатності (ВПЗ) борошна залежить від вмісту полімерів, здатних до набухання – білків, крохмалю, пентозанів, клітковини, а також їх стану та величини площі поверхні адсорбування вологи. Тому, зважаючи на хімічний та гранулометричний склад досліджуваних зразків вівсяного толокна, постала необхідність визначити його ВПЗ.

У хлібопекарській промисловості ВПЗ визначають за допомогою фаринографа. Застосовувати таку методику для дослідження аглютененої сировини вважають недоцільним. Через утворення нелінійних зв'язків у поліпептидних ланцюгах цих культур, які характеризуються тривимірною розгалуженою структурою, тісто не є еластичним, а фаринограма тіста з безглютенового борошна не має характерної форми і не досягає показника консистенції приладу 500 одиниць [181]. Тому, ВПЗ вівсяного толокна визначали за коефіцієнтом водопоглинання ($K_{ВПЗ}$). Дані досліджень представлені на рис. 3.1.

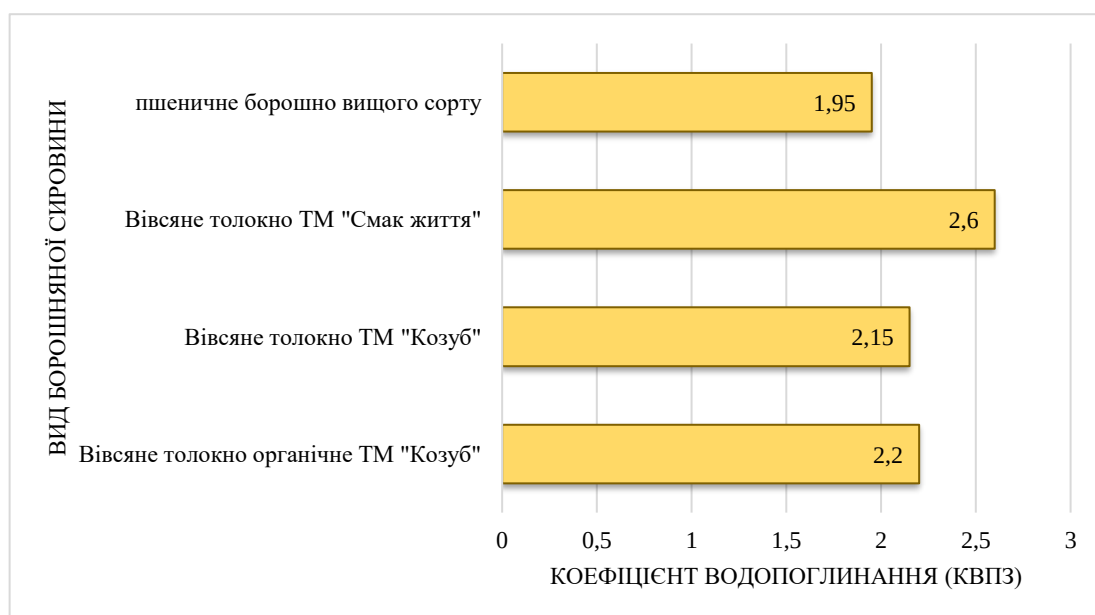


Рис.3.1 – Порівняльна характеристика водопоглинальної здатності сировини

Біополімери борошна пшеничного вищого сорту та вівсяного толокна при взаємодії з молекулами води проявляють себе по-різному, що багато в чому визначається структурною і фракційним складом білка, властивостями крохмальних зерен, здатних в малих концентраціях поглинати велику кількість рідини [180]. Як відомо, в пшеничному борошні за функцію водопоглинання відповідають в основному білкові речовини такі як, гліадин і глюєнін, та крохмаль [182].

З рис.3.2 встановлено, що зразки вівсяного толокна мають на 11,1–13,4 % більший показник ВПЗ порівняно з пшеничним борошном вищого сорту. Отримані дані можна пояснити розміри крохмальних зерен вівса, які практично удвічі менші за пшеничні [138], внаслідок чого збільшується питома поверхня контакту з водою та, відповідно, кількість поглинутої вологи, а також більшим ступенем дисперсності толокна.

Також вищий показник ВПЗ зумовлений вмістом у толокні нерозчинних харчових волокон, які мають систему надтонких мікроскопічних капілярів, що забезпечує всмоктування всередину них великої кількості вологи.

На рівні з водопоглинальною здатністю до ключових технологічних властивостей сировини відносять вологоутримувальну здатність (ВУЗ), яка характеризує стійкість вологи за технологічного оброблення (перемішування,

випікання) [180]. Вологоутримування – це здатність зв'язувати вологу, що не піддається видаленню центрифугуванням. На рис. 3.2 наведені дані щодо визначення ВУЗ досліджуваних зразків толокна.

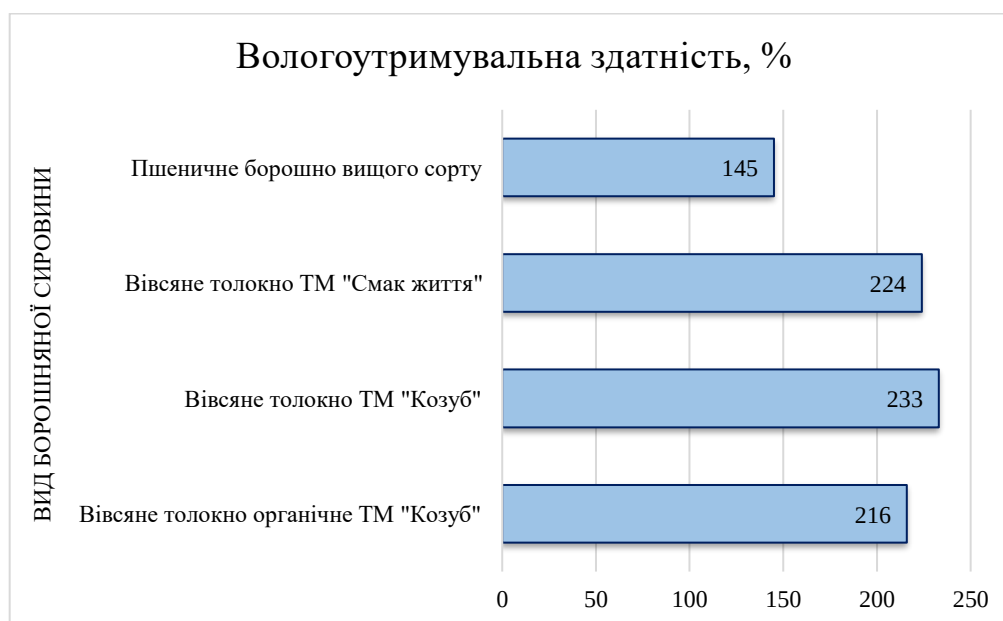


Рис.3.2 – Порівняльна характеристика вологоутримувальної здатності сировини

З рис. 3.3 можна зробити висновок, що показник ВУЗ досліджуваних зразків толокна змінюється в залежності від вмісту в них полісахаридів, зокрема крохмалю та харчових волокон. Підвищення показника ВУЗ для вівсяного толокна корелює зі збільшенням вмісту крохмалю в досліджуваній сировині, зерна якого внаслідок гідратації та набухання здатні адсорбційно зв'язувати значну кількість молекул води. З наукових даних відомо, що крохмаль ендосперму зернівки вівса утворює щільні асоціати з білком, внаслідок чого процес адсорбційного поглинання вологи частинками вівсяного толокна погіршується [138]. Проте, беручи до уваги зменшені розміри крохмальних зерен толокна вівсяного та більший ступінь дисперсності, дана обставина не призводить до погіршення ВУЗ.

Аналіз отриманих результатів визначення ВПЗ та ВУЗ зразків вівсяного толокна показує доцільність збільшення розрахункової вологості тіста для забезпечення його необхідної консистенції.

Так як, для виробництва хлібних виробів використовується жировмісна сировина, виникає необхідність дослідження жирозв'язувальної здатності (ЖЗЗ) вівсяного толокна. Результати визначення сформовані у вигляді табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Жирозв'язувальна здатність борошняної сировини $n = 3, p \geq 0,95$

Вид борошняної сировини	Жирозв'язувальна здатність, мл/г
Вівсяне толокно органічне ТМ «Козуб»	1,13 ... 1,14
Вівсяне толокно ТМ «Козуб»	1,10 ... 1,15
Вівсяне толокно ТМ «Смак життя»	1,13 ... 1,16
Пшеничне борошно вищого сорту	0,95 ... 1,00

Результати досліджень показали, що ЖЗЗ вівсяного толокна ТМ «Козуб» та ТМ «Смак життя» на 12...15% вища у порівнянні з пшеничним борошном вищого сорту. З літературних даних відомо, що вплив на формування ЖЗЗ борошняної сировини чинять білкові речовини. ЖЗЗ білків зумовлена наявністю гідрофобних груп, що вступають у взаємодію з ліпідами з утворенням ліпопротеїдів за рахунок нековалентних зв'язків. Дослідження хімічного складу вівсяного толокна підтверджують дані міркування, адже дана сировина характеризується більшим вмістом білкових речовин (табл. 3.8), які відповідно мають відмінний фракційний склад від пшеничного борошна. Білкові речовини вівса складають 87–90 %, а небілкові – 10–13 % від суми азотистих сполук. Вміст білків у півчастих сортів – 9,6–19,8 %, у голозерних – від 14,8–21,0 %. Білковий комплекс вівса складається з альбумінів, глобулінів, проламінів. Окремі групи білків не лише розрізняються за фізико-хімічними властивостями, але і характеризуються певним амінокислотним складом. Переважаючою фракцією у нього є глобуліни і проламіни. За вмістом окремих амінокислот білки вівса помітно відрізняються від білків пшениці та ячменю. Для білків голозерного вівса в порівнянні з білками пшениці й ячменю характерний підвищений вміст аргініну і незамінної амінокислоти лізіну.

Крім вищезазначеного, ЖЗЗ може обумовлюватись явищем адсорбції поверхнею частинок борошняної сировини. Тому кращу ЖЗЗ вівсяного толокна у порівнянні з пшеничним можна пояснити його гранулометричним складом, дослідження якого показало, що дана сировина характеризується більшою дисперсністю (табл. 3.9). Так, найвищий показник ЖЗЗ має толокно вівсяне ТМ «Смак життя», оскільки містить найбільшу кількість дрібних гранул.

Важливим показником, який не зазначається в нормативній документації, але має велике значення в хлібопеченні, являється кислотність борошняної сировини

[95]. Цей показник здійснює суттєвий вплив на перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів під час приготування хліба. Кислотність обумовлена наявністю вільних жирних кислот, кислих солей фосфорної кислоти, невеликої кількості органічних кислот [172]. Практично всі різновиди зернової сировини, що традиційно використовуються для виробництва хліба, мають кислу реакцію. Дані щодо кислотності досліджуваної сировини представлені у табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Кислотність борошняної сировини

$n = 3, p \geq 0,95$

Вид борошняної сировини	Титрована кислотність, град.	Активна кислотність, од.рН
Вівсяне толокно органічне ТМ «Козуб»	6,4±0,1	5,2
Вівсяне толокно ТМ «Козуб»	6,2±0,1	5,0
Вівсяне толокно ТМ «Смак життя»	6,1±0,1	5,5
Пшеничне борошно вищого сорту	3,0±0,1	6,45

Кислотність усіх досліджуваних зразків вівсяного толокна в порівнянні з пшеничним борошном вищого сорту вище на 2 град. Це вірогідно, пояснюється наявністю в складі вівсяного толокна більшої кількості білків, які дають кислу реакцію, висівкових частинок та жирів, які під дією ферменту ліпази розщеплюються на вільні жирні кислоти та гліцерин.

Для оцінки впливу досліджуваних сортів вівсяного толокна на якість готових виробів доцільним є дослідження питомого об'єму хлібних виробів з його використанням. На основі проведеного пошуку технологій аглютенного хліба, встановлено, що для забезпечення високої споживчої якості хлібних виробів необхідно змінювати технологічні параметри їх виробництва, а саме збільшити розрахункову вологість тіста [117]. Окрім цього, встановлено, що аглютенні хлібні вироби з використанням продуктів переробки вівса із задовільними показниками якості не утворюються без використання структуроутворювачів. Однак, суттєвий вплив на якість готових виробів забезпечують технологічні властивості борошняної сировини, а зокрема її крупність, ВПЗ, ВУЗ, а також хімічний склад.

Беручи до уваги відмінність макронутрієнтного складу вівсяного толокна обраних вітчизняних виробників, з метою вибору борошняної сировини для проведення подальших досліджень, виробництво хлібних виробів проводили без застосування структуроутворюючих компонентів.

Приготування аглютенових хлібних виробів здійснювали з урахуванням співвідношення рецептурних інгредієнтів, традиційно викоритовуваного для хліба пшеничного з борошна вищого сорту. Тому дослідні зразки вівсяного толокна готували з додаванням 3% сухих дріжджів та 1,2 % солі. Розрахункова вологість тіста обрана за результатами літературного пошуку за даною темою та становила 48 % [110]. Бродіння тістового напівфабрикату здійснювали за температурних умов 30...32 °C протягом 30 хвилин (враховуючи вміст цукрів у вівсяному толокні) попередньо помістивши його у форм для випікання.

В якості контрольного зразку готували тісто на основі борошна пшеничного вищого сорту безопарним способом за традиційною технологією [111]. При цьому показник масової частки води тіста коливався в діапазоні 44,5–45,0 %. Ефект від застосування вівсяного толокна оцінювали за зміною питомого об'єму готового хліба (рис. 3.3).

Отримані результати досліджень зміни питомого об'єму готових хлібних виробів з вівсяного толокна підтверджують теорію науковців [35] про неможливість використання продуктів переробки вівса у технології хлібних виробів за умови повної заміни пшеничного борошна вищого сорту без введення до рецептури інгредієнтів структуроутворюючої дії. Так, показник питомого об'єму аглютенового хліба майже вдвічі є меншим порівняно з показником контрольного зразка. Це зумовлено відсутністю клейковинного каркасу у вівсяному тісті, який і забезпечує структуру виробів на основі пшеничного борошна.

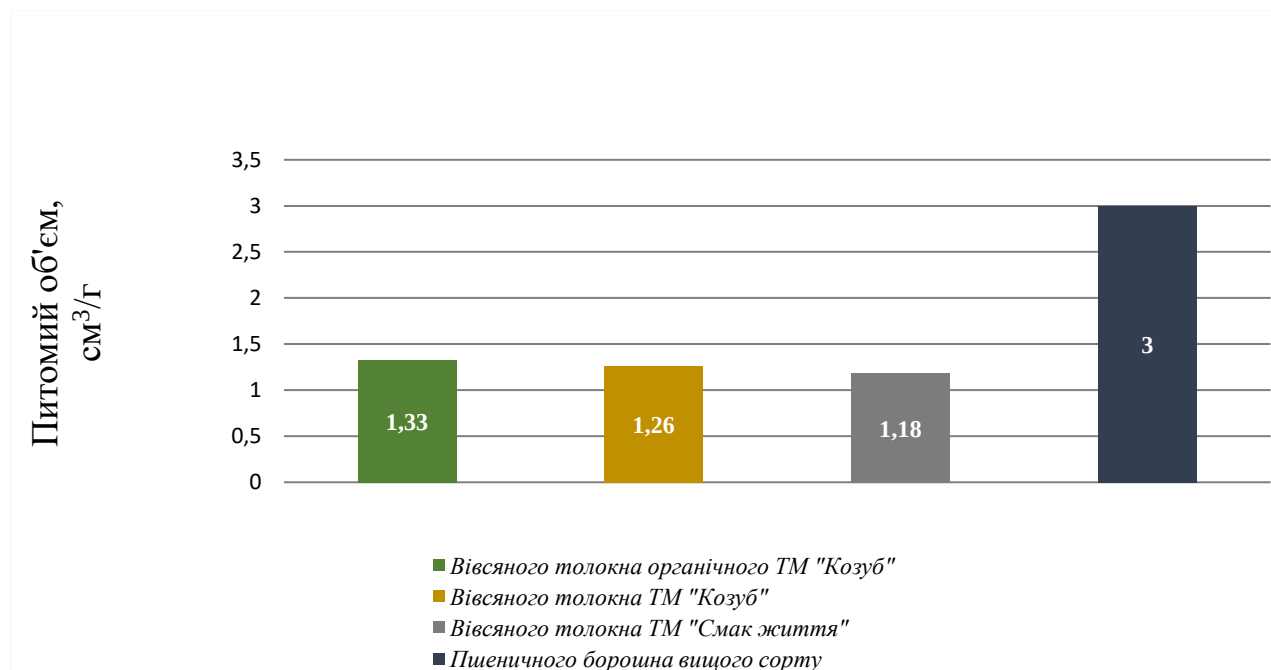


Рис. 3.3 – Порівняльна характеристика питомого об'єму дослідних зразків

Аналіз отриманих даних свідчить, що найбільший показник питомого об'єму характерний для хліба на основі органічного вівсяного толокна ТМ «Козуб». При застосуванні вівсяного толокна ТМ «Смак життя» об'єм готових виробів зменшується на 12% у порівнянні із органічним толокном ТМ «Козуб». Очевидно, це пов'язано з підвищенням в'язкості тіста з вівсяного толокна ТМ «Смак життя» завдяки його більшій водопоглинальній здатності (ВПЗ), що призводить до зменшення бродильної активності дріжджів. Дана тенденція також може бути обумовлена гранулометричним складом цієї сировини. Так, вівсяне толокно вітчизняного виробництва містить значну кількість крупних частинок розміром > 264 мкм, що призводить до збільшення втрат CO_2 у процесі бродіння в тісті. Крім цього, характерний світло-коричневий відтінок толокна відображається на кольорі м'якушки готових хлібних виробів.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють стверджувати, що для розроблення технології аглютенових хлібних виробів як основну сировину можна рекомендувати органічне вівсяне толокно ТМ «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД», яке є найбільш дрібним за гранулометричним складом, містить більше крохмалю, моно-, дисахаридів та білка, а також за технологічними властивостями є найбільш наближеним до характеристик пшеничного борошна

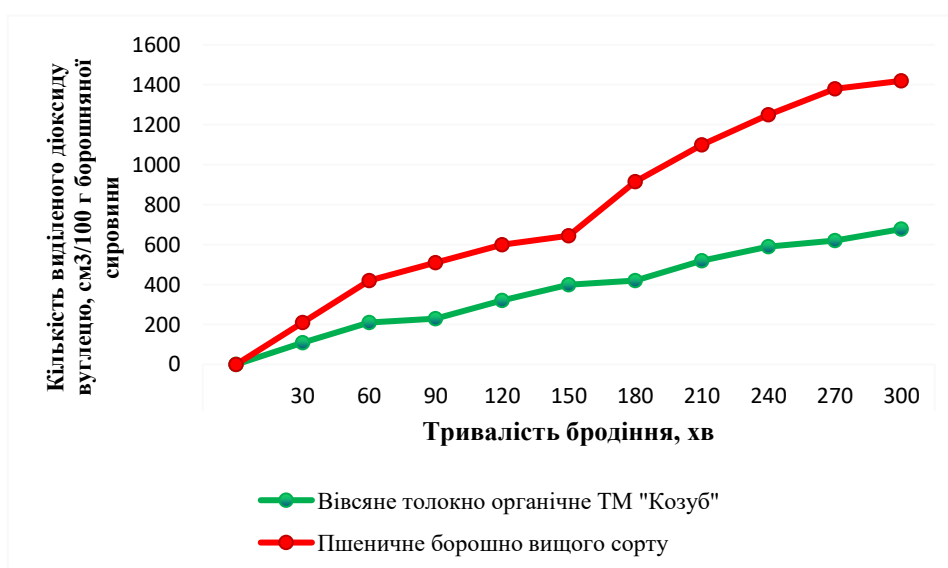
вищого сорту. Для детального прогнозування впливу вівсяного толокна на технологічний процес та якість хлібних виробів важливим є вивчення вуглеводно-амілазного комплексу обраного дослідного зразка толокна.

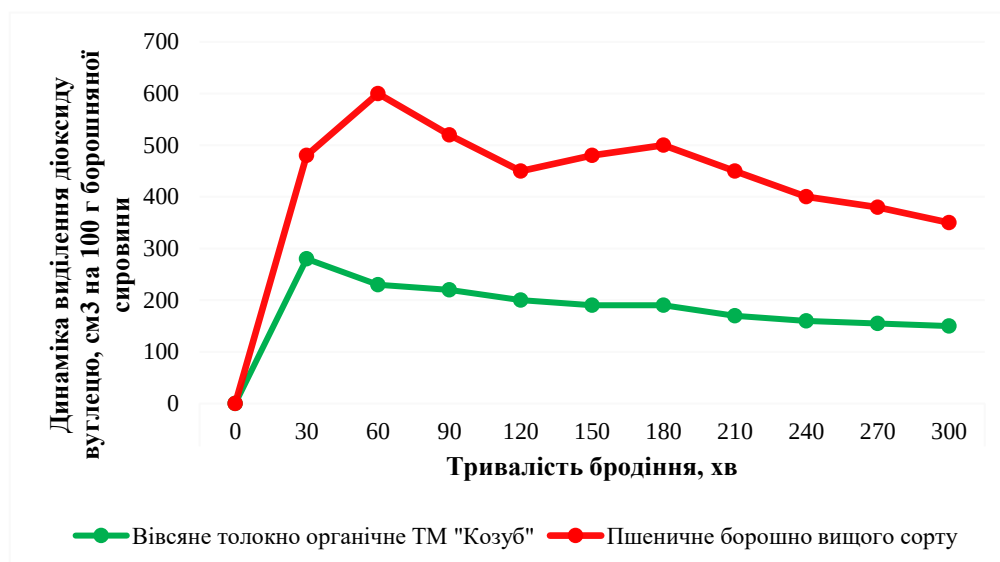
3.2 Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу вівсяного толокна

Задовільне протікання технологічного процесу та забезпечення оптимальної якості хлібних виробів залежать від кількості цукрів у тісті, що являють собою джерело живлення для дріжджових клітин [60].

Газоутворення – ключовий показник, що характеризує інтенсивність спиртового бродіння під час приготування тіста та залежить від вмісту зброджуваних моно- та дисахаридів, та від азотистого харчування мікрофлори тіста [184]. Саме цей показник впливає на тривалість бродіння напівфабрикату, і відповідно, на якісні характеристики готової продукції – об'єм, пористість, стан м'якушки та забарвлення скоринки [121].

Сумарне газоутворення за 5 годин бродіння для пшеничного борошна вищого сорту становило 1420 см³ CO₂ на 100 г борошна, для вівсяного толокна – 678 см³ CO₂ на 100 г толокна. Графік динаміки виділення молекул CO₂ (рис. 3.4) вказує на меншу інтенсивність виділення вуглекислого газу при бродінні тіста із вівсяного толокна.

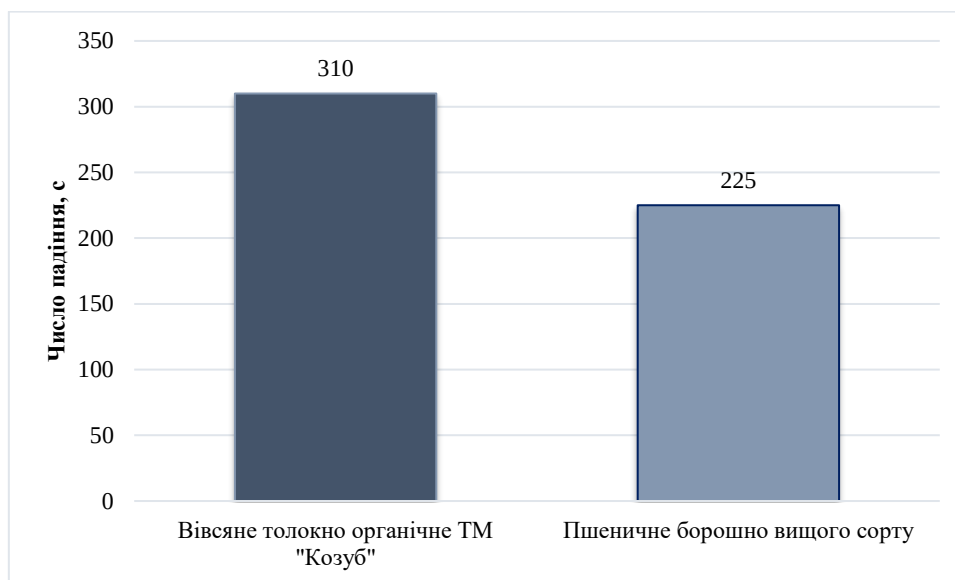




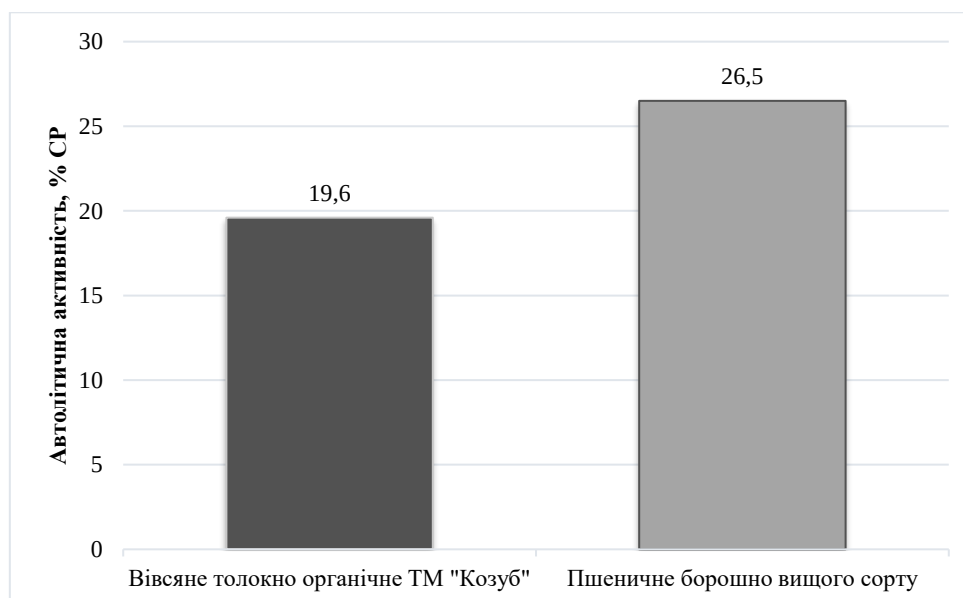
б)
Рис. 3.4 – Газоутворювальна здатність (а) та динаміка газоутворення (б) у дослідних зразках

Дослідження динаміки процесу газоутворення під час бродіння тіста на основі вівсяного толокна вказує, що екстремум виділення молекул CO_2 спостерігається через перші 30 хв і являється значно нижчим у порівнянні з пшеничним борошном. При цьому другого піку на графіку динаміки газоутворення толокна не спостерігається. З метою з'ясування причин низької інтенсивності бродіння вівсяного толокна, було досліджено основні фактори, що впливають на його газоутворювальну здатність – вміст власних цукрів, цукроутворювальну здатність та активність амілолітичних ферментів.

Вівсяне толокно містить майже на 20 % більше моно- та дисахаридів порівняно з пшеничним борошном вищого сорту (табл. 3.1), що можливо матиме позитивне відображення на показник газоутворення. З метою підтвердження даної гіпотези необхідно визначити спроможність вівсяного толокна забезпечити власними цукрами процес дозрівання тіста. Для цього виникла необхідність дослідити у тістових заготовках ступінь активності α - і β -амілази (рис. 3.5)



а)



б)

Рис. 3.5 – Дослідження числа падіння (а) та автолітичної активності (б) борошняної сировини

Число падіння характеризує автолітичну активність борошняної складової, а головним чином активність α -амілази. При низькому числі падіння в тістових заготовках на початковому етапі випікання відбувається інтенсивний гідроліз крохмалю до декстринів, в результаті чого хліб виходить з непропеченим та липким м'якушем.

Встановлено, що внесення вівсяного толокна збільшує число падіння (рис.3.5), причому збільшення було прямо пропорційно збільшенню вмісту вівсяного толокна.

Таким чином, можна сказати, що вівсяне толокно має значно нижчу активність α -амілази порівняно з пшеничним борошном вищого сорту, а збільшення числа падіння з ростом концентрації толокна, ймовірно, пов'язано з наявністю в складі вівса β -глюканів, що підвищують в'язкість водно-борошняної суспензії.

На інтенсивність бродіння тістових заготовок в значній мірі впливає цукроутворювальна здатність борошняної сировини, яка спричинена впливом на крохмаль амілолітичних ферментів та корелюється від характеру крохмальних зерен, а також кількості та активності β -амілази [180]. Враховуючи піддатливість до дії β -амілази дрібної та крупної фракцій крохмалю вівсяного толокна [35], було прийнято рішення щодо дослідження цукроутворювальної здатності для характеристики ступеня активності β -амілази толокна (рис. 3.6).

За результатами визначення цукроутворювальної здатності було встановлено, що вівсяне толокно поступається пшеничному борошну вищого сорту за вмістом мальтози майже у 1,5 разів. Зменшення цього показника дозволяє стверджувати, що після зброджування дріжджами власних цукрів вівсяного толокна для подальшого дозрівання та реакції меланоїдиноутворення їх буде недостатньо. Це зумовлено незначною накопичуваністю молекул мальтози під час гідролітичного розкладу крохмалю. Отримані дані корелюють з літературними даними щодо недостатньої активності амілаз вівсяного толокна [61, 182].

Застосування загальноприйнятих методів для характеристики активності β -амілази (за результатами цукроутворювальної здатності) та α -амілази (за результатами числа падіння і автолітичної активності) у випадку роботи з борошняно-зерною сировиною можуть дати недостовірні дані [88]. Саме тому було прийнято рішення, спершу, вилучати α - та β -амілази із толокна розчином хлористого натрію. Потім визначали їх сумарну активність за кількістю негідролізованого крохмалю колориметричним методом за методикою Б.П. Плешкова [116].

Розділення α - та β -амілази з водної витяжки ґрунтується на різній стійкості даних ферментів до температури та рН середовища. За умови нагрівання водної

витяжки до 70 °С β -амілаза піддається денатурації, тоді як α -амілаза – зберігає нативну конформацію та ступінь активності. Оптимум дії β -амілази проявляється при рН – 4,8. Проте α -амілаза, за аналогічного значення рН, втрачає свою активність. А якщо рівень рН знизити до 3,3 – α -амілаза денатурує. Тому для визначення α -амілазної активності попередньо здійснювали інактивацію β -амілази у приготовленому екстракті, до якого додатково вносили сухий оцтовокислий кальцій та витримували протягом 15 хвилин на водяній бані при 70 °С, далі швидко охолоджували. Рівень активності β -амілази визначали за різницею між значенням сумарної активності амілаз та значенням активності α -амілази. Отримані результати виражали в мг гідролізованого крохмалю в умовах досліду на 1 мг білка за 1 год. Результати визначень зібрані у вигляді табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Активність амілолітичних ферментів борошняної сировини
 $n = 3, p \geq 0,95$

Вид борошняної сировини	Активність амілаз, мг крохмалю/ мг білка		
	$\alpha+\beta$	α	β
Вівсяне толокно	19,1	4,25	14,85
Пшеничне борошно вищого сорту	26,5	5,9	20,6

Результати представлені у табл. 3.5 свідчать про помірну активність α - і β -амілази вівсяного толокна, що підтверджує отримані дані у попередніх дослідженнях. Так, сумарна активність амілаз вівсяного толокна складає лише 30 % від їх активності у пшеничному борошні вищого сорту. Це зумовлено з тим, що у продуктах переробки вівса дана група ферментів містяться в незначних кількостях.

В залежності від виду зернової культури, у крохмальному зерні коливається вміст амілози та амілопектину. Це, у свою чергу, знаходить відображення на сорбційних властивостях крохмалю, його набухання, температурі клейстеризації, в'язкості крохмального клейстеру. Відповідно, всі ці показники в сукупності забезпечують консистенцію, форму, об'єм та вихід готової хлібної продукції [117].

Дослідження характеристик в'язкості водно-борошняної суспензії та визначення температури клейстеризації крохмальних зерен вівсяного толокна проводили на амілографі. Дані визначень зібрані у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Параметри процесу клейстеризації водно-борошняної суспензії $n = 3, p \geq 0,95$

Вид борошняної сировини	Температура початку клейстеризації крохмалю, °C	Максимальна в'язкість системи, од.пр.
Вівсяне толокно	55,5±1	347±10
Пшеничне борошно вищого сорту	53,0±1	317±10

З даних табл. 3.6 встановлено, що крохмальні зерна вівсяного толокна, у порівнянні з пшеничним борошном, мають вищу температуру клейстеризації на 2,5 °C. Поясненням цьому є те, що у вівсяному крохмалі міститься більше амілопектину, що і обумовлює підвищене набухання. Відповідно цьому, вівсяне толокно має вищу в'язкість водно-борошняної суспензії. Варто відмітити, що температура клейстеризації крохмалю є важливим показником, що характеризує процес ретроградації. І чим нижчим є рівень ретроградації, тим повільніше протікає процес черствіння хлібних виробів [171]. Цей факт дозволяє припустити, що хлібні вироби на основі вівсяного толокна матимуть низький термін зберігання, саме тому виникає необхідність пошуку заходів щодо його подовження.

Максимальна в'язкість клейстеризованої вівсяної суспензії є вищою на 9,4 % відносно системи з пшеничним борошном вищого сорту. Підтвердженням цьому може бути більш активний процес гідролізу крохмалю у пшеничному борошні внаслідок присутності амілолітичних ферментів у кількостях, що забезпечують гідролітичний розклад крохмальних зерен при прогріканні водно-борошняної суміші.

Вірогідно, вища температура клейстеризації та відмінність у максимальній в'язкості водно-борошняної суспензії толокна здійснюватиме вплив на властивості тіста, і відповідно, на якість готових хлібних виробів.

Отже, за даними досліджень вуглеводно-амілазного комплексу визначено, що вівсяне толокно характеризується низькою газоутворювальною здатністю, внаслідок недостатньої кількості моно- та дисахаридів, що забезпечують живлення для дріжджів. До того ж, вівсяне толокно має незначну активність амілолітичних

ферментів, що відображається на процесі розпушення тістових заготовок та процесі спиртового бродіння в аглютенових тістових напівфабрикатах.

З метою поліпшення структурно-механічних властивостей тіста, характеру його бродіння та якості готових виробів необхідно провести дослідження щодо встановлення базової вологості тістових заготовок на основі вівсяного толокна.

3.3 Визначення технологічно оптимальної вологості вівсяного тіста

За відсутності в безглютеновому борошні гідратованої клейковинної складової, що зазвичай формує просторову структуру пшеничного тіста, одним з важливих чинників стабілізації процесу утримання пухирців газу, утворених при бродінні, є достатня кількість води для гідратації його біополімерів до набуття потрібної в'язкості. Враховуючи те, що вівсяне толокно характеризується високим КВПЗ, повна заміна пшеничного борошна ним неможлива без зміни вологості тіста.

За даними деяких літературних джерел масова частка води в хлібопекарському дріжджовому тісті без клейковини може становити 48–57 % [103]. Авторами [145] за даними фаринограм встановлено, що рекомендована вологість для безглютенового дріжджового тіста, приготованого з суміші крохмалів, гуарової та ксантанової камеді та з додаванням 30 % рисового борошна від маси крохмалю, повинна складати 52 %. При зменшенні масової частки води в тісті до 49% ускладнюється процес його замішування, тісто утворюється в'язке і неоднорідне. Цієї ж думки дотримуються дослідники [140], які використовували вологість безглютенового тіста 52% для приготування хлібних виробів безопарним способом із застосуванням трансглютамінази та тваринних білків. Науковцями [100] встановлено, що оптимальна масова частка води в тісті, приготованого на основі хлібопекарської суміші з безглютенового борошна, кукурудзяного крохмалю, ізоляту соєвого білка та горобинового порошку, повинна становити 52–53 %. Таким чином, з даних літературного пошуку видно, що вологість безглютенового тіста з додаванням безглютенового борошна коливається в діапазоні 50–53%. Очевидно, така відмінність обумовлена різним хімічним складом та технологічними

властивостями сировини. Тому, виникає необхідність експериментального встановлення оптимальної вологості тіста з вівсяного толокна ТМ «Козуб».

Для визначення вологості вівсяного тіста, яка буде взята за основу для проведення подальших досліджень, були проведені пробні лабораторні випікання хліба з масовою часткою води в тісті від 50 % до 54 %. Тісто готували безопарним способом за технологією виробництва хліба пшеничного [160]. При цьому, враховували низький вміст власних цукрів вівсяного толокна, тривалість дозрівання скоротили до 30 хв та проводили цей процес у формах для випікання хліба без обминання. Результати досліджень наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Показники якості вівсяного тіста та хліба за різної вологості

$n = 3, p \geq 0,95$

Показники	Вологість тіста, %				
	50	51	52	53	54
Тісто					
Титрована кислотність, град.:					
- поч.	2,2 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2
- кін.	2,6 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,6 ± 0,2
Газоутворення за 30 хв бродіння, см ³ /100 г	76	82	88	96	106
Питомий об'єм, см ³ /г	1,08	1,10	1,14	1,19	1,13
Хліб					
Масова частка води, %	48,6	49,8	50,9	51,7	52,8
Питомий об'єм, см ³ /г	1,16	1,21	1,30	1,30	1,24
Кислотність, град.	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,3 ± 0,2	3,8 ± 0,2
Пористість, %	32,5	33,3	35,4	35,7	34,2
Крихкуватість (через 3 год), %	2,28	2,30	2,35	2,4	2,44

Аналіз отриманих результатів показує, що зміна вологості вівсяного тіста впливає на зміну показників якості готових хлібних виробів. При недостатній кількості води м'якушка готового хліба погано розпушується, що обумовлюється високою в'язкістю тіста. Так, при вологості 50 % показники питомого об'єму та пористості є найнижчими. Збільшення масової частки води в тісті до 52% призводить до підвищення питомого об'єму хліба на 10,7%, а пористість – 8,9%. Внаслідок підвищення вмісту води в тісті до 54% показники питомого об'єму та пористості знижуються, що обумовлено зменшенням газотримувальної здатності тіста із-за наявності в ньому значної кількості вільної води.

Крім того, при масовій частці вологи в тісті 52–53 %, готові вироби характеризуються найбільш рівномірною пористістю м'якушки, тоді як підвищення вологості до 54% призводить до появи тонкостінних нерівномірних пор, що є причиною зростання крихкості хліба.

Дослідження газоутворення в тісті показало, що з підвищенням його вологості, кількість виділеного діоксиду вуглецю збільшується на 26,2 %, що очевидно пояснюється поліпшенням умов для дії ферментів в тісті та незначним покращенням життєдіяльності дріжджових клітин і молочнокислих бактерій. Адекватно збільшенню масової частки вологи в тісті підвищується також його кислотність.

При збільшенні вологості тіста до 54%, незважаючи на покращення газоутворення, внаслідок значного розрідження тіста прискорюється процес втрачання пухирців вуглекислого газу тістовою заготовкою при бродінні, що призводить до зменшення питомого об'єму тіста та погіршення показників якості готових хлібних виробів.

Таким чином, за даними пробних лабораторних випікань визначено, що для забезпечення кращих показників якості аглютенного хліба на основі вівсяного толокна розрахункова вологість тіста повинна становити 52–53%. Збільшення масової частки вологи активізує дію ферментів у тісті, покращує життєдіяльність дріжджових клітин та створює більш сприятливі умови для перебігу ферментативних реакцій.

3.4 Обґрунтування вибору структуроутворювачів для удосконалення технології хліба з вівсяного толокна

У технології аглютенових виробів для формування структури тіста й хліба використовують харчові добавки з структуроутворювальними властивостями. Здебільшого, такими являються камеді рослинного походження (гуара, рожкового дерева, тара) та мікробіологічного походження (ксантан). Знайшли визнання похідні целюлози, пектин, альгірати. Їх використовують як окрему добавку або суміш цих добавок у певному співвідношенні.

В НУХТ показано, що краще з цією метою використовувати суміш гуару і ксантану у співвідношенні 70:30. Існують літературні дані щодо можливості використання ксантану в поєднанні з ГПМЦ в технології хліба на основі суміші крохмалю та рисового борошна [145].

Так дослідженнями [142] встановлено доцільність виготовлення аглютенowego хліба з крохмалів використовуючи ксантан у кількості 0,2–0,3 % до маси крохмалів.

Пошук структуроутворювачів безглютенових хлібних виробів проводився на підставі розуміння фундаментального механізму утворення аглютенowego тіста. Згідно з сучасними науковими уявленнями, за відсутності в безглютеновому борошні гідратованої мережі клейковини, яка зазвичай формує просторову структуру пшеничного тіста, одним з ключових факторів оптимізації та стабілізації процесу утримання газових бульбашок, що утворюються в тісті, є достатня кількість води для гідратації біополімерів у тісті та надання бажаної консистенції тістовому напівфабрикату.

Зрозуміло, що підвищити гідратаційну здатність борошняного тіста можна, наприклад, додаванням білкових речовин із вираженими драглеутворювальними властивостями або використанням речовин полісахаридної природи, які добре гідратуються в холодній або теплій воді (на відміну від звичайного крохмалю, клейстеризація якого виявляється з підвищенням температури вище 42°C).

Ми вирішили використовувати комбінацію білкових добавок (які мають здатність діяти як структурні коректори, а також впливати на харчову та біологічну цінність хліба) та гідроколоїдів (які мають здатність модифікувати білки шляхом амінування, утворення поперечних зшивок та дезамінування).

При включенні гідроколоїдів аміногрупи залишків лізину в білку діють як ацильні акцептори, і утворюються поперечні зв'язки. В результаті утворюються міжмолекулярні лізинові зв'язки (ізопептидні зв'язки) [163]. За відсутності первинних амінів у реакційній системі вода виступає в ролі ацильного акцептора. В результаті відбувається дезамінування залишків глутаміну. Гідроколоїди каталізують включення первинних амінів у білки. Вони зв'язуються з білками

різного походження, включаючи казеїн і альбумін з молока, тваринні білки з яєць і м'яса, а також білки сої та пшениці [186]. В ролі поліпшувача було обрано глюкано-дельта-лактон, що рекомендують застосовувати для виробництва аглютенів хлібних виробів, з метою поліпшення структурно-механічних властивостей м'якушки. Проте, ефективність його дії не можна вважати достатньо високою. Про це свідчать дані, наведені у роботі Васильєва А.В. та Гриненка Є.В. [93]. Слід зазначити, що нами отримано подібні дані щодо дії глюкано-дельта-лактону як поліпшувача для безглютенового хліба.

Метою наших досліджень було визначення впливу гідрокоолоїдів різної природи на технологічний процес та якість аглютенів хлібних виробів. На основі результатів досліджень розробити склад структуроутворювача для виготовлення хліба на основі безглютенової сировини.

Для покращення структурно-механічних властивостей тіста та хліба із вівсяного толокна, що не містить клейковини, додаються структуроутворювачі глюкано-дельта-лактон та казеїн. Завдяки застосуванню комбінації добавок білкової та полісахаридної природи, тісто та хліб набувають виражених пружно-еластичних властивостей. При цьому виявляється синергічний ефект, коли в комбінації кількість кожної добавки є суттєво меншою порівняно з кількістю цієї добавки, якщо її застосовують окремо.

Використання даної рецептури дозволяє покращити структурно-механічні властивості тіста та хліба, їх органолептичні та фізико-хімічні показники якості, розширити асортимент дієтичних хлібних виробів.

Також поставлене завдання досягається тим, що у способі виробництва хліба на етапі приготування тіста додатково включено використання білоквмісного та жирового компоненту.

Як білоквмісний компонент використовували молоко сухе знежирене у кількості 1,8–2,8% від загальної маси борошняної сировини, в якості жирового компоненту використовували маргарин столовий у кількості 3,5–5,0% від загальної маси борошняної сировини.

Введення в попередньо розведеного водою сухого знежиреного молока надає кінцевому продукту позитивних властивостей, що полягають у забезпеченні м'якості готових виробів, і, крім того, прослідковується збільшення вмісту білків та покращення смакових властивостей готового вівсяного хліба. Додавання в тісто жирового компоненту забезпечує хрусткість поверхні виробів.

В цілому, виробництво вівсяного хліба з введенням зазначених компонентів у зазначених пропорціях сприяє набуттю кінцевим продуктом високих органолептичних властивостей, які сприймаються смаковими рецепторами людини як споживання приємної їжі.

За проведення пробних випікань тісто готували за модельною рецептурою, розробленою на основі даних діючих рецептур на безглютенові вироби та літературних джерел [89, 138].

Вівсяне толокно та інші сипкі компоненти просіювали, готували дріжджову суспензію, глюкано-дельта-лактон та казеїн розчиняли у воді, кількість якої передбачена рецептурою для отримання тіста потрібної вологості. Молоко сухе знежирене розводили водою та проціджували через сито з комірками розміром не більше 0,5 мм. Для приготування тіста в діжу тістомісильної машини вносили просіяні сипкі компоненти, підготовлений цукровий розчин, розчин солі, маргарин, дріжджову суспензію та розчини зі структуроутворювачами. Далі здійснюють замішування тіста. Спосіб приготування тіста був безопарний. Тісто готували вологістю 52–53 %, замішували у тістомісильній машині. Замішане тісто дозували у форми та піддавали бродінню за температури 30 °C протягом 60 хвилин, потім проводили вистоювання протягом 30 хвилин за температури 30–32 °C та випікали у печі СЕШ-3. Готовий хлібний виріб охолоджували.

Встановлено, що початкова та кінцева кислотність тіста з досліджуваними структуроутворювачами практично однакова. Порівняно з іншими зразками тривалість вистоювання зразка з ГДЛ була меншою практично на 10 хв, очевидно внаслідок більшої кислотності тіста, що стимулювало активність дріжджів, а з казеїном більшою на 5 хв внаслідок вмісту білкових складових (табл.3.8).

Таблиця 3. 8 - Показники технологічного процесу та якості дослідних зразків хліба

Показники	Внесено структуроутворювача у співвідношенні до борошняної складової			
	Контроль	ГДЛ	Казеїн	ГДЛ + казеїн
Тісто				
Кислотність, град початкова	2,2± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2
кінцева	2,6 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,6 ± 0,2
Тривалість вистоювання, хв	65	58	58	57
Питомий об'єм тіста, см³ / г	2,5	1,08	1,13	1,19
Хліб				
Питомий об'єм хліба, см³ / г	2,8	1,27	1,4	1,5
Пористість, %	71±1	32,5±1	33,1±1	35,7±1
Кислотність, град	1,0±0,1	1,2±0,1	1,1±0,1	1,3±0,1
Стан поверхні	Гладка, з невеликими тріщинами і підривами			Гладка без тріщин
Колір скоринки	Світло-коричневий			Від світло-коричневого до кремового
Колір м'якушки	Білий з кремовим відтінком	Світло-кремовий		
Структура пористості	Дрібна, тонкостінна	Середня, товстостінна		Середня, тонкостінна з пустотами
Смак і аромат	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку і запаху			

Серед дослідних зразків кращий питомий об'єм тіста й хліба мав зразок з глюкано-дельта лактоном та казеїном. Приготування хліба за запропонованими співвідношеннями рецептурних компонентів дозволить отримати хлібний виріб з поліпшеними органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними показниками якості, підвищеною харчовою та біологічною цінністю та розширити асортимент виробів для людей, хворих на целіакію та споживачів, що мають алергію на глютен або його непереносимість.

3.5 Дослідження якості хліба із застосуванням вівсяного толокна

Науковцями доведено, що підвищення кількості легкодоступного цукру, який асимілюється дріжджовими клітинами, сприяє інтенсифікації процесу спиртового бродіння, внаслідок чого очікується покращення структури пористості

та відповідно об'єму готового хліба. Очевидно, що використання продукту переробки вівса - толокна, в основі виробництва якого лежить попередня активація вуглеводів толокна, в рецептурі безглютенового хліба має позначитись на перебіг технологічного процесу та якості готових виробів (табл.3.9).

З метою підтвердження зробленого передбачення і встановлення оптимального співвідношення ГДЛ та казеїну були проведені пробні випікання хліба. Під час проведення дослідження тісто готували безопарним способом, вологістю 52–53%, за модельною рецептурою за різного співвідношення структуроутворювачів: ГДЛ (0,8 %) + казеїн (3%), ГДЛ (0,9 %) + казеїн (4%), ГДЛ (1,0 %) + казеїн (5%), ГДЛ (1,1 %) + казеїн (6%). Контролем був зразок без включення структуроутворювачів. Тривалість бродіння визначали за часом досягнення тістовими заготовками максимального питомого об'єму. Експериментально встановлено, що період дозрівання тіста перед випіканням для контролю становить 50 хв, а для зразка тіста, приготованого на основі додавання структуроутворювачів – 30 хв. Однакова тривалість бродіння для дослідних зразків є не доцільною, оскільки вони мають відмінний вуглеводний склад, який суттєво впливає на перебіг технологічного процесу.

Таблиця 3.9 - Вплив різного співвідношення ГДЛ та казеїну на технологічний процес та якість хліба, %

n= 3, p ≥ 0,95

Показники	Співвідношення ГДЛ та казеїну				
	Контроль	Зразок 1 (0,8:3,0)	Зразок 2 (0,9:4,0)	Зразок 3 (1,0:5,0)	Зразок 4 (1,1:6,0)
<i>Тісто</i>					
Вологість, %	50,0	51,0	51,3	52,0	53,7
Кислотність, град					
початкова	2,2± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,2
кінцева	2,6 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2
Тривалість вистоювання, хв	60	58	56	52	54
Питомий об'єм тіста, см ³ / г	1,08	1,10	1,13	1,19	1,17
<i>Хліб</i>					
Питомий об'єм хліба, см ³ / 100 г	1,2	1,3	1,37	1,5	1,4
Пористість, %	30,0±1	31,8±1	32,5±1	33,4±1	35,7±1
Кислотність, град	2,8±0,1	3,0±0,1	3,2±0,1	3,3±0,1	2,4±0,1

Стан поверхні	З невеликими тріщинами і підривами	Гладка, з невеликими тріщинами	Гладка без підривів та тріщин	З невеликим підривом і незначними тріщинами
Колір скоринки	Від світло-коричневого до кремового			
Колір м'якушки	Світло-кремовий			
Структура пористості	Середня, товстостінна	Середня, тонкостінна	Дрібна, тонкостінна	Дрібна, тонкостінна, з пустотами
Смак і аромат	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку і запаху			

Встановлено (табл. 3.9), що за збільшення вмісту ГДЛ підвищується кислотність тіста, зменшується тривалість вистоювання тістових заготовок на 2-8 хв, підвищується питомий об'єм тіста, що очевидно пов'язано зі збільшенням згущення тіста внаслідок високих гідрофільних властивостей ГДЛ, покращенням його газоутримувальної здатності. Сукупність цих показників сприяє збільшенню об'єму хліба. Так, за вмісту в складі структуроутворювачів ГДЛ та казеїну в кількості 1,0% та 5,0% об'єм хліба порівняно з контролем збільшився на 12,5 %, а у складі 1,1% та 6,0% – на 3,5 %, покращилась пористість хліба. Також, зразок 3 мав тонкостінну пористість, еластичну м'якушку, поверхня його була рівномірно забарвлена, без підривів, в порівнянні з контрольним зразком. За збільшення кількості ГДЛ та казеїну збільшувалась товщина пор, м'якушка була дещо менше еластичною.

Не менш важливим показником якості хлібних виробів являється ступінь свіжості, який свідчить про придатність виробів до зберігання. За результатами дослідження стану м'якушки внесення структуроутворювачів сприяє збільшенню даного показника практично на 50%, а через добу – на 30%, у порівнянні з контрольним зразком. Це пояснюється процесом накопичення низькомолекулярних декстринів при замішуванні тіста на основі толокна у поєднанні з ГДЛ та казеїном, що забезпечує більш тривалий час зберігання свіжості готового вівсяного хліба.

Також, в результаті проведених досліджень встановлено, що застосування структуроутворювачів в технології вівсяного хліба інтенсифікує газоутворення та кислотонакопичення в процесі дозрівання тіста, внаслідок чого готові хлібні вироби характеризуються покращеними структурно-механічними властивостями.

Одним з важливих чинників стабілізації утримання пухирців діоксиду вуглецю, утворених під час замішування тіста, є його висока газоутримувальна здатність, яка являється комплексним показником у формуванні об'єму тістових заготовок, відповідно і, питомого об'єму випеченого аглютенowego хліба. Тому подальші дослідження пов'язані з розробленням заходів щодо покращення структури тіста з вівсяного толокна задля зменшення втрат молекул CO_2 .

Висновки за розділом 3

1. Проведені дослідження показали, що на ринку України реалізується вівсяне толокно різних виробників з різними якісними характеристиками. Визначено хімічний склад та технологічні властивості вівсяного толокна, яке являється продуктом переробки вівсяних зерен. Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що для розроблення технології аглютенових хлібних виробів як основну сировину можна рекомендувати органічне вівсяне толокно ТМ «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД», яке є найбільш оптимальним за гранулометричним складом, містить більше крохмалю, моно-, дисахаридів та білка, а також за технологічними властивостями є найбільш наближеним до характеристик пшеничного борошна вищого сорту.

2. Доведено, що вівсяне толокно має більшу водопоглинальну здатність ніж пшеничне борошно, що слугувало передумовою для підвищення вологості тіста за умови його використання. За даними досліджень вуглеводно-амілазного комплексу визначено, що вівсяне толокно характеризується низькою газоутворювальною здатністю, внаслідок недостатньої кількості моно- та дисахаридів, що забезпечують живлення для дріжджів. До того ж, вівсяне толокно має незначну активність амілолітичних ферментів, що відображається на процесі розпушення тістових заготовок та процесі спиртового бродіння в аглютенових тістових напівфабрикатах

3. Дослідження питомого об'єму хлібних виробів з вівсяного толокна показали, що найвищий показник якості має вівсяне толокно органічне ТМ «Козуб», що дозволяє рекомендувати його як перспективну сировину для виробництва хліба. За даними пробних лабораторних випікань визначено, що для забезпечення кращих показників якості аглютенowego хліба на основі вівсяного толокна розрахункова

вологість тіста повинна становити 52-53 %. Збільшення масової частки вологи активізує дію ферментів у тісті, покращує життєдіяльність дріжджових клітин та створює більш сприятливі умови для перебігу ферментативних реакцій

4. У результаті вивчення стану вуглеводно-амілазного комплексу виявлено, що вівсяне толокно має вдвічі нижчу газоутворювальну здатність порівняно з борошном пшеничним та незначну активність α - і β - амілази. На основі аналізу отриманих даних висунуто припущення про доцільність стимулювання та поліпшення процесу бродіння. Серед дослідних зразків кращий питомий об'єм тіста і хліба мав зразок з глюкано-дельта лактоном та казеїном. Приготування хліба за запропонованими співвідношеннями рецептурних компонентів дозволить отримати хлібний виріб з поліпшеними органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними показниками якості, підвищеною харчовою та біологічною цінністю та розширити асортимент виробів для людей, хворих на целиакію та споживачів, що мають алергію на глютен або його непереносимість

5. На основі порівняльної оцінки впливу глюкано-дельта-лактону та казеїну на перебіг технологічного процесу та якість аглютенових виробів розроблено оптимальне співвідношення структуроутворювачів. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування структуроутворювачів в технології вівсяного хліба інтенсифікує газоутворення та кислотонакопичення в процесі дозрівання тіста, внаслідок чого готові хлібні вироби характеризуються покращеними структурно-механічними показниками якості.

6. Дослідження показників якості готових хлібних виробів, приготованих на основі вівсяного толокна у поєднанні з ГДЛ та казеїном, свідчить про їх суттєве покращення, що пов'язано з поліпшенням газоутримувальної здатності аглютенового тіста. Отримані результати обумовлюють подальший напрям досліджень, який полягатиме у розробленні заходів щодо покращення пружно-еластичних властивостей тістового напівфабрикату.

Ключові результати досліджень, висвітлені в даному розділі, опубліковано в статтях та матеріалах конференцій [161-163].

РОЗДІЛ 4 ЗАХОДИ З ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІВСЯНОГО ХЛІБА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОЛІПШУВАЧА ТА БІЛКОВОЇ ДОБАВКИ

Запропонований нами спосіб покращення технологічних властивостей альтернативної борошняної сировини передбачає сумісне використання глюкано-дельта-лактону із міцелярним казеїном. Їх комбінація дозволяє суттєво поліпшити структурно-механічні властивості тіста і, як наслідок, структуру м'якушки хлібних виробів із вівсяного толокна, їх зовнішній вигляд. Крім того, через те, що крохмальні продукти як коректор структури нами рекомендовано не застосовувати, покращується й смак кінцевого продукту. Таким чином, нами запропоновано сумісне застосування ГДЛ та казеїну як базовий технологічний принцип забезпечення стабільності технологічних властивостей аглютенкової хлібної продукції. При розробці технології безглютенових хлібобулочних виробів були враховані наступні міркування:

- сучасна технологія хлібопечення включає одно- та двостадійні способи приготування тіста, які відрізняються підготовкою сировини, інтенсивністю та тривалістю кожної стадії та апаратурним оформленням виробничого процесу;
- спосіб введення добавок, необхідність з'ясування ефективності дії добавки за наявності додаткових інгредієнтів у рецептурі.

З метою наукового обґрунтування технології нового покоління безглютенових хлібобулочних виробів на основі запропонованого способу структурної модифікації та визначення основних показників їх якості і безпечності та закономірностей їх зміни в технологічному потоці застосовано системний аналіз як загальний метод наукового дослідження.

Одним із ключових чинників у технології хліба, які здійснюють вплив на якість виробів, є формування потрібної структури тіста із заданими структурно-механічними властивостями. Кожний сировинний інгредієнт утворює в комплексі складну тістову систему, що відображається на процесі тістоутворення [140].

4.1 Обґрунтування вибору поліпшувачів у технології хліба з вівсяного толокна

Для стабілізації властивостей тіста в технології аглютенowego хліба застосовують сировину з різними функціональними властивостями: емульгатори, регулятори консистенції, ферментні препарати та ін. Вибір даних поліпшувачів обґрунтовують позитивним досвідом їхнього застосування в традиційному хлібопеченні [161]. На основі огляду літератури з метою поліпшення газотримувальної здатності тіста було запропоновано застосовувати глюкано-дельта-лактон.

Метою подальших досліджень було виявлення поліпшуючого впливу ГДЛ на властивості тіста і якість вівсяного хліба, приготованого на основі толокна.

У результаті проведених пошукових досліджень встановлено, що одним з ефективних структуроутворювачів, які використовуються в харчовій промисловості, є глюкано-дельта-лактон. Тому, доцільним являється дослідження можливості сумісного застосування ГДЛ та молочного білку казеїну для виготовлення хліба на основі використання в технології вівсяного толокна. Аналіз виробників ГДЛ показав, що ця сировина наявна на українському ринку лише зарубіжного виробництва. Згідно з асортименту представленому на українському ринку гідроколоїдів таких як глюкано-дельта-лактон, для досліджень обрано виключно сертифіковану сировину, що відповідає стандарту FCC VI/E575/USP32 компанії «ХІМПРОДУКТ ТД» (країна-виробник Китай).

Тісто готували безопарним способом з розрахунковою вологістю 52–53%. ГДЛ вносили в кількості 0,5 %, 1,0 % та 1,5 % до маси вівсяного толокна. Під час проведення досліджень ГДЛ та всі рецептурні компоненти вводили поступово в процесі замішування тістового напівфабрикату. При замішуванні тіста, розрахункова вологість якого становила 52 %, вносили послідовно вівсяне толокно, суспендовані дріжджі в кількості 3 % та солевий розчин концентрацією 1,2 %. Незважаючи на високі гідрофільні властивості ГДЛ, масову частку вологи в тістовій системі не змінювали, так як відомий факт, що за підвищення рівня гідратації тіста позитивний вплив гідроколоїдів зменшується [29, 41].

В якості контрольного зразка готували тісто без додавання ГДЛ та казеїну з використанням первинних інгредієнтів. Тривалість дозрівання для всіх зразків становила 45 хв.

Отримані дані свідчать про те, що при додатковому використанні ГДЛ зміни початкової титрованої кислотності тіста не спостерігається. В процесі бродіння у зразках з ГДЛ відбувається незначне зниження інтенсивності кислотонакопичення, яке, вірогідно, пов'язано зі зменшенням активності молочнокислих бактерій та дріжджів-сахароміцетів при дозріванні тістових напівфабрикатів. Між значеннями титрованої та активної кислотності простежується кореляційний зв'язок [52].

Встановлено, що внесення ГДЛ зі збільшенням його дозування не приводить до інтенсифікації газоутворення в тісті [54, 58]. Так, зменшення кількості виділеного діоксиду вуглецю складає 1,8–3,8 % по відношенню до контролю. Вірогідно, колоїдний розчин ефіру глюканової кислоти оточує дріжджові клітини, тим самим погіршуючи умови їх життєдіяльності, так як контакт дріжджів з навколишнім середовищем і доступ до них поживних речовин стає обмеженим.

При замішуванні тіста вносили підготовлену дріжджову суспензію та сіль. В якості контрольного зразку використовували тісто приготовлене на основі вівсяного толокна без включення поліпшувачів. Тривалість бродіння для всіх підготовлених зразків становила 45–50 хв. Дослідження впливу ГДЛ на зміну технологічних характеристик та якості готових хлібних виробів в залежності від його дозування представлено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вплив ГДЛ на показники технологічного процесу та якість хлібних виробів

Показники	Контроль (без поліпшувачів)	З ГДЛ, % до маси толокна		
		0,5	1,0	1,5
Тісто				
Титрована кислотність, град.				
- поч.	2,3	2,8	2,9	2,9
- кін.	3,6	3,5	3,5	3,4
Активна кислотність, од.пр.				
- поч.	4,66	4,68	4,72	4,75
- кін.	3,77	3,79	3,83	3,86
Газоутворення (за 45 хв бродіння), см ³ /100 г тіста	418	416	411	405
Питомий об'єм (в кінці бродіння), см ³ /г	1,4	1,62	1,75	1,64

<i>Хлібний виріб</i>				
Питомий об'єм, см ³ /г	1,48±0,2	1,78±0,2	1,87±0,2	1,7±0,2
Кислотність, град.	3,4±0,2	3,4±0,2	3,4±0,2	3,3±0,2
Пористість, %	31,2±0,2	35,1±0,2	36,9±0,2	33,5±0,2
Загальна деформація м'якушки, од.пр.				
- через 3 год.	70	80	82	78
- через 24 год.	61	71	75	68
Крихкуватість, %				
- через 3 год.	1,12	1,03	0,97	1,04
- через 24 год.	2,05	1,36	1,25	1,38

Аналіз впливу ГДЛ на питомий об'єм тіста свідчить про те, що при додаванні гідроколоїду в кількості 0,5 % до маси толокна даний показник зростає на 9,4% у порівнянні з контрольним зразком. Отриману залежність можна пояснити покращенням газотримувальної здатності тіста, внаслідок чого незважаючи на зменшення газотворення в напівфабрикаті, втрати утвореного при бродінні вуглекислого газу є незначними. Крім цього, висока поверхнева активність полімеру, обумовлена його хімічною модифікацією, сприяє підсиленню тістоутворення тістовій системі.

Дослідження показників якості готових виробів показано, що їх питомий об'єм при внесенні ГДЛ в кількості 0,5 % та 1,0 % до маси толокна покращується на 11,2 % та 15,5 % відповідно порівняно з контролем. Пористість м'якушки при цьому зростає на 11,1 % та 15,4 % по відношенню до контрольного зразка.

Отримані дані можуть здатися суперечливими. Однак, згідно законів термодинаміки, в замкнутому просторі з підвищенням температури об'єм газів збільшується, як і зростає їх тиск. Вірогідно, на початку випікання, коли температура повітря в пекарській шафі значно перевищує його температуру у вистійній шафі та розпочинається інтенсивне прогрівання тістової заготовки, оточені плівкою полісахаридного гелю пухирці вуглекислого газу починають збільшуватись в об'ємі, спричиняючи на неї додатковий тиск. Не витримуючи цього плівка розривається і дозволяє вивільненому газу збільшувати питомий об'єм тістових заготовок, зберіганню якого сприяє їх хороша газотримувальна здатність [132]. Крім того, дану закономірність, можна пояснити властивостями ГДЛ, полісахаридні ланцюги якої на початку нагрівання зневоднюються, що

призводить до зменшення в'язкості тістової заготовки внаслідок спінодального розпаду. Однак, при підвищенні температури відбувається оборотна реакція, а результаті якої ГДЛ утворює сильні гідрофобні зв'язки з іншими ланцюгами сполуки, що призводить до утворення гелю та відповідно збільшення в'язкості [98, 142].

Використання ГДЛ сприяє також і уповільненню черствіння готової продукції. Так, хліб з додатковим внесенням продуктів глюканової кислоти характеризується більш високими показниками загальної деформації м'якушки та зменшеною крихкуватістю як після випікання, так і через 24 год зберігання.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що збільшення дозування ГДЛ вище 1,0 % до маси толокна являється не ефективним, Це пов'язано з тим, що м'якушка продукту щільніша, пористі менш розвинені, питомий об'єм хліба менший, а поверхня потріскана.

Таким чином, виходячи з отриманих результатів раціональне дозування ГДЛ в тісті, приготованому з вівсяного толокна становить 1,0-1,5 % до маси толокна.

4.2 Дослідження якості хлібних виробів з використанням казеїну

За результатами досліджень розглянута можливість використання міцелярного казеїну для покращення газоутримувальної здатності аглютенових тістових НФ з використанням вівсяного толокна та створення потрібної структури м'якушки готових хлібних виробів. На вітчизняному ринку представлено низку різновидів даної сировини як закордонного виробництва так і українськими підприємствами. Для досліджень було обрано міцелярний казеїн «Ingredia» від ТОВ «УКРМОЛПРОДУКТ» (країна-виробник Україна). Якість всієї продукції офіційно підтверджена міжнародними сертифікатами ISO 9001–2009 HACCP, HALAL.

Для встановлення оптимального дозування казеїну проводили ряд пробних випікань. До складу рецептури міцелярний казеїн вносили у кількості 3%, 5% і 7% до маси вівсяного толокна. Такий відсоток дозування пояснюється тим, що міцелярний казеїн вносили до рецептури в якості структуроутворювача в тістовій

системі. Відомі рекомендації щодо дозування казеїну базуються на його використанні як збагачувача у кількості 8% та більше до маси борошняної сировини [168].

Тісто готували безопарним способом з розрахунковою вологістю 52–53%. Казеїн вносили в кількості зазначеної раніше до маси вівсяного толокна. При замішуванні тіста вносили послідовно вівсяне толокно, суспендовані дріжджі в кількості 3 % та солевий розчин концентрацією 1,2 %. В якості контрольного зразка готували тісто без додавання ГДЛ та казеїну з використанням первинних інгредієнтів. Тривалість дозрівання для всіх зразків становила 45 хв.

Аналізували закономірності зміни характеристик пов'язаних зі технологічними параметрами тістових НФ та якісних показників готових хлібних виробів з вівсяного толокна (табл. 4.2).

Так, проведені дослідження дозволяють стверджувати, що зі збільшенням дозування міцелярного казеїну інтенсивність протікання процесу бродіння дещо знижується, що спостерігається за зменшенням виділеної кількості CO_2 за період дозрівання. Загальне газоутворення в підготовлених зразках із внесених 3% казеїну до маси толокна на 0,8%, 5% – на 0,9%, а 7% – на 1,2%. Можна припустити, що така закономірність зумовлена зниженням бродильної активності дріжджових клітин. Причиною може бути підвищена в'язкість тістових НФ внаслідок збільшення концентрації білку, який покриває клітини дріжджів, а це в свою чергу, блокує доступ поживних речовин.

Таблиця 4.2 – Вплив міцелярного казеїну на показники технологічного процесу та якість хлібних виробів

Показники	Контроль (без використання поліпшувачів)	З використанням казеїну, % до маси толокна		
		3,0	5,0	7,0
Тісто				
Титрована кислотність, град.				
- поч.	2,6	2,9	3,0	3,0
- кін.	3,6	3,6	3,6	3,6
Активна кислотність, од.пр.				
- поч.	4,66	4,7	4,71	4,72
- кін.	3,77	3,85	3,86	3,86
Газоутворення (за 45 хв бродіння), см3/100 г тіста	418	415	414	408

Питомий об'єм (в кінці бродіння), см ³ /г	1,48	1,94	1,96	1,93
Хлібний виріб				
Питомий об'єм, см ³ /г	1,58±0,2	2,08±0,2	2,09±0,2	2,07±0,2
Кислотність, град.	3,4±0,2	3,2	3,2	3,2
Пористість, %	31,2±0,2	41,07	41,2	40,8
Загальна деформація м'якушки, од.пр.				
- через 3 год.	70	78	80	79
- через 24 год.	61	65	67	66
Крихкуватість, %				
- через 3 год.	1,12	1,13	1,12	1,14
- через 24 год.	2,05	1,98	1,95	1,98

Незважаючи на факт погіршення газоутворення в тістових НФ, про що свідчать одержані дані з табл. 4.2, включення міцелярного казеїну до рецептурного складу позитивно відображається на показнику питомого об'єму тіста. Відповідно, внесення казеїну у кількості 5% до маси вівсяного толокна призводить до збільшення даного показника на 24 %. Зі збільшенням дозування казеїну показник питомого об'єму зменшується, однак порівнюючи зі контролем питомий об'єм зразка зі внесенням 10% казеїну показник збільшується на 23 %.

Отримані дані пояснюються присутніми у складі казеїну гідрофільними та гідрофобними компонентами, внаслідок чого проявляються поверхнево-активні властивості.

Представлені результати аналізу свідчать, що додаткове внесення міцелярного казеїну дає позитивну дію на показники якості готових хлібних виробів, ніж зразки без його використання. Встановлено, що додавання міцелярного казеїну у кількості більше 5% до даної рецептури негативно відображається на якісних показниках хлібних виробів. Оптимальна кількість казеїну становить 5 %, пористість м'якушки за такої кількості зростає на 24,3 % порівняно із контрольним зразком. Така залежність пояснюється денатурацією білкових компонентів під час випікання, що у свою чергу формує своєрідний каркас тіста. Крім того, дія високої температури на момент початку випікання хлібних виробів позитивно сприяє активації життєдіяльності бродильної мікрофлори, а також призводить до розширення пухирців CO₂, так підвищується тиск всередині тістових НФ, а це забезпечує збільшення в об'ємі. Укріплення

білкової мережі в тісті в результаті денатурації сприяє фіксації пухирців повітря та CO_2 , накопиченого в процесі бродіння в тістовій заготовці, тому покращуються структура м'якушки та показник питомого об'єму готових хлібних виробів. Через збільшення кількості казеїну понад 5% до маси толокна питомий об'єм хліба та показник пористості дещо погіршується. Очевидно, причиною такої динаміки являється підвищена в'язкість тістового НФ, що зумовлено збільшеною концентрацією білкової складової. Також причиною може слугувати зменшення бродильної активності дріжджових клітин, через дефіцит живлення. Тому, оптимальним дозуванням міцелярного казеїну прийнято вважати 5 % до маси вівсяного толокна.

Враховуючи проведені дослідження та їх аналіз, міцелярний казеїн рекомендовано використовувати як структуроутворювач сумісно з ГДЛ з метою забезпечення покращених показників якості тістових НФ та хлібних виробів з вівсяного толокна.

4.3 Визначення оптимальних параметрів приготування аглютонового хліба

У процесі виробництва хлібобулочних виробів режими тістovedення (вологість тіста, тривалість замішування, тривалість бродіння) значно варіюються залежно від властивостей борошняної сировини. Для знаходження оптимальних режимів виробництва аглютонових хлібних виробів нами проведено планування повнофакторного експерименту ПФЕ 2^3 та пошук екстремуму за методом Бокса-Уілсона. Із застосуванням методу апіорного ранжування факторів нами обрано наступні фактори оптимізації: X_1 – температура тіста, °C; X_2 – вологість тіста, %; X_3 – тривалість бродіння тіста, с. Критерієм оптимізації обрано питомий об'єм хліба, $\text{м}^3 / 100 \text{ г}$ (Y). Щодо раціональних кількостей поліпшувачів, ми керувались наступними міркуваннями: за певної кількості та активності ГДЛ його дієвість визначається тривалістю активації (саме тому нами обрано перший і третій фактори варіювання – температура тіста при замісі та тривалість бродіння тіста).

Умови проведення експериментів, план повнофакторного експерименту ПФЕ 2^3 та значення вихідного параметру Y тіста для хліба на основі толокна. За

результатами експериментальних досліджень та регресійного аналізу отримано адекватне рівняння регресії

$$Y_1 = 305,56 + 21,52x_1 + 16,60x_2 - 17,69x_3 - 14,69x_1x_2 + 138,40x_1x_2x_3.$$

Аналіз рівнянь регресії показує, що найбільший вплив на якість продукції має температура замісу тіста (фактор x_1). Збільшення значення цього показника в обраному факторному просторі має призводити до збільшення питомого об'єму хлібобулочного виробу разом зі збільшенням вологості тіста (x_2) та зменшенням тривалості бродіння тіста (x_3).

Таблиця 4.3 – План повнофакторного експерименту та значення вихідного параметру Y

№ п/п	План повнофакторного експерименту			Умови проведення експерименту			Середнє значення функції відгуку $Y_{\text{сер}} \times 10^{-6} \text{ м}^3 / 100\text{г}$
	X_1	X_2	X_3	температура тіста, °C	вологість тіста, %	тривалість бродіння, $t \times 60$, с	
1.	-	-	-	33	48	45	297
2.	+	-	-	43	48	45	312
3.	-	+	-	33	52	45	330
4.	+	+	-	43	52	45	340
5.	-	-	+	33	48	50	309
6.	+	-	+	43	48	50	298
7.	-	+	+	33	52	50	303
8.	+	+	+	43	52	50	303

Отримані рівняння регресії були використані для пошуку екстремального значення. План оптимізації розраховувався з нульового рівня. На основі розрахунку плану оптимізації були знайдені нові кроки для всіх факторів: $S_1 - 0,33$, $S_2 - 0,06$, $S_3 - 6,0$. Плани оптимізації та результати експерименту наведено в таблиці.4.4. Рекомендованими параметрами приготування тіста з вівсяного толокна з додаванням ГДЛ та казеїну є такі: температура під час замісу тіста – 38...42 °C, вологість тіста – 49,5...51,2%, тривалість бродіння тіста – $(35...55) \times 60$ с. За результатами експериментальних досліджень та регресійного аналізу отримано наступне адекватне рівняння регресії:

$$Y_1 = 331,04 + 6,89x_1 + 2,44x_2 - 5,14x_3 - 6,04x_1x_2 - 1,53x_1x_3 - 8,04x_2x_3 + 150,21x_1x_2x_3$$

Таблиця 4.4 – План і результати оптимізації режимів приготування вівсяного тіста з додаванням ГДЛ

№ з/п	X_1	X_2	X_3	Середнє значення функції відгуку $Y_{сер}, м^3 / 100г$
1.	40	50	60	310
2.	40,33	50,06	54	345
3.	40,66	50,12	48	350
4.	40,99	50,18	42	350
5.	41,32	50,24	36	320
6.	41,65	50,30	30	300
7.	41,94	50,36	24	280

Знайдено нові кроки всіх факторів, а саме: $S_1 - 0,51$, $S_2 - 0,03$, $S_3 - 6,0$. План оптимізації та результати проведених експериментів наведено в табл.4.5. Рекомендованими параметрами приготування тіста з додаванням ГДЛ та казеїну за результатами оптимізації є такі: температура тіста – $40...41,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, вологість тіста – $50...51\%$, тривалість бродіння – $(40...60) \times 60\text{с}$.

Таблиця 4.5 – План та результати оптимізації режимів приготування вівсяного тіста з додаванням ГДЛ та казеїну

№ з/п	X_1	X_2	X_3	Середнє значення функції відгуку $Y_{сер}, м^3 / 100г$
1.	40	48	60	338
2.	40,51	48,03	54	340
3.	41,02	48,06	48	348
4.	41,53	48,09	42	345
5.	42,04	48,12	36	325
6.	42,55	48,18	30	310
7.	43,06	48,24	24	290

За результатами експериментальних досліджень нами встановлено раціональні технологічні режими виробництва хлібних виробів з вівсяного толокна з додаванням ГДЛ та казеїну. З врахуванням експериментальних досліджень та методів математичної обробки експериментальних даних передбачено приготування тіста з вівсяного толокна вологістю $51...52\%$, температури замісу тіста ($38...42^{\circ}\text{C}$); поєднання операцій бродіння тіста і розстоювання заготовок

(рекомендовано розстоювання тіста у формах для випікання хліба) тривалість вистоювання 45 хвилин. Для виробництва хлібних виробів з вівсяного толокна може бути використане традиційне обладнання.

Висновки за розділом 4

1. Проведено порівняльний аналіз впливу поліпшувачів на показники технологічного процесу та якість вівсяного хліба із застосуванням досліджуваної сировини. Встановлено, що внесення ГДЛ у кількості 1,0 % до маси толокна сприяє збільшенню кількості CO₂ утвореного за період дозрівання тіста, активізує накопичення кислотності та призводить до покращення питомого об'єму та пористості виробів на 15 % по відношенню до зразка без поліпшувачів.

2. Для отримання хліба кращої якості з ГДЛ обґрунтовано доцільність сумісного внесення досліджуваного гідроколоїду з казеїном за співвідношення 1,0 % до 5,0% відповідно, що сприяє більш вираженому прояву його поверхневих властивостей. Позитивний ефект полягає у зростанні питомого об'єму готових виробів, покращенні пористості м'якушки та її задовільних пружно-еластичних характеристик.

3. Встановлено, що додаткове внесення обраних поліпшувачів за співвідношенням 1,5% до 7,0% відповідно зумовлює незначне зниження газоутворення в тістових заготовках з казеїном та ГДЛ за час бродіння..

4. Доведено, що використання ГДЛ у кількості 1,0% та казеїну у кількості 5,0 % до маси толокна покращує показники якості готових виробів, а саме хлібні вироби характеризуються більш високими показниками пористості (покращується більше 20 %), загальної деформації м'якушки та зменшеною крихкуватістю.

5. Визначення оптимальних технологічних параметрів для покращення показників якості вівсяного хліба здійснювали з використанням експериментально-статистичного моделювання, за результатами якого встановлені оптимальні режими тістоприготування.

РОЗДІЛ 5 ПЕРЕБІГ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ У ВІВСЯНОМУ ТІСТІ З КАЗЕЇНОМ ТА ГЛЮКАНО-ДЕЛЬТА-ЛАКТОНОМ

Найбільш тривалим етапом виробництва хлібних виробів є бродіння тістових напівфабрикатів, протягом якого відбувається значна кількість мікробіологічних, колоїдних та біохімічних процесів. При дослідженні впливу глюкано-дельта-лактону та казеїну на показники технологічного процесу та якість хліба з вівсяного толокна (розділи 3 та 4) було з'ясовано, що їх включення до рецептури сприяє покращенню якісних характеристик готових хлібних виробів.

Для вивчення походження поліпшуючої дії запропонованої сировини на якість вівсяного хліба доцільно дослідити її вплив на перебіг основних процесів, що протікають під час дозрівання тіста.

5.1 Дослідження біохімічних процесів у вівсяному тісті

5.1.1 Визначення впливу рецептурних компонентів на інтенсивність бродіння тіста

Одним з найважливіших показників, які характеризують інтенсивність спиртового бродіння в процесі приготування тіста, вважають газоутворення, яке значно впливає на об'єм і розпушеність тістових напівфабрикатів, формування їх структурно-механічних властивостей, а також накопичення речовин, які беруть участь у формуванні органолептичних показників якості готових хлібних виробів. Він відображає як активність дріжджових клітин, так і забезпеченість їх цукрами та азотовмісними речовинами, а також окисно-відновні властивості середовища. Тому, важливим було дослідження інтенсивності процесу бродіння в тісті з досліджуваною сировиною. Результати відображені у вигляді рис. 5.1.

Встановлено, що застосування глюкано-дельта-лактону та казеїну сприяє інтенсифікації процесу спиртового бродіння, про що свідчить більш активне накопичення діоксиду вуглецю. При цьому сумарна кількість виділеного вуглекислого газу за 90 хв бродіння тіста з вівсяного толокна збільшується у 2,5 рази порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється збагаченням тіста білками та активізацією дії цукрів, які утворюються в результаті гідролітичного розкладу крохмалю толокна.

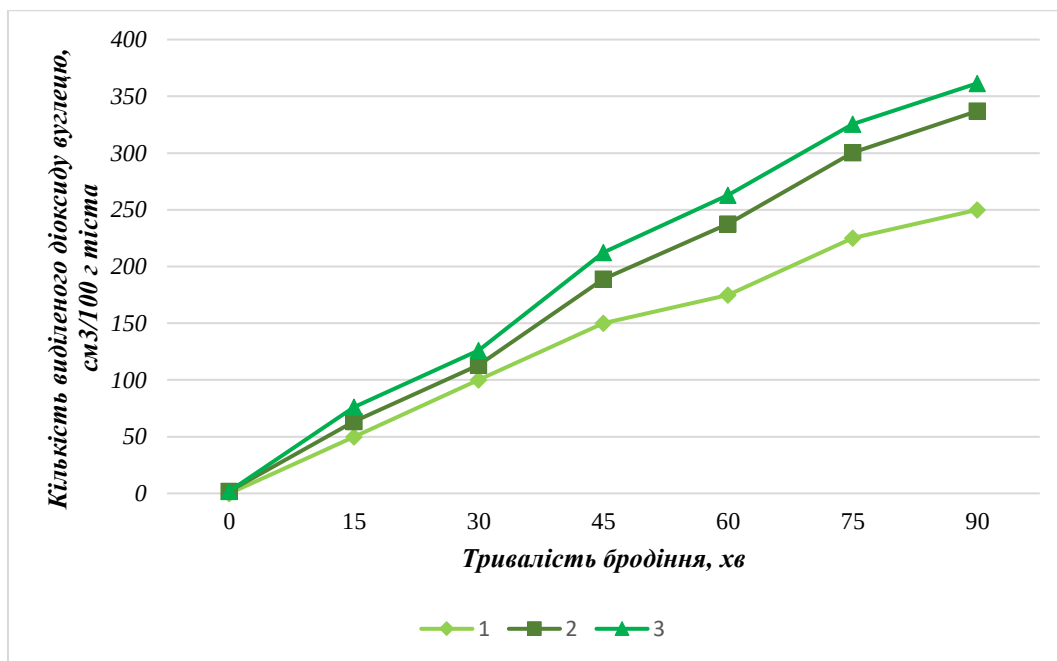


Рис. 5.1 – Газоутворення у тісті з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

З рис. 5.1 видно, що в тісті з внесенням глюкано-дельта-лактону та казеїну, загальне газоутворення збільшується на 25% порівняно зі зразком без добавок. Відомо, що внесення деяких поліпшувачів при замішуванні тіста може призводити до підвищення газоутворення у ньому [132]. Очевидно, отримані дані пояснюються дією глюкановою складовою гідроколоїду, яка сприяє більш ефективному доступу продуктів живлення до дріжджової клітини.

Дані газоутворення в тісті з додатковим внесенням виключно ГДЛ свідчать про зростання в даному зразку сумарної кількості виділеного вуглекислого газу в процесі дозрівання лише на 20% у порівнянні із контрольним зразком. Причиною зниження газоутворення, ймовірно, є погіршення бродильної активності дріжджових клітин внаслідок підвищення осмотичного тиску в тістовій системі при наявності в рідкій фазі тіста в'язкого розчину ГДЛ. Це перешкоджає доступу поживних речовин до сахароміцетів та обумовлює їх недостатнє харчування. Зменшення загальної кількості вуглекислого газу в кінці бродіння тіста з ГДЛ, вірогідно, пов'язано з ущільненням його структури, яка сприяє покращенню газоутримувальної здатності, але призводить до погіршення газопроникнення.

Відповідно до припущень науковців [49, 55], критерієм бродильної активності дріжджів у тістовій системі є швидкість газоутворення, а її зміни у часі характеризують хід бродіння. Тому, після аналізу загальної кількості виділеного діоксиду вуглецю проведено дослідження динаміки газоутворення, результати яких представлено на рис. 5.2.

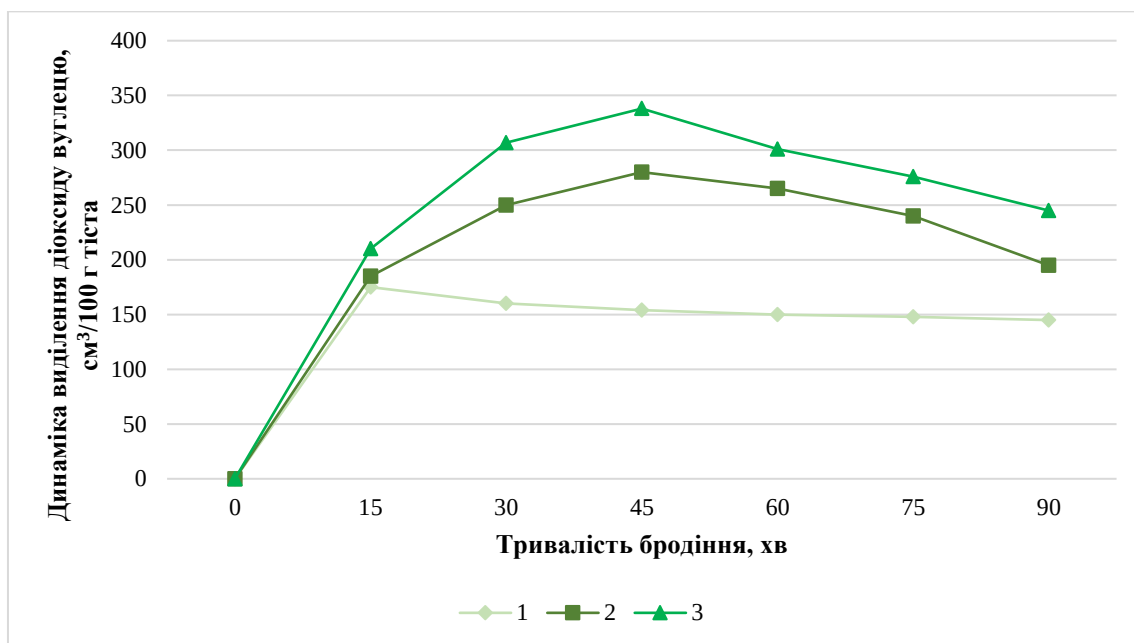


Рис. 5.2 – Динаміка газоутворення в тісті з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном).

З рис. 5.2 прослідковується стійка тенденція більш інтенсивного виділення діоксиду вуглецю у дослідних зразках тіста порівняно з контролем, що обумовлено збільшенням кількості поживних речовин у тісті з вівсяного толокна із застосуванням глюкано-дельта-лактону, а також позитивною дією казеїну, що загалом забезпечує активізацію бродильного середовища.

Аналіз динаміки газоутворення у тісті з досліджуваною сировиною свідчить про різний час зброджування дріжджами цукрів порівняно з контрольним зразком. Результати зміни швидкості газоутворення при дозріванні дослідних зразків фіксують, що протягом перших 45–50 хвилин відбувається інтенсивне спиртове бродіння у вівсяному тісті, яке зумовлене активним зброджуванням власних цукрів та утворених під час амілолізу крохмалю вівсяного толокна. Далі прослідковується певне зниження інтенсивності спиртового бродіння у дослідних зразках тіста, що

вказує на дефіцит моносахаридів та адаптацією дріжджів до зброджування мальтози.

Зрозуміло, що на початку процесу дозрівання тістових напівфабрикатів, в першу чергу, зброджуванню піддається глюкоза та сахароза, яка гідролізується до простіших цукрів – глюкози та фруктози. Дані моносахариди швидко асимілюються дріжджами, розпочинаючи процес спиртового та молочнокислого бродіння, що забезпечує початкове підвищене утворення вуглекислого газу, як продукту життєдіяльності дріжджових клітин [47].

За даними проведених досліджень встановлено, що в результаті збільшення в розроблених зразках тістових напівфабрикатів кількості виноградного цукру (глюкози), швидкість газоутворення зростає до максимуму протягом 45–50 хв на першому етапі бродіння. Включення до складу тістової системи комплексу ГДЛ та казеїну продукує виділення додаткової кількості цукрів, що являється продуктом живлення дріжджових клітин на другому етапі дозрівання. Під час досліджень було помічено продовження нетривалого процесу газоутворення через 120–130 хв бродіння. Однак, тістові напівфабрикати на цьому етапі характеризувались погіршеним значенням питомого об'єму, що проявлялось їх осіданням. Стає зрозумілим, що подовження процесу дозрівання понад 2 год відображатиметься негативно на структурно-механічних властивостях напівфабрикатів і, відповідно, готових виробів.

Одержані результати підтверджують доречність проходження одностадійного бродіння, на що вказує достатнє забезпечення даного процесу цукрами. Очевидним припущенням є те, що за умови гальмування бродіння тіста з вівсяного толокна через перерву на перебудову ферментної системи дріжджових клітин на зброджування мальтози є технологічно не доцільним.

В ході аналітичного огляду літературних джерел виявлено, що за досягненням максимальної швидкості газоутворення можна визначити загальну тривалість процесу приготування тіста [14]. Так, з діаграми на рис. 5.2 зрозуміло, що пік швидкості газоутворення в тістових напівфабрикатах, на основі вівсяного толокна із застосуванням ГДЛ та казеїну, досягається протягом 45...50 хв, а

подальше бродіння характеризується зниженням процесу газоутворення. Це може стати підґрунтям для фіксації фінальної стадії дозрівання тіста з толокна. Варто відмітити, що для контрольного зразка екстремум показника газоутворення проявляється на 15 хв дозрівання, що пояснюється низьким вмістом в ньому власних цукрів та цукроутворювальною здатністю вівсяного толокна.

Враховуючи результати досліджень, встановлено, що краща швидкість газоутворення та фіксація оптимального зниження після екстремуму по стіканню 45 хв бродіння тістових напівфабрикатів, отриманих із включенням до рецептури ГДЛ та казеїну, дозволяє стверджувати про їх готовність.

5.1.2 Дослідження динаміки кислотонакопичення у вівсяному тісті

Дозрівання тістових напівфабрикатів характеризується накопиченням кислореагуючих сполук, що є продуктами життєдіяльності молочнокислих бактерій, дріжджів та продуктів гідролізу полімерів тіста, для яких притаманна кисла реакція.

В свою чергу, кислотність має фінальне технологічне значення, адже кислоти накопичуються в напівфабрикатах, цим самим провокують набухання та пептизацію речовин білкового походження, активізацію ферментів толокна, дріжджів, формують задовільні органолептичні властивості та структурно-механічні показники якості готових хлібних виробів [61, 114]. Дослідженнями науковців встановлено, що для хліба з традиційних видів борошна - пшеничного та житнього, кислотність не повинна перевищувати 3,0 град та 10,0 град відповідно [167]. Для аглютенових хлібних виробів нормативних меж показника кислотності не затверджено.

Об'єктивною характеристикою ступеню готовності тістових напівфабрикатів являється титрована кислотність. Відповідно, активність дріжджів та ферментів безпосередньо залежить від рН середовища. Таким чином, подальші дослідження були зосереджені на визначенні динаміки титрованої та активної кислотності тіста з вівсяного толокна зі запропонованими поліпшувачами під час дозрівання на

протязі 90 хв. Отримані дані зміни показника титрованої кислотності тістових НФ представлено на рис. 5.3.

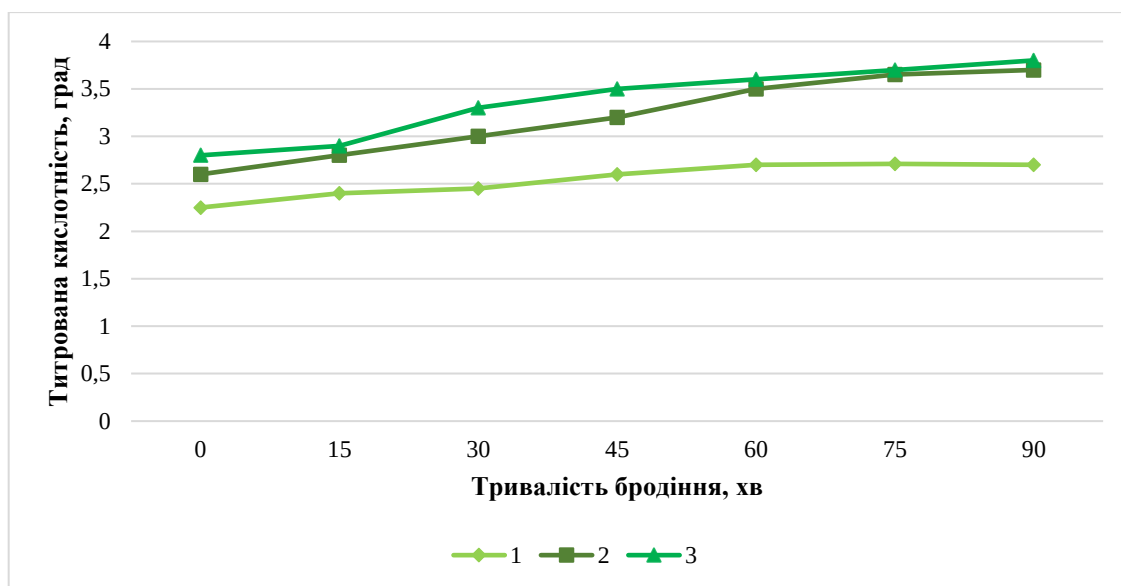


Рис. 5.3 – Динаміка зміни титрованої кислотності тіста з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

На основі аналізу отриманих даних встановлено, що при застосуванні ГДЛ та казеїну спостерігається інтенсивніше підвищення кислотності під час дозрівання тістових напівфабрикатів у порівнянні з контролем. Так, зростання початкової кислотності тіста, практично на 1,5 град, зумовлено кислотною природою ГДЛ, що створює оптимальні умови для дії амілаз. Ще поясненням цього може бути більш активна життєдіяльність молочнокислих бактерій та дріжджів, що на пряму залежить від рецептурного складу живильного середовища та від кількості моно- та дисахаридів.

Розробка тіста з включенням лише ГДЛ призводить до незначного уповільнення кислотонакопичення в тісті. Так, наприкінці процесу бродіння титрована кислотність тістового напівфабрикату зростає у порівнянні з контролем на 0,9 град. Такий результат пояснюється зниженням газоутримувальної здатності отриманих зразків та зменшенням сумарної кількості виділеного діоксиду вуглецю.

Слабка дисоціація органічних кислот, які утворюються за період дозрівання, є результатом зниженням активної кислотності тістових напівфабрикатів протягом всієї тривалості бродіння (рис. 5.4).

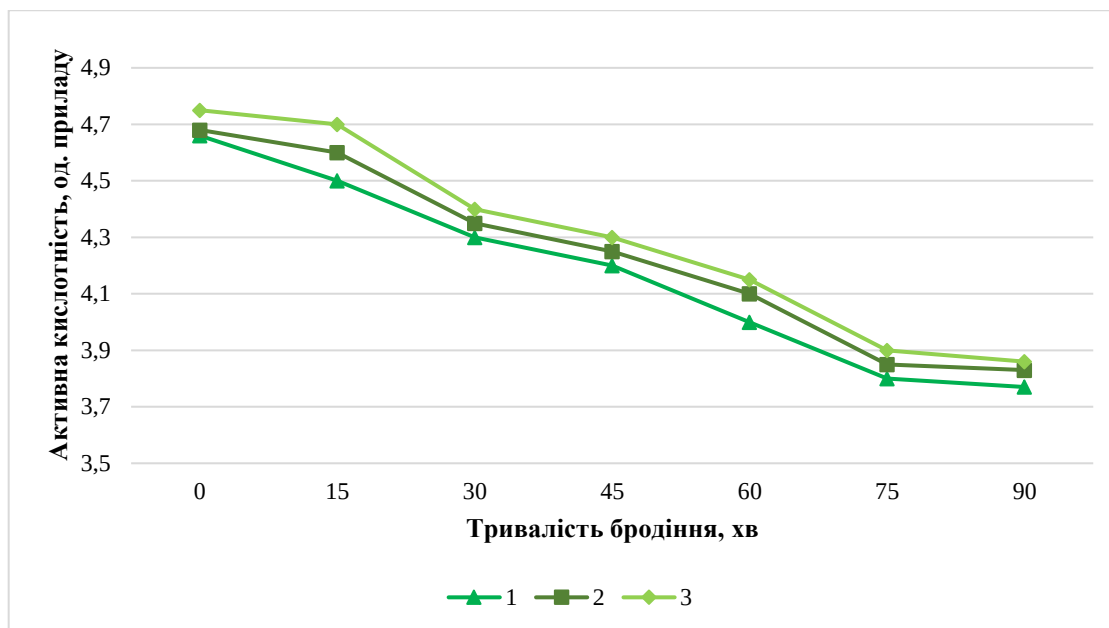


Рис. 5.4 – Динаміка зміни активної кислотності тіста з вівсяного толокна:

1 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3– Зразок 1 (без добавок);

В процесі формування тіста з вівсяного толокна початкове значення рН середовища дещо знижується, що є результатом дії ГДЛ, цим самим забезпечуючи сприятливі умови для бродіння напівфабрикатів. Варто відзначити, що рівень активної кислотності знаходиться в межах оптимальних значень для життєдіяльності бродильної мікрофлори. Тому, застосування глюкано-дельта-лактону в технології хлібних виробів є доцільним задля забезпечення рН тіста, і, відповідно, дріжджові клітини проявляють кращу ферментативну активність, а білки ліпше пептизуються.

Враховуючи результати рис. 5.4, зрозуміло, що значення рН зразків тістових напівфабрикатів з вівсяного толокна з внесенням поліпшувачів корелювали зі зміною їх показників титрованої кислотності.

Внесення казеїну призводить до незначного зниження початкової активності тістових напівфабрикатів. Пояснення цього може полягати у буферних властивостях білків у водному розчині, адже дані полімери являються амфотерними електролітами та мають здатність приєднувати кислотні та основні угруповання.

В цілому зміна рН тістових напівфабрикатів з вівсяного толокна є несуттєвою. Використання запропонованої сировини проявляє більш виражений вплив на

показник титрованої кислотності тістових систем з вівсяного толокна, значення якої за цей період дозрівання підвищується в межах 0,7–0,9 град. Очевидно, що в експериментальних зразках більше вуглекислого газу розчиняється в рідкій фазі напівфабрикату з подальшим утворенням вугільної кислоти, яка через слабку дисоціацію на іони впливає на загальну кислотність тіста [36, 39].

Паралельно з цим прослідковується тенденція до зменшення інтенсивності кислотонакопичення в тістових напівфабрикатах через 45...50 хв дозрівання, тоді як для контрольного зразка така динаміка відбувається через 15...20 хв. Одержані дані аналізу систематизуються з результатами процесу газоутворення у тісті.

Окрім зміни титрованої кислотності та рН середовища, під час бродіння характерною також є зміна окисно-відновного потенціалу тістового напівфабрикату.

5.1.3 Вплив досліджуваної сировини на окисно-відновний потенціал вівсяного тіста

Процес дозрівання тістових напівфабрикатів включає перебіг реакцій окисно-відновної дії, що проявляють залежність від обсягу та концентрації безпосередніх компонентів процесів та їх походження. Окисно-відновний потенціал (ОВП) дозволяє зрозуміти інтенсивність протікання перетворень у контрольному середовищі, а також забезпечує діяльність ферментативного комплексу системи. Відповідно, протікання життєдіяльності дріжджових мікроорганізмів проявляє залежність до рівня окиснення середовища [8].

Для своїх досліджень ОВП виражали через від'ємний логарифм парціального тиску молекулярного водню p_{H_2} , який дозволяє прогнозувати сумарний окисно-відновний стан середовища. Ступінь зміни значення p_{H_2} виражає інтенсивність процесів, притаманних процесу бродіння тіста, до того ж активність бродіння буде зростати зі збільшенням відновлюваних умов створених у тістових напівфабрикатах. Величина p_{H_2} лежить в межах зміни від 0 до 40 і вказує на ступінь відновлення (рух до 40) або окиснення (рух до 0) середовища, тобто, від насичення тіста молекулами водню до насичення киснем [6]. В процесі бродіння дріжджового

тіста значення ОВП зменшується, а під час ферментації бездріжджового – збільшується. Все тому, що в результаті життєдіяльності сахароміцетів відбувається накопичення речовин (етиловий спирт, ацетальдегід) з властивостями відновного характеру. У вигляді рис. 5.5 представлені отримані дані зміни ОВП під час бродіння тістових НФ з досліджуваної сировини.

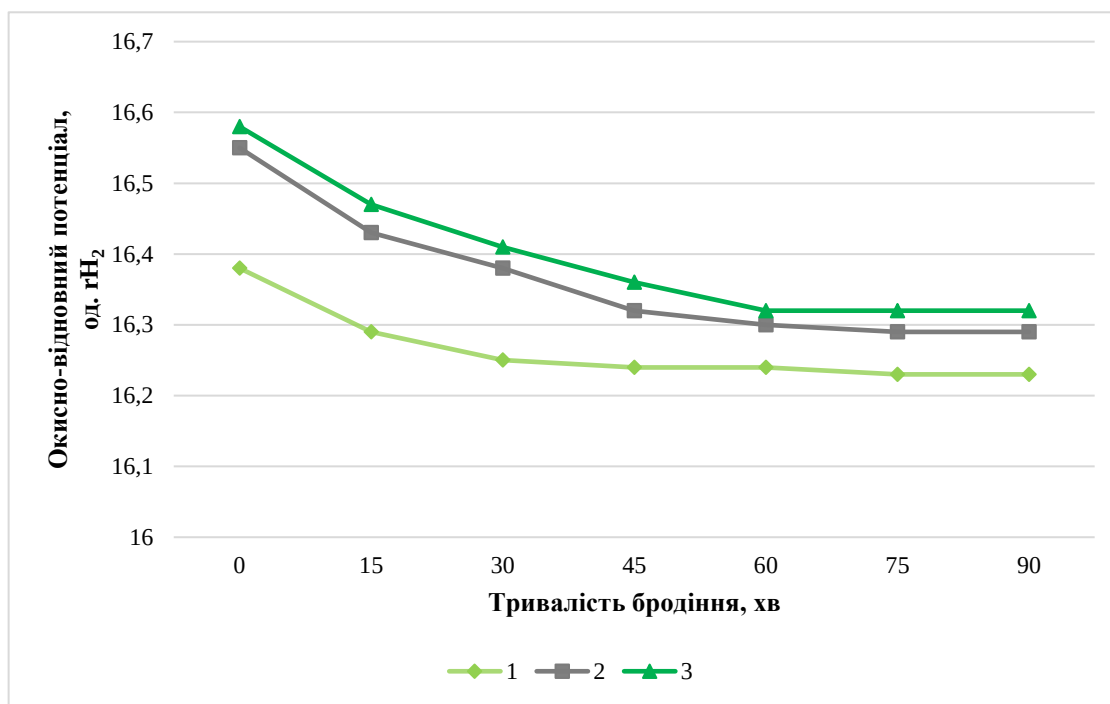


Рис. 5.5 – Динаміка зміни ОВП тіста з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

Підсумовуючи отримані результати зміни ОВП тіста з вівсяного толокна встановлено, що в зразках із використанням ГДЛ та казеїну створюються більш відносні умови, що має позитивну дію - активізація перебігу мікробіологічних процесів. Це пояснюється збільшенням кількості простих цукрів (глюкози та мальтози), а як свідчать дані [133, 138], цукри виступають відновниками у вівсяному тісті.

Також внесення комплексу ГДЛ та казеїну сприяє активізації діяльності дріжджової мікрофлори через поліпшення рівня доступності поживних речовин, важливих для метаболізму сахароміцетів під час дозрівання тістових напівфабрикатів.

Період стабілізації величини гН₂ являється ключовим етапом при визначенні готовності тіста. Оптимальним його можна вважати за швидкості зміни гН₂

близької до нуля. За умови досягнення динамічної рівноваги між окисненими та відновленими формами структурних сполук у тістових напівфабрикатах перехід електронів із однієї форми на іншу стабілізується, та відповідно НФ набуває оптимального рівня готовності [47]. Досліджено, що активність бродіння розроблених зразків з внесенням ГДЛ набуває тенденції до зменшення по закінченню 50 хв дозрівання, що пов'язано з недостатньою кількістю зброджуваних цукрів. Для тіста, виготовленому без використання поліпшувачів, така тенденція стабілізації значення rH_2 прослідковується через 30 хв. Встановлені результати динаміки зміни величини rH_2 під час бродіння тістових напівфабрикатів корелюють з даними їх титрованої та активної кислотності.

Беручи до уваги проведені дослідження можна припустити, що час бродіння тіста з вівсяного толокна становитиме 45 хв, адже така тривалість дозволяє досягнути найвищої інтенсивності мікробіологічних процесів.

5.1.4 Вплив аглютенової сировини на підймальну силу дріжджів

Бродильну активність дріжджових мікроорганізмів можна характеризувати ступенем впливу рецептурної сировини та поліпшувачів на їх підймальну силу, яка на пряму залежить від кінцевої біологічної активності та адаптованості до анаеробних чинників життєдіяльності сахароміцетів у тістовій системі [145]. Дані отримані під час дослідження систематизовано та представлено на рис. 5.6.

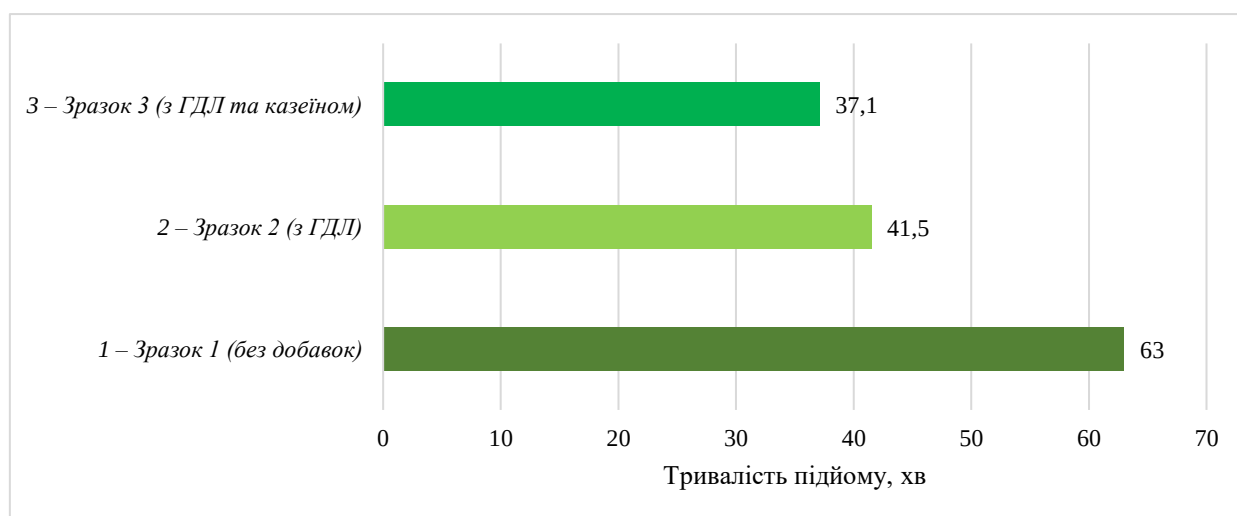


Рис. 5.6 – Динаміка підйимальної сили дріжджів у тістових НФ

Підтверджено, що сумісне внесення глюкано-дельта-лактону та казеїну у тісто з використанням вівсяного толокна позитивно впливає на активність дріжджових молекул під час бродіння. Даний ефект пояснюється кращою доступністю цукрів, сформованих в ході гідролізу, до дріжджових мікроорганізмів та більш інтенсивним виділенням молекул діоксиду вуглецю. В цьому випадку підймальна сила дріжджів зростає на 11,8 % порівняно зі зразком тіста, приготованим на основі включення ГДЛ без додавання казеїну.

Зміна підймальної сили дріжджів у тістових напівфабрикатах з досліджуваною сировиною корелює з активністю їх дозрівання. Так, період підйому тістових заготовок з ГДЛ та казеїном до дотику з перекладиною був на 4,4 хв довшим у порівнянні зі зразком без казеїну. Для тістового напівфабрикату з вівсяного толокна без поліпшувачів показник підймальної сили дріжджів є зниженим. Низька кількість власних цукрів вівсяного толокна з урахуванням низької активності АФ не дозволяє забезпечити оптимальну інтенсивність бродіння тістової заготовки, яка є ключовим фактором для досягнення перекладини згідно методики визначення підймальної сили дріжджів.

Здійснений аналіз результатів дозволяє підсумувати, що включення до рецептури обраних компонентів для приготування тістових напівфабрикатів з вівсяного толокна дає позитивний вплив на перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів.

5.1.5 Активність молочнокислих бактерій

Під час дозрівання дріжджового тіста окрім спиртового бродіння під дією гомо- та гетероферментативних молочнокислих бактерій (МКБ) здійснюється ще молочнокисле. В результаті якого відбувається перетворення цукрів у молочну кислоту та незначну кількість летких кислот. Інтенсивність протікання такого бродіння впливає на величину кислотності тістових напівфабрикатів і, відповідно, готових хлібних виробів. Так, спостерігається залежність, що вироби з більшою кислотністю проявляють стійкість до впливу мікробіологічного псування під час зберігання.

Враховуючи таку тенденцію було досліджено активність МКБ у розроблених зразках з метою аналізу впливу обраної сировини та покращувачів на мікрофлору тіста з вівсяного толокна. Беручи до уваги результати попередніх досліджень, розраховано оптимальну тривалість бродіння, яка складає до 45–50 хв, тому і визначення проводили протягом цього періоду та представили у вигляді рис. 5.7.

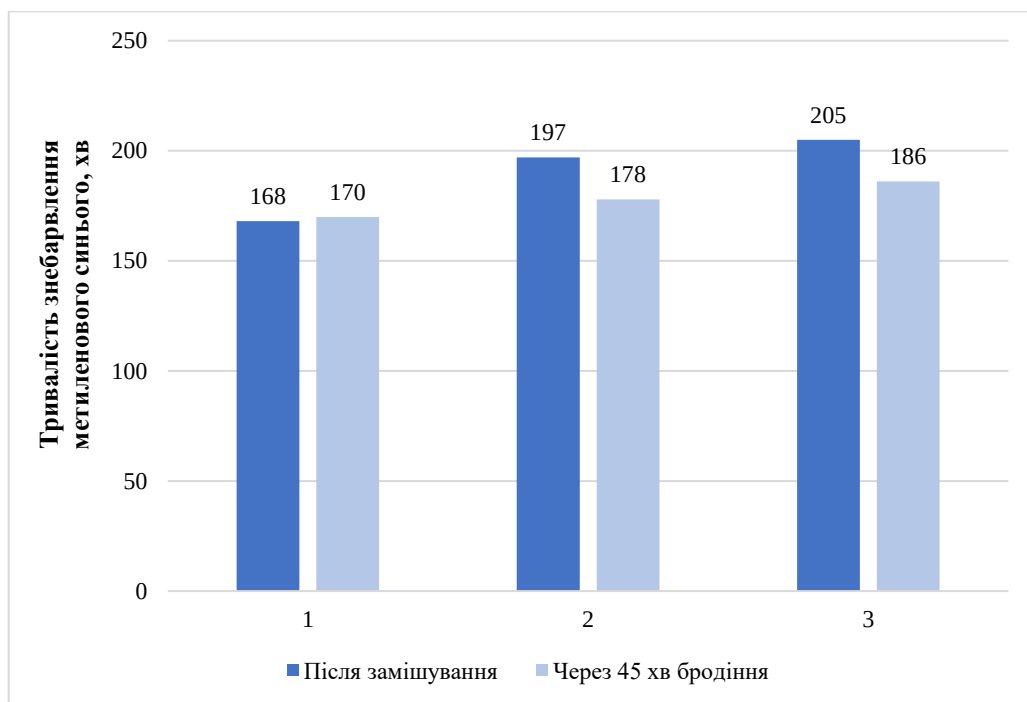


Рис. 5.7 – Активність МКБ у тістових НФ з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

Проаналізувавши різницю часу для знебарвлення метиленового синього молочнокислими бактеріями для досліджуваних зразків, визначено, що життєдіяльність цих мікроорганізмів має аналогічну закономірність зі зміною підйімальної сили дріжджів. Адже, з рис. 5.7 встановлено, що тривалість знебарвлення індикатора для зразка тістового напівфабриката із застосуванням ГДЛ при додаванні казеїну в кінці бродіння є кращою на 8,0 % у порівнянні зі зразком з ГДЛ.

Одержані результати можна пояснити активізацією молочнокислих бактерій за рахунок накопичення простих цукрів, яке відбувається за наявності казеїну в тістових напівфабрикатах та поступового гідролізу крохмалю вівсяного толокна під час замішування тіста. Утворені цукри легко засвоюються мікроорганізмами, що спонукає більш інтенсивне виділення продуктів життєдіяльності – органічних

кислот, вуглекислого газу, що в свою чергу, забезпечує повноцінне протікання фізичних, біохімічних та колоїдних процесів [138].

Включення ГДЛ при формуванні тістових напівфабрикатів з вівсяного толокна сприяє збільшенню тривалості, необхідної для зникнення синього кольору барвника на 4,5 % через 45 хв бродіння. Такий результат свідчить про незначне зниження інтенсивності дії молочнокислих бактерій при застосуванні поліпшувача.

В той час, динаміка зміни забарвлення метиленової сині, при досліджуванні контрольного зразка, не спостерігалась протягом тривалого часу. Така реакція є результатом низької активності молочнокислих бактерій у тістовій системі без використання поліпшувачів через недостатню кількість живильного середовища.

Таким чином, через 45 хв бродіння зразки тістових НФ з досліджуваною сировиною проявляють вищу активність МКБ в порівнянні з контролем.

5.1.6 Визначення кількості органічних кислот у вівсяному тісті

При формуванні органолептичних властивостей готових хлібних виробів важливу роль відіграє накопичення органічних кислот під час бродіння за рахунок життєдіяльності дріжджових мікроорганізмів та молочнокислих бактерій. Адже, від їх загальної кількості та співвідношення у тістових напівфабрикатах буде залежати рівень рН середовища та закономірності підвищення значень титрованої кислотності НФ.

Таким показником, що характеризує смакову кислотність хлібних виробів являється вміст летких кислот. Для встановлення їх обсягу керувались напівмікрометодом ВНДІХП [116, 172] по закінченню процесу замішування та дозрівання тістових зразків (табл. 5.1).

В результаті встановлено, використання обраних структуроутворювачів у рецептурі хлібних виробів з вівсяного толокна забезпечує підвищення продуктивності летких кислот бактеріальною мікрофлорою тістових напівфабрикатів під час бродіння у 2,5–3,5 разів порівняно з контрольним зразком. Загальне збільшення вмісту летких кислот у розроблених зразках тіста сприяє поліпшенню колоїдних та біохімічних процесів.

Таблиця 5.1 – Вміст летких кислот у тістових напівфабрикатах з вівсяного толокна та готових хлібних виробів

$n = 3, p \geq 0,95$

Показники	Контрольний зразок (без добавок)	Зразки тістових напівфабрикатів з вівсяного толокна	
		з ГДЛ	з ГДЛ та казеїну
Тістовий напівфабрикат (після замішування)			
Титрована кислотність, град.	2,2	2,4	2,38
Вміст летких кислот, % від загальної кислотності	15,1	14,6	13,03
Тістовий напівфабрикат (через 45 хв бродіння)			
Титрована кислотність, град.	2,25	2,6	2,64
Вміст летких кислот, % від загальної кислотності	15,8	15,6	14,4
Приріст вмісту летких кислот вкінці бродіння, % від загальної кислотності	0,7	1,0	1,4
Хлібний виріб			
Титрована кислотність, град.	2,3	2,9	2,9
Вміст летких кислот, % від загальної кислотності	12,4	12,8	11,7

Зменшення вмісту летких кислот у готових хлібних виробках на 18,7–21,5 % порівняно з їх обсягом у виброджених тістових напівфабрикатах, очевидно, пов'язано з їх завітрюванням під дією температури пекарської шафи.

Підсумовуючи дані табл. 5.1 зрозуміло, що кількість летких кислот від загальної кислотності зразків тіста з вівсяного толокна із застосуванням поліпшувачів є меншим, ніж в контролі.

Скоріше всього, це пов'язано з тим, що при включенні досліджуваних компонентів життєдіяльність мікрофлори тістових напівфабрикатів інтенсифікується і забезпечує збільшення обсягу нелетких органічних кислот. Така тенденція пояснює необхідність визначення кількісного та якісного складу нелетких кислот для досліджуваних зразків (табл. 5.2).

Результати свідчать, внесення поліпшувачів під час замішування тіста не впливає на стартовий вміст молочної, бурштинової та яблучної кислот.

При виробництві хлібних виробів найбільше ціниться кількість молочної кислоти, яка утворюється в тістових напівфабрикатах за період молочнокислого бродіння. З даних табл. 5.2 видно, що процес накопичення молочної кислоти в тісті з вівсяним толокном та ГДЛ проходить в рази ефективніше порівняно з контролем.

Так, кількість молочної кислоти, протягом 45 хв бродіння, перевищує в 1,5 разів сумарний вміст кислоти у контрольному зразку. Очевидно, що такий результат забезпечується за рахунок створення більш оптимальних умов для діяльності молочнокислих бактерій.

Таблиця 5.2 – Вміст нелетких кислот у тістових НФ з вівсяного толокна
 $n = 3, p \geq 0,95$

Тістові напівфабрикати з вівсяного толокна	Органічні кислоти, мг/100 г		
	молочна	сумарна кількість яблучної та бурштинової	сумарна кількість лимонної та виноградної
Контроль (без поліпшувачів):			
після замішування	84,0	11,4	9,6
через 45 хв бродіння	101	14,8	12,4
З ГДЛ:			
після замішування	86,4	12,3	11,5
через 45 хв бродіння	155,3	18,1	14,9
З ГДЛ та казеїну:			
після замішування	85,9	12,4	11,3
через 45 хв бродіння	154,8	17,6	14,6

Сумісне включення казеїну та ГДЛ зумовлює незначне зниження кількості молочної кислоти за період бродіння тістових напівфабрикатів. Загальна кількість бурштинової та яблучної кислот за 45 хв бродіння тістових напівфабрикатів із внесенням казеїну та ГДЛ збільшилась на 18,9 % порівнюючи з контролем. А сумарний обсяг лимонної та виноградної кислот в досліджуваних зразках з додаванням поліпшувачів перевищує їх вміст у контролі на 17,7 % та 20,2 % відповідно.

Отже, дослідження вмісту органічних кислот у тістових напівфабрикатах з вівсяного толокна корелює із загальною тенденцією зміни кислотності тіста, за рахунок чого доречним є прогнозування поліпшення смакових характеристик готових хлібних виробів з досліджуваними рецептурними складовими.

5.2 Дослідження в'язко-пластичних властивостей тіста з вівсяного толокна

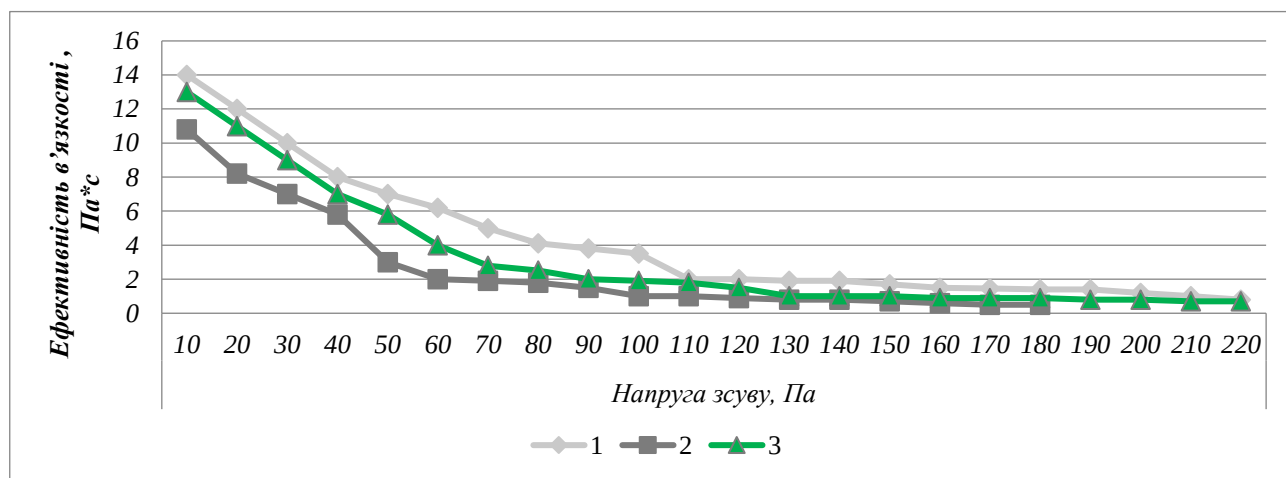
Протікання ряду процесів, таких як біохімічні, колоїдні, мікробіологічні, під час дозрівання тістових напівфабрикатів зумовлює зміну їх в'язкості. Підвищений ступінь в'язкості тіста негативно впливає на розпушеність м'якушки та призводить до формування товстостінної пористості, а понижена в'язкість може

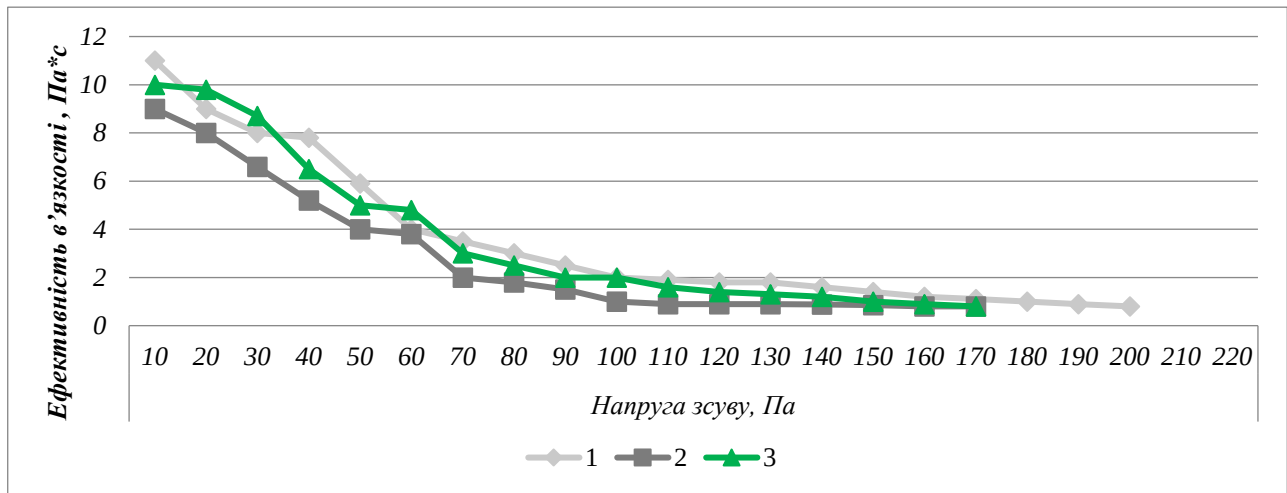
завдати руйнівну дію на стан пор, що призводить до їх злиття та забезпечення неоднорідності [35, 46].

Отримані дані в ході пробних лабораторних випікань свідчать, що хлібні вироби, приготовлені на основі вівсяного толокна та включенням запропонованих поліпшувачів, відрізняються за показниками якості від контрольного зразка. Тому, враховуючи результати досліджень, наступним етапом стало визначення впливу обраних структуроутворювачів на реологічні показники тістових напівфабрикатів з вівсяного толокна.

Дослідження проводили за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2», задля встановлення характеру та рівня впливу добавок на в'язко-пластичні властивості тістової системи. Враховуючи результати пробних лабораторних випікань, обирали складові модельних зразків. Так, для аналізу готували модельні системи вологістю 65-70 % із внесенням поліпшувачів, визначали вплив казеїну та ГДЛ на їх ступінь в'язкості. Отримані дані порівнювали з показниками контрольного зразка.

Визначення проводили одразу після замісу та протягом 45 хв бродіння тіста, при дванадцяти швидкостях зсуву ротору, використовували циліндр S_2 і режим роботи A_1 . Базуючись на результатах, встановлювали закономірності залежності ефективної в'язкості η від напруги зсуву τ_r і відображали дані на кривій течії $\eta = f(\tau_r)$. Кінцеві дані досліджень представлені на рис. 5.8 та 5.9.





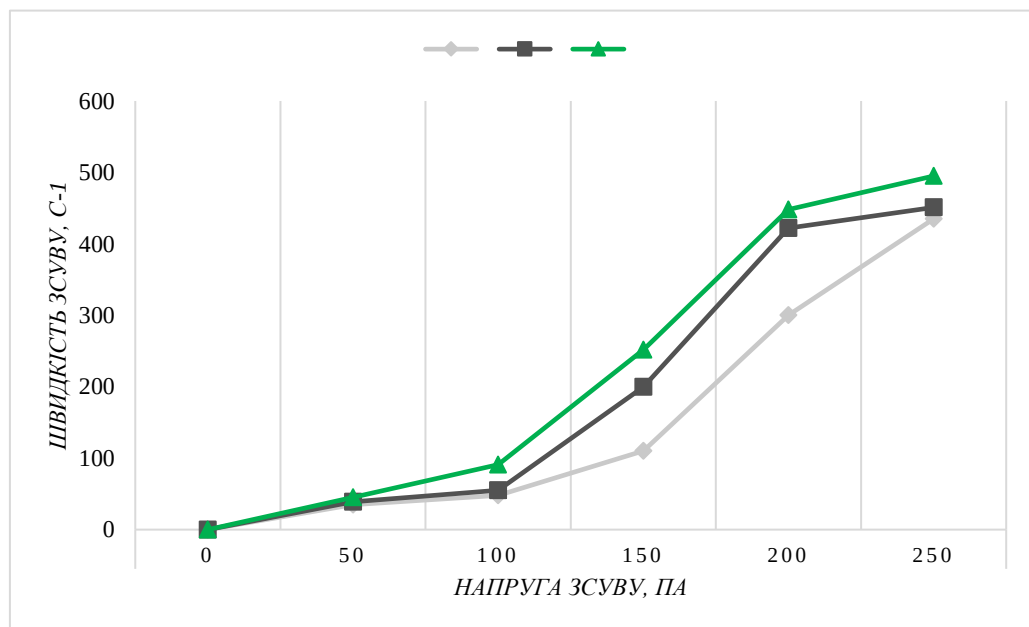
Б

Рис. 5.8 – Реологічні криві в'язкості:

А – після замісу тістового напівфабрикату, Б – після 45 хв бродіння;

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

За результатами реологічних кривих в'язкості (рис.5.8) очевидно, що одразу після замішування тіста значення ефективної в'язкості для зразків із використанням поліпшувачів зменшується порівняно з контролем.



А

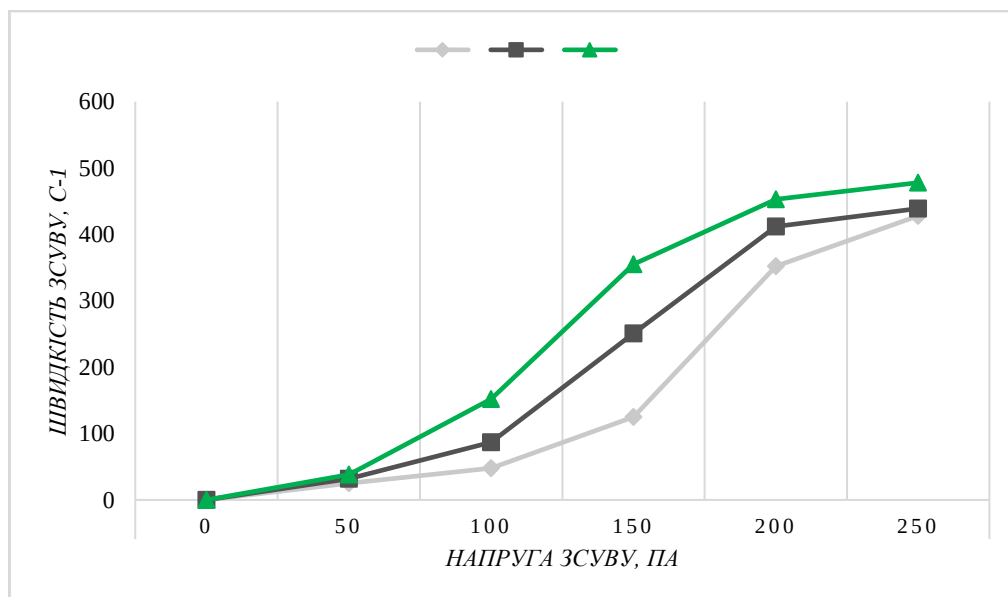
**Б**

Рис. 5.9 – Реологічні криві течії:

А – після замісу тістового напівфабрикату, Б – після 45 хв бродіння;

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

Опрацювання результатів (рис. 5.9) дозволяє стверджувати, що включення казеїну до тістового напівфабрикату з вівсяного толокна зумовлює зростання його ефективної в'язкості після замісу по відношенню до модельного зразка з ГДЛ. Зміцнення тістової системи в даному випадку, очевидно, являється результатом взаємодії його білкової фракції з активними групами молекул тваринного білка [168].

Покращення характеристик в'язкості тістової системи з казеїном у поєднанні з ГДЛ обумовлено гідратаційними властивостями полісахариду та його здатністю утворювати гелеву систему в розчиненому стані. Саме тому внесення поліпшувачів спричиняє зміни вуглеводневої та білкової структур напівфабрикату, що відображаються на посиленні міжмолекулярної взаємодії та ущільненні структури тістового НФ, за рахунок утворення додаткових іонних солевих та водневих зв'язків.

З огляду на рис. 5.9 видно, що показник напруги зсуву збільшується для тістових зразків з ГДЛ та казеїном з ГДЛ на 11,6 % та 24,5 % відповідно, в порівнянні з контрольним зразком.

В ході бродіння в'язкість тістових моделей змінюється під впливом мікробіологічних, колоїдних та біохімічних процесів. Залишкова деформація, що накопичується в тісті під час дозрівання зумовлює міграцію шарів тіста один одного внаслідок руйнування структурної сітки. А така дія, безпосередньо, впливає на в'язкість тістового напівфабрикату, що слугує структурно-механічним бар'єром при формуванні та руйнуванні його структури [33, 55].

Огляд кривих в'язкості дозволяє зрозуміти, що протягом 45 хв бродіння ефективна в'язкість для всіх досліджуваних систем зменшується у зв'язку з процесом гідролізу біополімерів тіста. Для детальної характеристики зміни цього показника проводили визначення ступеню розрідження (K_p) підготовлених зразків в процесі дозрівання (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – В'язкість модельних систем залежно від впливу досліджуваної сировини

Найменування досліджуваного зразка	Ефективна в'язкість, Па*с		Ступінь розрідження (K_p), %
	η_k (після замішування)	η_n (після 45 хв бродіння)	
Зразок 1 (без добавок)	14,86	11,00	20,5
Зразок 2 (з ГДЛ)	10,82	9,16	15,8
Зразок 3(з казеїном та ГДЛ)	13,35	10,22	18,8

Здобуті результати свідчать про уповільнення розслаблення структури модельних тістових систем за період бродіння. Відповідно, ступінь розрідження напівфабрикатів з досліджуваною сировиною знижується по відношенню до контролю. Так, при внесенні ГДЛ різниця становить 22,9 %, а за умови сумісного внесення казеїну та ГДЛ – 8,3 %. Зміни реологічних характеристик пояснюються здатністю декстринів зв'язувати значну кількість вільної вологи, високою активністю ненасичених жирних кислот в утворенні комплексів з білками та крохмальними полісахаридами вівсяного толокна.

Сумісне внесення казеїну та ГДЛ в якості структуроутворювачів призводить до зниження ступеню розрідження тістового напівфабрикату у порівнянні з контрольним зразком. Тому, можна підсумувати та висловити гіпотезу, що включення такої комбінації поліпшувачів значно підвищує структурну в'язкість тіста з вівсяного толокна. За період бродіння тістових напівфабрикатів значення

напруги зсуву також зменшується, межа практично зруйнованої структури тістової моделі з ГДЛ становить 110 Па, зразок з казеїном та ГДЛ – 125 Па, в той час як для контрольного зразка – 152 Па.

За показниками рис. 5.9 видно, що при використанні поліпшувачів та запропонованої сировини реологічні криві течії зміщуються в бік менших граничних значень напруги зсуву, що говорить про аерації тістового напівфабрикату з вівсяного толокна. Очевидно, включення ГДЛ сумісно з казеїном призводить до інтенсифікації спиртового бродіння та покращення здатності утримувати CO₂, що відображається на розпушеності тістової моделі. До того ж, зусилля, що затрачається на руйнування тістової структури значно зменшується.

Послаблення ефективної в'язкості тістового НФ та напруги зсуву по відношенню до контролю можна зазначити як випадок поліпшуючого ефекту. В результаті меншого показника в'язкості тіста пухирці повітря, що формують дисперсну фазу, під час випікання збільшуються в об'ємі, відповідно НФ менше осідає та забезпечує більший питомий об'єм та пористість готовій продукції.

В'язкість тіста характеризується здатністю до розпливання, адже ця ознака обумовлена зміщенням шарів тістового напівфабрикату у зв'язку зменшення внутрішнього тертя системи [59, 98]. Дане твердження вважається непрямим доказом змін, що виникають під час дозрівання тістової заготовки (рис. 5.10).

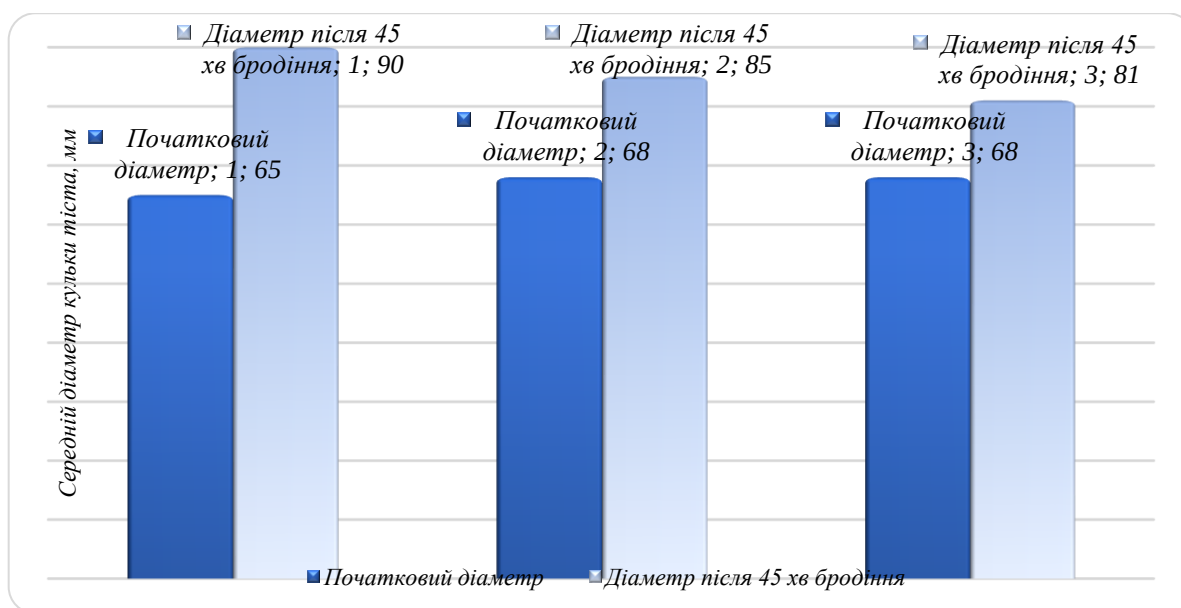


Рис. 5.10 – Розпливання тіста з вівсяного толокна

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

Отримані дані свідчать про те, що за період бродіння (45 хв) тістові НФ з використанням досліджуваної сировини показник розпливання збільшується у 1,3 разів у порівнянні з контролем. Поясненням цьому являється низька активність ферментативних процесів у тісті з вівсяного толокна без поліпшувачів, тому протікання процесу бродіння відбувається із меншою інтенсивністю.

Підвищення значення розпливання кульки тіста для досліджуваних зразків, приготованих з використанням ГДЛ, зумовлене зниженням їх в'язкості, за рахунок дегідратаційних властивостей цукрів та деполімеризації складових толокна під час бродіння. За період контакту молекул цукрів з молекулами води, за рахунок покриття гідратною оболонкою, відбувається збільшення їх міжмолекулярного об'єму паралельно зі зниженням швидкості дифузії при набуханні біополімерів. До того ж, величині розрідження сприяє підвищення вмісту вільної води в досліджуваних моделях тіста, у зв'язку зі зменшення обсягу крохмальних зерен, здатних набрякати в результаті адсорбційного поглинання ними вологи.

За результатами досліджень очевидно, що внесення ГДЛ та казеїну до тістової системи з вівсяного толокна дозволяє нівелювати незадовільний вплив утворених цукрів, про що вказує зменшення розпливання тістового напівфабрикату із застосуванням структуроутворювачів по відношенню до контрольного зразка.

Так, аналіз показника розпливання кульки тіста підтверджує закономірності змін ефективної в'язкості тістових зразків, встановлені за допомогою «Реотест-2».

Важливим етапом досліджень є вивчення впливу рецептурних компонентів на газоутримувальну здатність тістових НФ, тому що цей показник зумовлює розтяжність та утримання вуглекислого газу під час бродіння, і в цілому, характеризує структурно-механічні властивості тістових заготовок.

5.3 Вивчення впливу рецептурних компонентів на зміну питомого об'єму тіста в процесі бродіння

Дослідженнями попередників встановлено вплив двох факторів, які формують об'єм тістових НФ та від яких залежить газоутримувальна здатність. Мова йде про структурно-механічні властивості тіста та процес інтенсивності

виділення молекул CO_2 , тобто, бродіння [60, 82, 98]. З урахуванням даних щодо реологічних властивостей та мікробіологічних процесів тістових моделей з використанням поліпшувачів та запропонованих компонентів, можна прогнозувати покращення здатності щодо газотримання.

З метою підтвердження даного припущення, наступним кроком було дослідження процесу зміни питомого об'єму тістових заготовок від старту бродіння до моменту його опадання (рис. 5.11).

Здобуті результати свідчать про незначне збільшення питомого об'єму зразків з ГДЛ у порівнянні з контролем. Така тенденція є очікуваною, адже вівсяне толокно як альтернативна борошняна сировина характеризується відсутністю клейковинного каркасу, а це призводить до вивільнення CO_2 під час бродіння тістових НФ. Цей процес базується на підвищенні тиску всередині тістової заготовки, що призводить до утворення тріщин на поверхні, через які вивільняються молекули CO_2 . Тому, об'єм тістових моделей зменшується, як результат, отримуємо хлібні вироби із незадовільним питомим об'ємом.

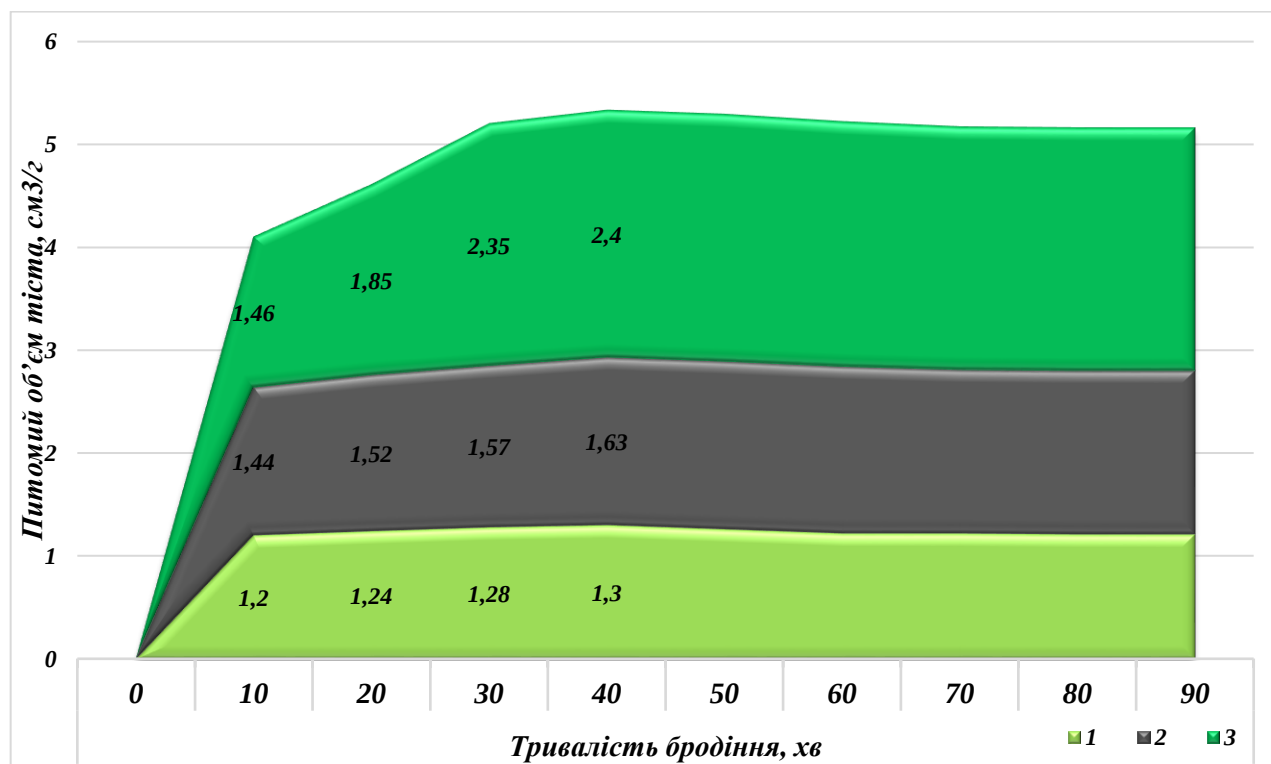


Рис. 5.11 – Зміна питомого об'єму тістових НФ з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

Зростання питомого об'єму тіста відбувається значно інтенсивніше при сумісному додаванні казеїну та ГДЛ, що пояснюється технологічними функціями структуроутворювача в харчових системах. А також причина полягає у властивостях казеїну, який у своєму складі містить гідрофобні та гідрофільні групи, що проявляють поверхнево-активні ознаки та посилюють поліпшуючі властивості білку в тістовій системі. Водоутримувальна здатність глюкано-дельта-лактону обумовлює підвищення питомого об'єму тістових напівфабрикатів. До того ж, особливості виробництва ГДЛ зумовлюють прояв поверхневої активності даного поліпшувача, що дозволяє йому діяти в тістовій системі як в ролі структуроутворювача так і емульгатора.

Так, аналіз даних рис. 5.11 відображає, що максимальний об'єм тістових зразків з сумісним включенням тваринного білка та ГДЛ досягається за 45 хв бродіння та фіксується до 60 хв, після чого спостерігається тенденція до зниження об'єму, тоді як для контролю період збереження вищої точки об'єму не перевищує межі 45..50 хв.

Отже, обробка даних дослідження з визначення впливу запропонованої сировини на зміну питомого об'єму тіста з вівсяного толокна за період бродіння вказує на доречності сумісного внесення казеїну та ГДЛ, адже таке рішення позитивно впливає на газоутримувальну здатність тістових напівфабрикатів, і відповідно, зумовлює отримання хлібних виробів із оптимальним показником об'ємного виходу.

5.4 Визначення впливу композиційних складових на адгезійні властивості вівсяного тіста

Відомо, що активну участь в процесі тістоутворення (замішування, розділення, формування) беруть сили адгезії. Будь-яка механічна обробка компонентів для виготовлення тістових систем базується на безпосередньому контакті з поверхнею деталей устаткування. За весь період формування тістових напівфабрикатів спостерігається процес адгезії (прилипання до робочих поверхонь обладнання) [134].

Загальна теорія адгезії включає стан та властивості адгезиву (тіста), такі як пружність, еластичність, в'язкість, і поверхневі властивості субстрату, а також їх взаємодію та фактори утворення адгезійного зв'язку. Такий зв'язок формується за рахунок контакту макромолекул тістових заготовок з поверхнею субстрату та утворенню адсорбційних (ван-дер-ваальсових) сил на поверхні розділу матеріалів [3, 134]. Дані умови вказують на залежність адгезійних властивостей тіста від його когезійних об'ємних (структурно-механічних) ознак.

Протікання процесу адгезії залежить від особливостей борошняної складової, нюансів технології приготування тістових систем, інтенсивності та тривалості замісу, вологості тіста, наявності допоміжних компонентів [14, 25, 134]. Ці відомості стали підґрунтям необхідності дослідження характеру впливу обраної сировини на адгезійні властивості тістових моделей, правильність побудови та аналізу якого дозволить зменшити втрати тіста в ході технологічного процесу та підвищити вихід готових хлібних виробів.

Визначення адгезійних властивостей розроблених тістових напівфабрикатів полягало у встановленні зусилля відриву шліфованого диску з нержавіючої сталі від поверхні тіста відразу після замішування та після 45 хв бродіння (рис. 5.12). напругу адгезії (Па) розраховували як відношення зусилля відриву до площі диска [175]. Період контакту тістових заготовок з площиною диску становив 60 с, тиск контактування – 7 Н.

Отримані дані показали, що найбільш вираженим є зростання міцності адгезії зразка тістового напівфабрикату із використанням структуроутворювача ГДЛ. Як відомо, адгезія тіста підвищується зі збільшенням вмісту продуктів гідролізу крохмалю, а також інших полімерів, які включають карбоксильні та гідроксильні групи [80, 134]. Так, адгезійна напруга тістових напівфабрикатів з ГДЛ після замішування підвищується на 13,6 % у зрівнянні з контролем.

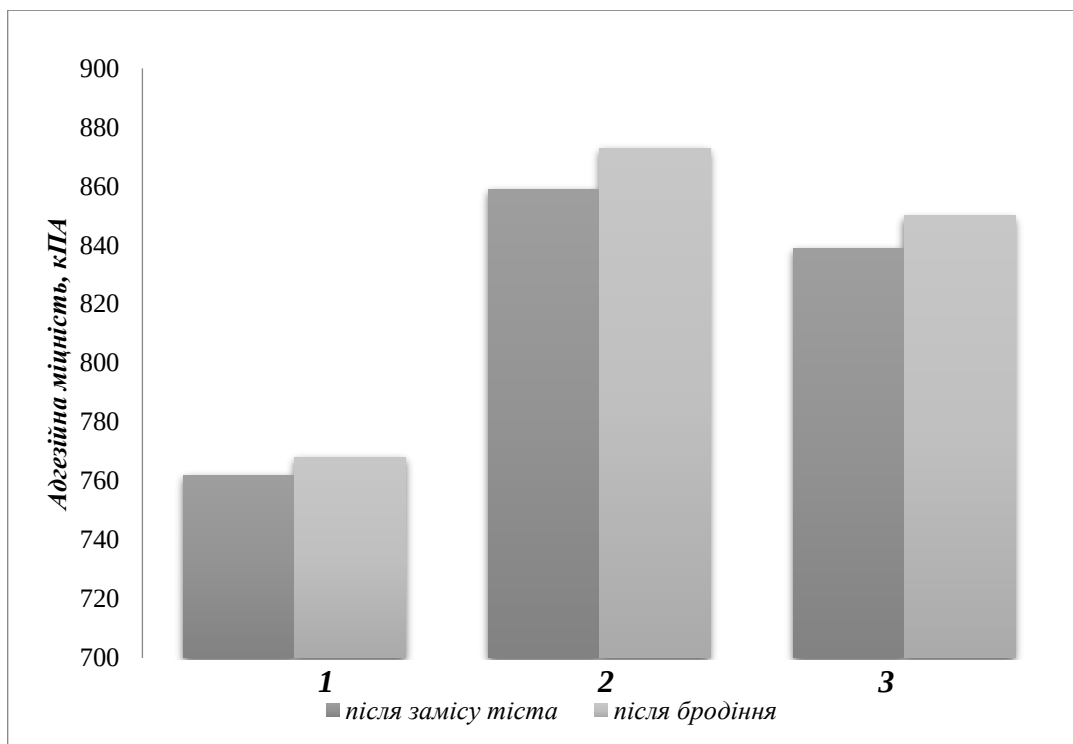


Рис. 5.12 – Адгезійні властивості тістових НФ з вівсяного толокна:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

З'ясовано, що протягом 45 хв бродіння досліджуваних тістових систем величина адгезії зростає у порівнянні з їх початковими значеннями, що зумовлено зменшенням в'язкості тістових напівфабрикатів за рахунок гідролізу біополімерів під час дозрівання. Проведеним експериментом встановлено, що значення напруги адгезії по закінченню бродіння для дослідних зразків з сумісним внесенням казеїну та ГДЛ являються меншими порівняно зі зразком з ГДЛ. Очевидно, це наслідок взаємодії внесених рецептурних інгредієнтів зі структурними компонентами тістових напівфабрикатів з подальшим утворенням комплексних сполук, які забезпечують формування структури тістової системи та якісних характеристик готових хлібних виробів.

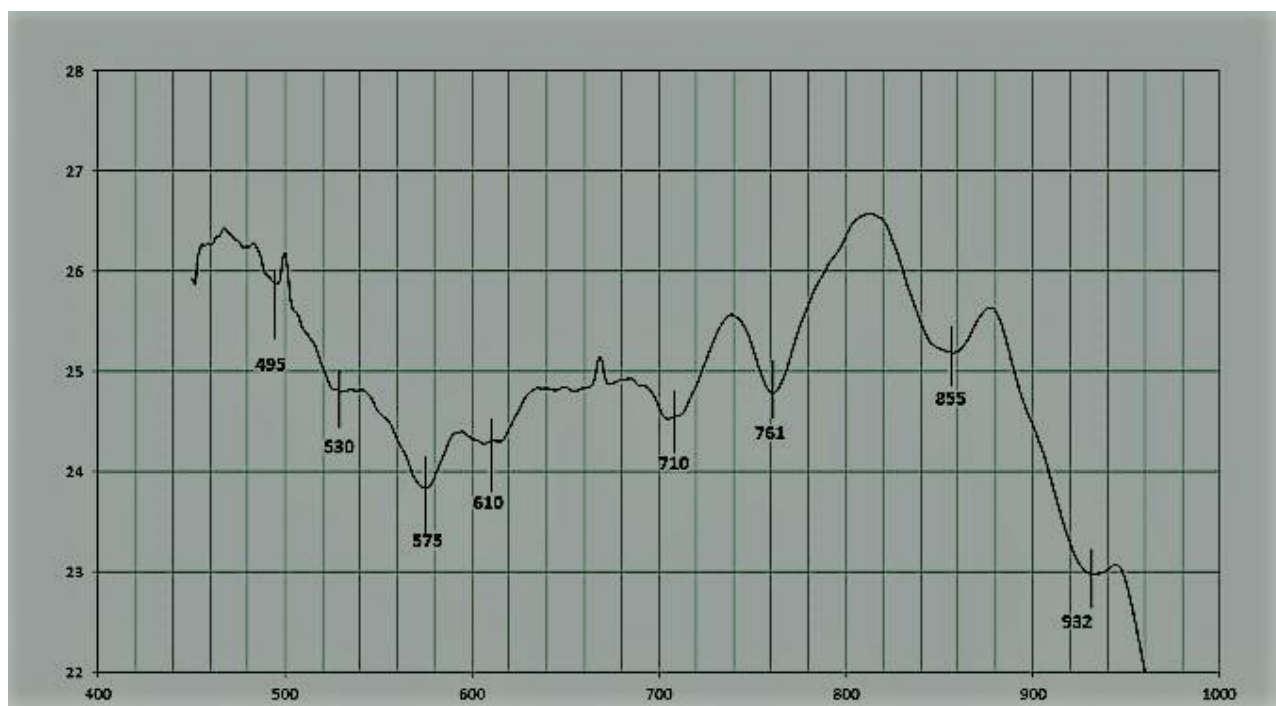
В підсумку проведених досліджень варто зазначити, що включення структуроутворювача ГДЛ до тістової системи з вівсяного толокна сприяє збільшенню сил когезії, тобто, зміцнення між структурними компонентами тіста, та зниженню сил взаємодії аглютенного тістового напівфабрикату з поверхнею устаткування, тобто, позитивно відображається на зменшенні прилипання тіста на робочі органи машин.

5.5 Визначення впливу рецептурних компонентів на фізичні та хімічні зміни в аглютенівому тісті ІЧ-спектроскопії

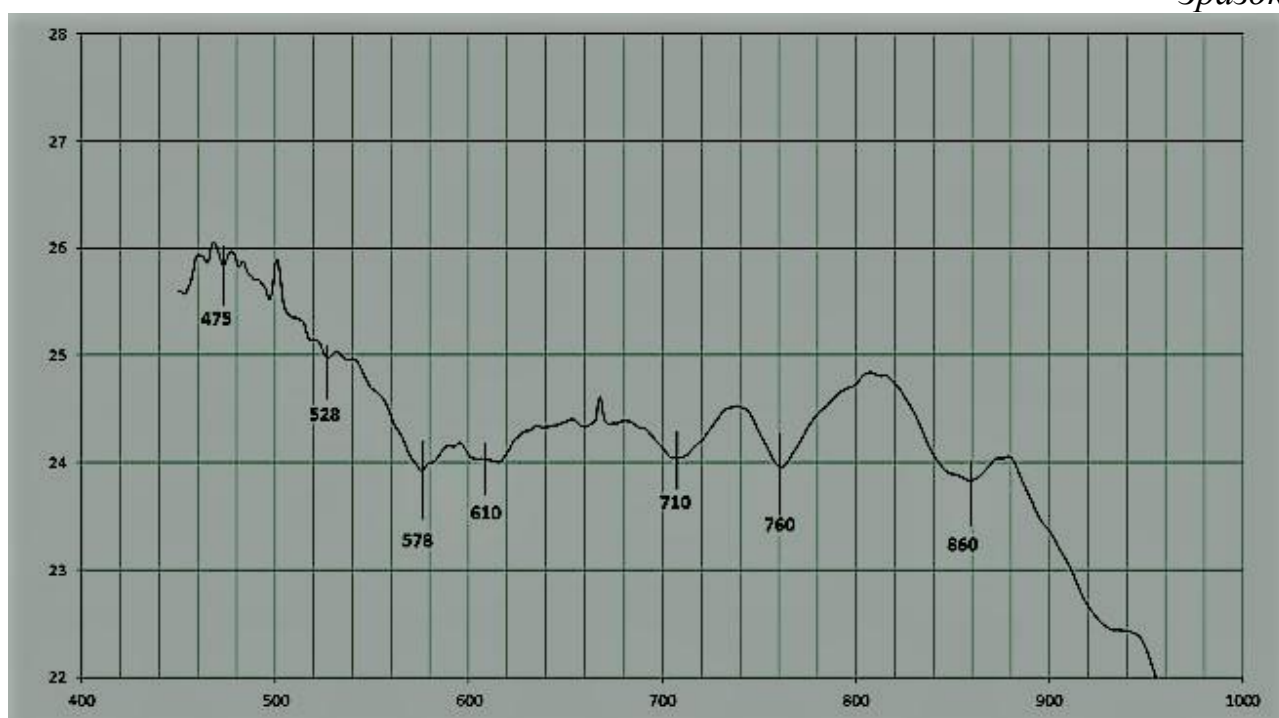
З метою отримання додаткової інформації щодо ключових процесів в тістових системах, що відбуваються під дією обраних компонентів, було прийнято рішення провести дослідження методом інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії.

Детальну інформацію про структурні відмінності молекулярних сполук різноманітної природи висвітлює процес поглинання в ІЧ-області в діапазоні хвильових чисел від 10000 см^{-1} до 5 см^{-1} (довжин хвиль $1000\text{--}2\cdot 10^6$). Хвильові числа, при яких спостерігається максимальне поглинання ІЧ-випромінювання, допомагають встановити в молекулах тістових зразків відповідні функціональні групи, а також їх міжмолекулярну взаємодію. За характером зміни інтенсивності смуг на ІЧ-спектрах можливо відслідкувати кінетику хімічних реакцій та проконтролювати перебіг технологічного процесу [84, 93, 130, 146]. Унікальність використання ІЧ-спектроскопії має потенціал для аналізу хімічних та фізичних перетворень хлібних тістових систем, що проявляються під час застосування обраної сировини та поліпшувачів, адже поглинання в спектрах можуть бути безпосередньо пов'язані з компонентами аглютенівового тіста та їх вірогідним синергізмом.

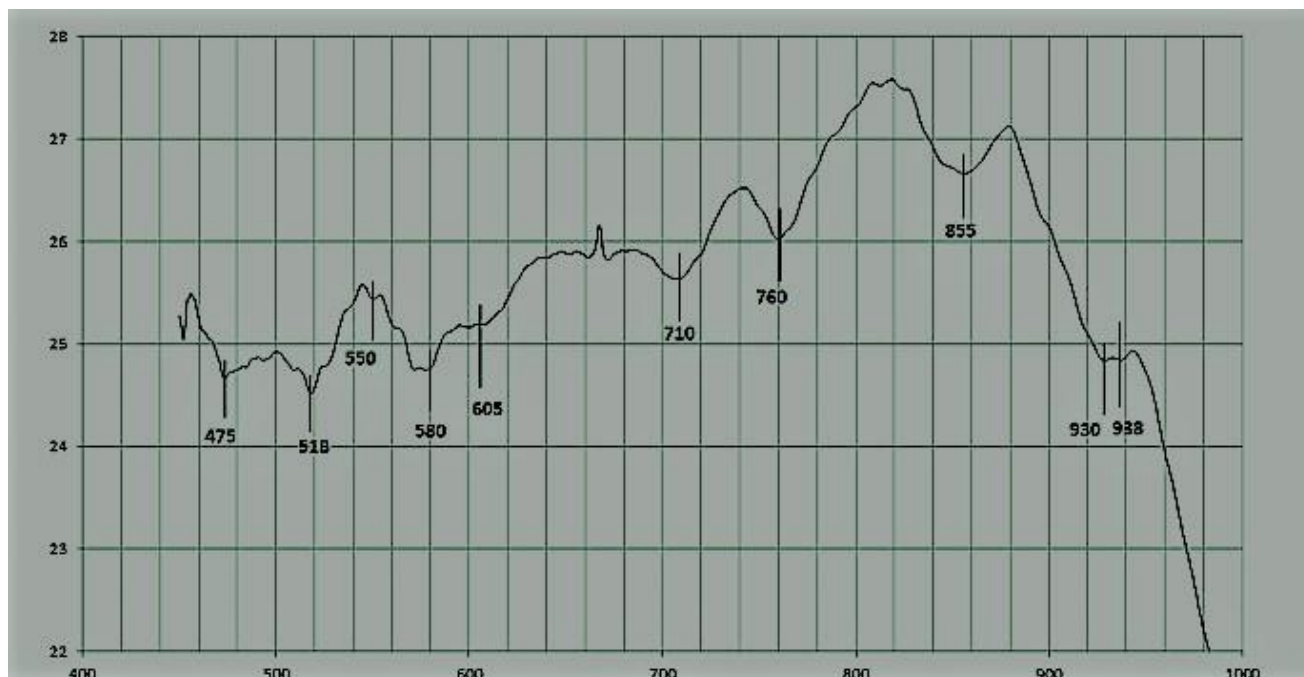
Для організації ІЧ-спектрального аналізу зразки тіста з вівсяного толокна готували за розробленими та обґрунтованими у розділах 3 та 4 рецептурними співвідношеннями. ІЧ-спектри представлені як рис. 5.13.



Зразок 1



Зразок 2



Зразок 3

Рис. 5.13 – ІЧ-спектри модельних тістових систем з вівсяного толокна

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном)

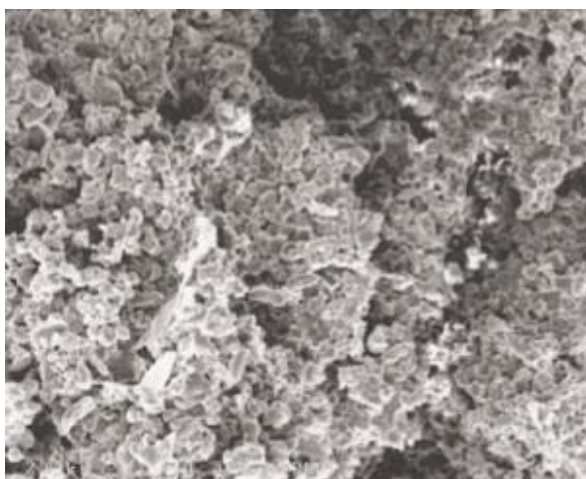
5.6 Дослідження мікроструктури вівсяного тіста

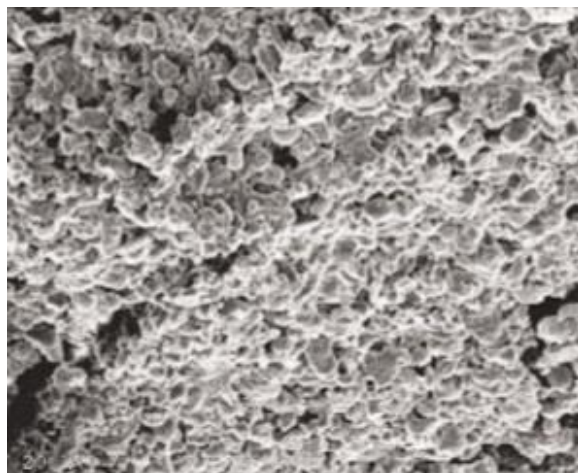
Задля встановлення процесу покращення якості вівсяних хлібних виробів, аналізували вплив підібраної сировини на структуру м'якушки виробів з використанням електронного скануючого мікроскопу.

Визначення структурних характеристик вівсяного хліба проводили по закінченню 3 год після випікання на мікроскопі JSM-6060 LA зі збільшенням у 1000 разів. Одержані матеріали представлені у вигляді рис. 5.14.

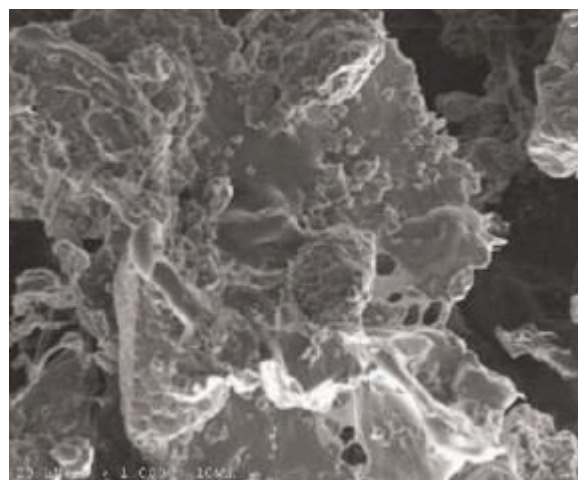
На основі отриманих даних встановлено, що для контрольного зразку (хлібний виріб без добавок) притаманна упорядкована структура крохмальних зерен, що практично не деформована, оскільки зберегла нативну форму. Швидше всього, це пояснюється зниженою активністю протікання біохімічних і мікробіологічних процесів у тістових напівфабрикатах. Таким чином, крохмаль у м'якушці хлібних виробів без добавок потребує вищої температури клейстеризації, що зумовлює практичну відсутність змін в ході мікроскопіювання в порівнянні з покращеними зразками.

Аналіз мікрофотографії м'якушки хліба «Вівсяного-покращеного» дає зрозуміти, що крохмальні зерна втратили чіткість форм. Висуваємо припущення, що під впливом запропонованих поліпшувачів та встановлених температурних режимів вони піддаються деформації, втрачаючи свою конфігурацію та утворюючи нечітку структуру. Так, як під час вивчення мікрофотографій м'якушки відсутні видимі гранули крохмалю, підтверджена раніше встановлена думка щодо механізму дії казеїну на крохмальні зерна вівсяного толокна. Включення білку тваринного походження до рецептури вівсяного хліба забезпечує утворення колоїдної плівки навколо зерен, а в ході випікання піддається денатурації та утворює в симбіозі з толокном цілі конгломерати [67]. Структуру хліба «Вівсяного» можна охарактеризувати як однорідну та більш суцільну з мінімальною кількістю газових порожнин порівняно зі структурою хліба «Вівсяного-покращеного». Очевидно, під дією високих температур гідратовані ланцюги ГДЛ в присутності крохмальних зерен вівсяного толокна активно співпрацюють, формуючи нові зв'язки [29]. В результаті будується система високої міцності, що не дає змоги розпізнати інші структурні одиниці.





2



3

Рис. 5.14 – Мікроструктура м'якушки вівсяного хліба зі збільшенням у 1000 разів:

1 – Зразок 1 (без добавок); 2 – Зразок 2 (з ГДЛ); 3 – Зразок 3 (з ГДЛ та казеїном

Підсумовуючи одержані дані, можна стверджувати, що формування денатурованої білкової мережі, в структурі м'якушки розроблених хлібних виробів, та природніх властивостей ГДЛ в комплексі дозволяють уникати певних руйнівних процесів, що зумовлюють черствіння готових виробів.

5.7 Визначення впливу досліджуваної сировини на кінетику цукрів у вівсяному тісті під час його дозрівання

Важливу роль відіграє вивчення балансу утворення та зброджування цукрів, адже ці знання дозволяють розумітись на мікробіологічних процесах у тістових системах, а також контролювати перебіг технологічного циклу. Від їх здатності накопичуватись у тісті пряму залежність проявляють ряд процесів, починаючи з

бродіння закінчуючи інтенсивністю утворення скоринки хлібних виробів та її забарвлення внаслідок реакції меланоїдиноутворення.

У зв'язку з гідролітичним розкладом крохмальних зерен, паралельно з процесом накопичення цукрів у тістових заготовках, прослідковується зброджування їх мікроорганізмами. Обсяг сахарів у тісті перед обробленням та випіканням на пряму залежить від співвідношення інтенсивності накопичення та зброджування цукрів у тістових напівфабрикатах внаслідок ферментативного гідролізу під впливом мікроорганізмів [89, 183].

Щоб встановити динаміку цукронакопичення підготовлювали бездріжджові тістові системи з досліджуваною сировиною, а для визначення вмісту зброджених сахарів у тісті з вівсяного толокна вносили 3 % дріжджів, всі добавки – в оптимальних дозуваннях. Замість тістових напівфабрикатів здійснювали за технологією, висвітленою в розділах 3 та 4.

Обсяг редукуючих цукрів знаходили після замішування та через 45 хв бродіння тістових заготовок. За значенням різниці між вмістом цукрів у бездріжджовому тісті після замішування та по закінченню 45 хв автолізу розраховували кількість накопичених цукрів. А встановлення масової частки сахарів, що в процесі дозрівання тіста збродили, здійснювали за показником різниці між сумарною кількістю цукрів у дріжджових напівфабрикатах після замісу і після 45 хв бродіння та загальним вмістом цукрів бездріжджового тіста. Отримані дані представлені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 - Обсяг редукуючих цукрів у тісті з вівсяного толокна (у перерахунку на мальтозу, % до СР, $\pm 0,05$)

$n = 3, p \geq 0,95$

Період відбору проби тіста	Зразок 1 (без добавок)	Зразок 2 (з ГДЛ)	Зразок 3 (з казеїном та ГДЛ)
Бездріжджове тісто			
Відразу після замішування	3,68	3,75	3,9
Через 45 хв автолізу	1,23	5,5	5,6
Утворилося цукрів	0,55	1,75	1,7
Дріжджове тісто			
Відразу після замішування	3,69	3,77	4,1
Через 45 хв бродіння	1,04	2,66	2,94
Зброджено цукрів	0,19	2,84	2,66

Доведено, що в процесі автолізу контрольного зразку тістового напівфабриката утворюється лише 0,55 % сахарів у перерахунку на СР, що пояснюється низьким рівнем амілолітичної активності толокна вівсяного.

Для забезпечення оптимального забарвлення скоринки хлібних виробів під час випікання та для забезпечення органолептичних показників, таких як смак та аромат, у тістових напівфабрикатах повинно бути близько 3 % цукрів перед завантаженням у пекарську піч [108]. Розрахована масова частка сахарів у тістових системах з вівсяного толокна без використання поліпшувачів через 45 хв бродіння (1,04 % СР) очевидно буде незадовільною кількістю для здійснення реакції Майяра та формування належних органолептичних параметрів якості готових хлібних виробів.

Згідно даних табл. 5.4 видно, що стартовий обсяг цукрів у досліджуваних зразках являється вищим як у бездріжджовому, так і у дріжджовому тісті, порівняно з контролем, оскільки для їх приготування було внесено поліпшувачі, які збільшують доступність моно- та дисахарів, утворених в результаті гідролітичного розкладу крохмальних зерен вівсяного толокна.

Масова частка накопичених цукрів у тісті із застосуванням ГДЛ є більшою у 3 рази порівняно з контрольним зразком, із-за інгібуючого впливу білкових фракцій на накопичення сахаридів, та поліпшуючих властивостей гідроколоїду, внаслідок чого покращується цукроутворювальна здатність вівсяного толокна.

Більш інтенсивне зброджування цукрів у дослідних зразках тістових напівфабрикатів характеризує мікробіологічні процеси в них більш активні, зумовлює підвищений рівень газоутворення, позитивний розвиток об'єму тістових систем та оптимальне забарвлення поверхні готових хлібних виробів.

У зразках дріжджового тіста з сумісним внесенням казеїну та ГДЛ спостерігається процес асиміляції сахароміцетами цукрів, про що свідчить незначне зменшення їх збродженої кількості по відношенню зі зразком з ГДЛ. Встановлені результати пояснюються певним погіршенням активності бродильної мікрофлори, у зв'язку з огортанням дріжджових клітин білковою плівкою.

Отже, вивчення результатів дослідження вказує про достатню забезпеченість сахарами процесу спиртового бродіння у тістових заготовках із застосуванням досліджуваної сировини. Такі дані пояснюються підвищенням процесу виділення діоксиду вуглецю в ході дозрівання тістових напівфабрикатів, а це в свою чергу, дозволяє отримати хлібні вироби із оптимальним питомим об'ємом, розвиненою пористістю та поліпшеними смаковими властивостями.

Ключові результати досліджень, викладені у розділі та опубліковано в [61, 159, 162].

Висновки за розділом 5

1. Здійсненими дослідженнями доведено, що сумісне внесення запропонованих поліпшувачів під час замішування тіста сприяє підвищенню показника газоутворення у 2,3 рази у порівнянні з контрольним зразком. Внесення комплексу ГДЛ та казеїну сприяє активізації діяльності дріжджової мікрофлори через поліпшення рівня доступності поживних речовин, важливих для метаболізму сахароміцетів під час дозрівання тістових напівфабрикатів. Час бродіння тіста з вівсяного толокна становитиме 45 хв, адже така тривалість дозволяє досягнути найвищої інтенсивності мікробіологічних процесів.

2. Використання обраних структуроутворювачів у рецептурі хлібних виробів з вівсяного толокна забезпечує підвищення продуктивності летких кислот бактеріальною мікрофлорою тістових напівфабрикатів під час бродіння у 2,5-3,5 разів порівняно з контрольним зразком.

3. Сумісне включення казеїну та ГДЛ зумовлює незначне зниження кількості молочної кислоти за період бродіння тістових напівфабрикатів. Загальна кількість бурштинової та яблучної кислот за 45 хв бродіння тістових напівфабрикатів із внесенням казеїну та ГДЛ збільшилась на 18,9 % порівнюючи з контролем. А сумарний обсяг лимонної та виноградної кислот в досліджуваних зразках з додаванням поліпшувачів перевищує їх вміст у контролі на 17,7 % та 20,2 % відповідно.

4. Дослідження вмісту органічних кислот у тістових напівфабрикатах з вівсяного толокна корелює із загальною тенденцією зміни кислотності тіста, за рахунок чого доречним є прогнозування поліпшення смакових характеристик готових хлібних виробів з досліджуваними рецептурними складовими

5. Ступінь розрідження напівфабрикатів з досліджуваною сировиною збільшується по відношенню до контролю. Зміни реологічних характеристик пояснюються здатністю декстринів зв'язувати значну кількість вільної вологи, високою активністю ненасичених жирних кислот в утворенні комплексів з білками та крохмальними полісахаридами вівсяного толокна.

6. За період бродіння (45 хв) тістові напівфабрикати з використанням досліджуваної сировини показник розпливання збільшується у 1,3 разів у порівнянні з контролем. Поясненням цьому являється низька активність ферментативних процесів у тісті з вівсяного толокна без поліпшувачів, тому протікання процесу бродіння відбувається із меншою інтенсивністю.

7. Зростання питомого об'єму тіста відбувається значно інтенсивніше при сумісному додаванні казеїну та ГДЛ, що пояснюється технологічними функціями структуроутворювача в харчових системах. А також причина полягає у властивостях казеїну, який у своєму складі містить гідрофобні та гідрофільні групи, що проявляють поверхнево-активні ознаки та посилюють поліпшуючі властивості білку в тістовій системі. Водоутримувальна здатність глюкано-дельта-лактону обумовлює підвищення питомого об'єму тістових напівфабрикатів. До того ж, особливості виробництва ГДЛ зумовлюють прояв поверхневої активності даного поліпшувача, що дозволяє йому діяти в тістовій системі як в ролі структуроутворювача так і емульгатора.

8. Обробка даних дослідження з визначення впливу запропонованої сировини на зміну питомого об'єму тіста з вівсяного толокна за період бродіння вказує на доречності сумісного внесення казеїну та ГДЛ, адже таке рішення позитивно впливає на газоутримувальну здатність тістових напівфабрикатів, і відповідно, зумовлює отримання хлібних виробів із оптимальним показником питомого об'єму.

9. Включення структуроутворювача ГДЛ до тістової системи з вівсяного толокна сприяє збільшенню сил когезії, тобто, зміцнення між структурними компонентами тіста, та зниженню сил взаємодії аглютенного тістового напівфабрикату з поверхнею устаткування, тобто, позитивно відображається на зменшенні прилипання тіста на робочі органи машин.

10. Опрацювання результатів дослідження вказує про достатню забезпеченість сахарами процесу спиртового бродіння у тістових заготовках із застосуванням досліджуваної сировини. Такі дані пояснюються підвищенням процесу виділення діоксиду вуглецю в ході дозрівання тістових напівфабрикатів, а це в свою чергу, дозволяє отримати хлібні вироби із оптимальним питомим об'ємом, розвиненою пористістю та поліпшеними смаковими властивостями.

РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

На підставі результатів досліджень, отриманих в попередніх розділах, обґрунтовано склад рецептурних інгредієнтів та їх оптимальні дозування для забезпечення необхідної інтенсивності бродіння вівсяного тіста та його покращених структурно-механічних властивостей, а також встановлено параметри основних стадій технологічного процесу виробництва виробів. Узагальнення цих результатів дає підстави для удосконалення технології нових видів аглютенового хліба. В даному розділі було проведено комплекс досліджень з визначення споживчої цінності розробленого хліба, яку формує його хімічний склад, засвоюваність поживних речовин, органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових хлібних виробів, ступінь збереження ними свіжості під час зберігання.

6.1 Розроблення рецептур та технології вівсяного хліба з досліджуваною сировиною

Згідно з результатами комплексу експериментальних досліджень, для забезпечення належної якості вівсяного хліба доцільно застосовувати в його технології казеїн та ГДЛ – як структуроутворювача.

Для реалізації технології було запропоновано замішування тіста проводити з використання вівсяного толокна, казеїну – 5,0 % та ГДЛ – 1,0 % до маси борошняної сировини.

Закономірності впливу досліджуваної сировини на перебіг процесів дозрівання тіста та формування його реологічних властивостей стали підґрунтям для розробки рецептур хліба «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» (табл.6.1).

Обидві рецептури містять у своєму складі вівсяне толокно, маргарин, сухе молоко в установлених оптимальних кількостях. В рецептуру на хліб «Вівсяний» вноситься ГДЛ, а «Вівсяний-покращений» – ГДЛ та казеїн.

Таблиця 6.1 – Рецептури безглютенового хліба зі вівсяного толокна

Найменування сировини	Витрати сировини, кг	
	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
Толокно вівсяне	100	100
Дріжджі хлібопекарські сухі	3,0	3,0
Сіль кухонна	1,5	1,5
Маргарин столовий	4,0	4,0
Сухе знежирене молоко	3,5	3,5
Цукор	8,0	8,0
Казеїн	-	5,0
ГДЛ	1,5	1,0
Разом	121,5	126,0

Оптимальні параметри технологічного процесу приготування тіста у порівнянні з контрольним зразком наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Параметри технологічного процесу

Показник	Контроль (без добавок)	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
Вологість, %	54	52	52
Титрована кислотність, град.			
поч.	2,2	2,3	2,31
кінц.	2,5	2,8	2,8
Тривалість бродіння, хв	50	45	45
Газоутворення за час бродіння, см ³ / 100 г	82	107	114
Питомий об'єм (вкінці бродіння), см ³ /г	1,72	2,24	2,39

Згідно з встановленими раніше закономірностями тісто з досліджуваною сировиною для виробництва хліба «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» має вищу початкову кислотність по відношенню до контролю, значно краще сумарне газоутворення, кислотонакопичення за період бродіння тістових напівфабрикатів. Тривалість дозрівання тіста згідно розроблених рецептур безглютенового хліба скорочується на 10 % у порівнянні з контрольним зразком без застосування казеїну та структуроутворюючих інгредієнтів, що пов'язано з кращим забезпеченням цукрами процесу спиртового бродіння та активізацією перебігу даного процесу.

Технологічну схему виробництва хліба з розподілом на функціональні підсистеми та узагальнену мету функціонування кожної з них представлено у *Додатку Д*.

Згідно з запропонованою технологічною схемою на першому етапі здійснюють підготовку сировини до виробництва. Замішування тіста проводять на основі вівсяного толокна, маргарину, сухого молока, казеїну та ГДЛ.

Тісто доцільно готувати безопарним способом з розрахунковою вологістю 52 %. Для замішування тіста в діжу додають вівсяне толокно, дріжджову суспензію та сольовий розчин. Тривалість замішування тіста становила 8...10 хв.

Тістові заготовки формували вручну та укладали в сталеві форми для випікання, які для запобігання прилипання виробів попередньо змащували маргарином. Слід зазначити, що за розробленою технологією тісто характеризується вищою в'язкістю, що дозволяє формувати його на тістоподільниках з метою покращення технологічності виробництва.

Згідно результатів досліджень, представлених у попередніх розділах, обґрунтовано доцільність проходження одностадійного процесу дозрівання тіста. Тому, бродіння тістових напівфабрикатів проводили у формах для випікання без обминання за температури 30...32 ° С та відсоткової вологості повітря у вистійній шафі 75...80 °С протягом 45–50 хв.

Виброджені тістові заготовки випікають у зволоженій пекарській шафі за температури 180...210 °С протягом 30...40 хв залежно від маси виробів.

Розроблені вироби запропоновано виготовляти формовими масою 0,3–0,4 кг. Випечені хлібні вироби піддають охолодженню (за необхідності пакують) та зберігають більше 24 год за температури не нижче +6 °С та не вище +28 °С і відносній вологості повітря 65...75 %.

Апаратурно-технологічна схема виробництва вівсяного хліба представлена у *Додатку Е*.

Устаткування, яке використовується для виробництва розроблених хлібних продуктів, є традиційно використовуваним в існуючих апаратурно-технологічних схемах приготування хлібобулочних виробів. Відмінними особливостями даної

схеми являється додавання вистівної шафи з регульованою температурою для прискорення процесу дозрівання тістових заготовок. Слід відмітити, що однією з важливих проблем при виробництві хліба для хворих на незасвоювання глютену є те, що такі вироби не можуть бути виготовлені поряд з класичним хлібом, приготовленого на основі пшеничного борошна, оскільки воно має здатність підніматись в повітря у вигляді пилу та осідати на аглютенове тісто. Приготування продукції необхідно проводити на відокремленому виробництві, що потребує враховування при проектуванні підприємств хлібопекарської галузі та виробничих приміщень ЗРГ.

6.2 Бальна оцінка показників якості вівсяного хліба

Бальна оцінка виробів виготовлених за розробленими рецептурами була проведена дегустаторами НУХТ. Бальну оцінку виробів проводили за 100 бальною шкалою, результати оцінки були оброблені методом математичної статистики. Кожний показник якості виробів оцінювали за п'ятибальною системою з урахуванням коефіцієнта його вагомості (табл. 6.4), який встановлювали методом експертної оцінки за участі дегустаторів. Сума коефіцієнтів є постійною величиною та дорівнює одиниці. Органолептичні показники розроблених виробів порівнювали з цими показниками хліба.

Результати бальної оцінки зведено в таблиці 6.3 та 6.4, побудовано профілографи (рис. 6.1).

На основі результатів експертного оцінювання встановлено, що порівняно з контролем питомий об'єм розроблених хлібних виробів незначно менший, в основному, внаслідок зниження газотримувальної здатності тістової системи з вівсяним толокном, казеїном та ГДЛ, але оскільки основною метою роботи було підвищення біологічної цінності безглютенових хлібних виробів використання запропонованої сировини є доцільним. Поряд з цим розроблені вироби на основі вівсяного толокна та з додаванням казеїну і ГДЛ мають краще забарвлену скоринку, більш еластичну м'якушку, краще виражений смак і аромат. Ці показники обумовлюють високі споживчі властивості аглютенових виробів виготовлених за

розробленими рецептурами, і сприятимуть задовільному їх засвоєнню. Споживання розроблених вівсяних виробів хворими на целиацію сприятиме забезпеченню організму фізіологічно активними речовинами, що містяться в їх складі.

Таблиця 6.3 – Органолептична оцінка розроблених готових виробів за 100-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнта вагомості показників якості

$$n = 3, p \leq 0,95$$

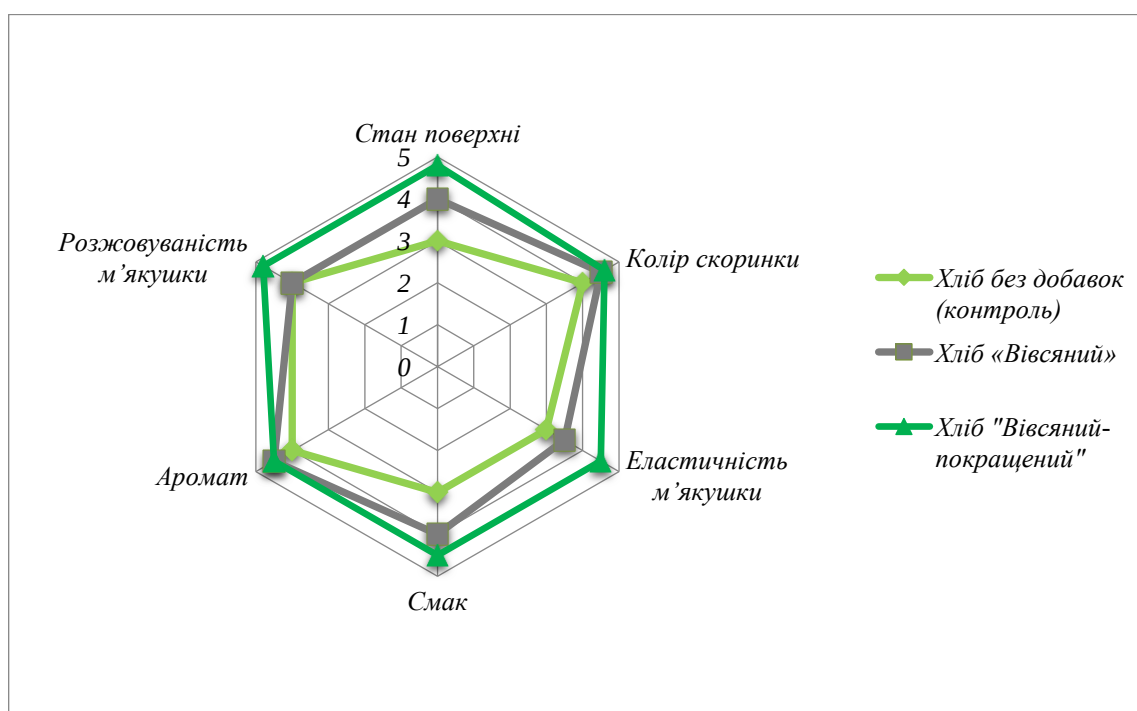
Показники	Питомий об'єм, см ³ /г	Колір скоринки	Стан поверхні	Колір м'якушки	Структура пористості	Еластичність м'якушки	Аромат	Смак	Розжовуваність м'якушки	Бальна оцінка в перерахунку на 100 балів
Коефіцієнт вагомості	0,15	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	-
Хліб без добавок (контроль)	-	Блідо - коричневий	Шорстка, з великими тріщинами і підривами	Світло-коричневий	Не розпушена, пористість майже відсутня	Погано еластична	Властивий даному виду виробів	Характерний для вівса	Добре розжовується	61,6
	2,8	4,0	3,0	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0	4,0	
	0,42	0,2	0,15	0,2	0,3	0,45	0,6	0,45	0,6	
Хліб «Вівсяний»	-	Коричневий	Помітні незначні тріщини, без підривів	Світло-кремовий	Погано розпушена, товстостінна, неоднорідна	Задовільна	Іриємний, з яскраво вираженим ароматом вівса	Хлібний, без стороннього присмаку	Добре розжовується	72,0
	3,5	4,5	4,0	4,5	3,5	3,5	4,5	4,0	4,0	
	0,52	0,22	0,2	0,22	0,35	0,52	0,67	0,6	0,6	
Хліб «Вівсяний-покращений»	-	Світло-кремовий	Добре опукла, без тріщин та підривів	Світло-кремовий	Добре розпушена, рівномірна, пори середні, тонкостінні	Добре еластична, не заминається	Іриємний, з яскраво вираженим ароматом вівса	Хлібний, без стороннього присмаку	Ніжна, добре розжовується	81,4
	4,0	4,6	4,8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,8	
	0,6	0,23	0,24	0,22	0,45	0,67	0,67	0,67	0,72	

Таблиця 6.4 – Середня бальна органолептична оцінка

Назва виробу	Стан поверхні	Колір скоринки	Еластичність м'якушки	Смак	Аромат	Розжовуваність м'якушки
Хліб без добавок (контроль)	3,0	4,0	3,0	3,0	4,0	4,0
Хліб «Вівсяний»	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	4,0
Хліб «Вівсяний-покращений»	4,8	4,6	4,5	4,5	4,5	4,8

Отже, результати експертної оцінки свідчать, про високу якість розроблених безглютенових виробів з вівсяного толокна, збагачених білком, харчовими волокнами та макроелементами.

За результатами бальної оцінки розробленого хліба побудовано профілограми показників якості (рис. 6.1).

**Рис.6.1 – Профілограми якості розроблених виробів**

Як відомо, в процесі зберігання має місце «послаблення» смаку і аромату хліба. Тому, доцільним є дослідження зміни цих складових споживчої цінності виробів у часі.

6.3 Дослідження вмісту ароматичних речовин у розроблених хлібних виробках

За літературними даними аромат хлібних виробів формують майже 254 хімічних речовин різної будови [124]. Незначна частина ароматичних речовин накопичується внаслідок перебігу мікробіологічних та біохімічних процесів при дозріванні тіста. Так, аромат готових виробів значною мірою залежить від кількості накопичених у процесі бродіння органічних кислот і їх складу, зокрема співвідношення молочної та оцтової кислоти [114].

Основна роль у формуванні смаку і аромату хліба належить карбонільним сполукам, кількість яких становить 1/3 від загального вмісту ароматичних речовин [147]. Дані сполуки утворюються під час випікання тістових заготовок в результаті реакції меланоїдиноутворення (Майяра), яка полягає у взаємодії карбонільної групи редукувальних цукрів з нуклеофільною групою амінокислот, а також перетворенні альдегідів і кетонів.

Більш інтенсивне накопичення карбонільних сполук відбувається у верхньому шарі тістової заготовки, який утворює скоринку хліба, внаслідок містить у 4–6 разів вищу кількість цих речовин у порівнянні з м'якушкою та сприяє характерному духмяному аромату свіжого хліба.

У процесі зберігання хліба інтенсивність аромату зменшується. Це пов'язано зі звітненням ароматичних речовин зі скоринки в оточуюче середовище та частковою міграцією деяких компонентів ароматичного комплексу до м'якушки, де вони адсорбуються на її біополімерах та переходять у зв'язаний стан [176].

Зміну кількості бісульфітзв'язуючих речовин досліджували через 3 та 24 год після випікання (табл.6.5).

Як свідчать результати досліджень, загальний вміст бісульфітзв'язуючих сполук найменший у контрольному зразку, як у скоринці, так і в м'якушці. Це являється цілком зрозумілим, адже вівсяне толокно, з якого виготовляється аглютеновий хліб, містить незначну кількість моно- та дисахаридів та білків, що беруть участь у реакції Майяра, продукти якої багато в чому формують характерний смак і аромат виробів.

Таблиця 6.5 – Вміст бісульфітзв'язуючих сполук у м'якушці та скоринці хліба, мг-екв. /100 г хліба

Тривалість зберігання, год.	Хліб без добавок (контроль)	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
	Вміст бісульфітзв'язуючих сполук, мг-екв. / 100 г хліба		
М'якушка			
3	2,7	3,5	5,7
24	1,6	2,4	4,6
48	1,33	1,82	2,48
Скоринка			
3	5,9	10,6	15,1
24	3,3	6,7	8,5
48	2,4	4,1	5,8

У зразках виробів, приготовлених на основі вівсяного толокна разом з покращувачами, вміст ароматутворюючих речовин був значно вищим. Так кількість цих сполук через 3 год зберігання у скоринці розробленого хлібного виробу у 4,0–4,8 разів перевищувала контрольний зразок, а в м'якушці – у 2,5-2,7 разів. Це пов'язано зі збільшенням вмісту глюкози та мальтози в рецептурі хліба, внаслідок гідролітичного розкладу крохмальних зерен амілолітичними ферментами. Можна припустити, що аромат хлібних виробів переважно формувався за рахунок змін цукрів під дією високих температур. При цьому, реакції карамелізації і меланоїдиноутворення протікають в основному в скоринці хліба, чим і обумовлений вищий вміст в ній ароматичних речовин.

Слід зазначити, що найбільше бісульфітзв'язуючих сполук у процесі зберігання хліба є такою ж, як і для традиційних виробів з пшеничного борошна.

Аналіз даних табл. 6.6 показав, що розроблений хліб «Вівсяний-покращений» та «Вівсяний» через 24 год зберігає значно більше ароматичних речовин як у скоринці, так і в м'якушці, в порівнянні з контролем, а також зі зразками без внесення казеїну, як джерела амінокислот, та ГДЛ з високими сорбційними властивостями.

Таким чином, результати отримані при визначенні вмісту бісульфітзв'язуючих сполук корелюють з даними органолептичного оцінювання

виробів, яка свідчить про покращення аромату та смакових властивостей хліба з досліджуваною сировиною та поліпшувачами.

6.4 Вплив сировинних інгредієнтів на зберігання аглютенowego хліба

6.4.1 Дослідження зміни структурно-механічних та гідрофільних властивостей м'якушки вівсяного хліба під час зберігання

Процеси, які відбуваються під час зберігання хліба здійснюють значний вплив на його споживчі властивості. Однією з найбільш поширених причин їх погіршення у часі являється черствіння виробів. При цьому знижується еластичність м'якушки, зростає її крихкуватість, втрачається смак та аромат, характерні для свіжих виробів, а скоринка втрачає блиск і хрусткість.

Причиною подібних змін слугує ряд складних процесів, що протікають з різною швидкістю і стосуються основних компонентів хлібної м'якушки. Єдиної теорії, яка в повній мірі розкриває ступінь процесу черствіння, до цих пір не сформовано. Проте, всі існуючі наукові дослідження вказують на зміни, що відбуваються у виробках під час старіння гідратованих крохмалю та білків, а також усихання за рахунок втрати вологи [100, 182].

Інтенсивність черствіння готових виробів залежить від багатьох факторів (технологічні режими приготування, умови зберігання, вид пакування тощо), серед яких важливу роль відіграють рецептурні інгредієнти [182]. Технічне використання хліба з аглутену вівсяних волокон, казеїну та ГДЛ сприяє зміні структурно-механічних властивостей тіста та кінцевого продукту, таким чином впливаючи на перебіг процесу під час зберігання продукту. У зв'язку з цим ми досліджували зміни структурно-механічних властивостей м'якушки, які визначали за її деформацією через 3 та 24 год зберігання за допомогою автоматизованого пенетрометра АП 4/1. Хліб зберігали без пакування за кімнатної температури ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) і відносної вологості повітря 65...75 %. В дослідженнях використовували зрази хліба «Вівсяного» (з вівсяним толокном та казеїном) та «Вівсяного-покращення» (з вівсяним толокном, казеїном та ГДЛ), а також для порівняння - контроль (без поліпшувачів). Результати проведених експериментів представлено в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Зміна деформації м'якушки вівсяного хліба під час зберігання $n = 3, p \geq 0,95$

Тривалість зберігання / Вид деформації	Хліб без добавок (контроль)	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний- покращений»
	Деформація м'якушки, од. пенетрометра		
3 год.			
загальна, $\Delta H_{\text{заг}}$	59	71	72
пластична, $\Delta H_{\text{пл}}$	54	57	57
пружна, $\Delta H_{\text{пр}}$	5	14	15
24 год.			
загальна, $\Delta H_{\text{заг}}$	51	58	60
пластична, $\Delta H_{\text{пл}}$	47	48	48
пружна, $\Delta H_{\text{пр}}$	4	10	12
Збереження свіжості, %	64	73	75

Встановлено, що за умови використання в технології вівсяного толокна досліджуваних композиційних сумішей покращуються загальна, пластична та пружна деформації м'якушки. Так, показник загальної деформації м'якушки хліба «Вівсяного» та «Вівсяного-покращеного» через 3 год зберігання є вищим у 1,2 рази по відношенню до контрольного зразка. Отриману закономірність можна пояснити тим, що запобігання втрат діоксиду вуглецю при бродінні тіста з досліджуваною сировиною внаслідок покращення його газотримувальної здатності, сприяє розвитку пористості та питомого об'єму готового хліба, що здійснює позитивний вплив на пружно-еластичні властивості м'якушки.

Пружна деформація м'якушки розробленого хліба зростає у 2,8–3,0 рази порівняно з контролем, що в першу чергу, обумовлено утворенням тонкостінної дрібної структури пористості. У процесі зберігання деформація м'якушки всіх зразків хлібних виробів знижується, що свідчить про його черствіння.

Аналіз отриманих результатів показав, що в найменшій мірі показник деформації м'якушки знижувався в зразках хліба «Вівсяного» та «Вівсяного-покращеного», ймовірно за рахунок більшої кількості в них зв'язаної вологи, що свідчить про краще зберігання свіжості розробленими хлібними виробами.

Зменшенню черствіння вівсяного хліба у процесі зберігання сприяють особливості взаємодії обраних поліпшувачів та сировини в тістових системах та відповідно, готових виробів. Так, у разі використання в технології хліба казеїну та

ГДЛ знижується швидкість рекристалізації амілопектинової фракції крохмалю, що затримує його ретроградацію. Крім того, внесення казеїну призводить до збільшення в тістових заготовках загальної кількості білків, що робить структуру м'якушки міцнішою внаслідок підсилення гідратаційних зв'язків, а це, як відомо, стримує втрати вологи крохмалем під час зберігання виробів [181]. В разі внесення у рецептуру хлібних виробів ГДЛ, що являється водоутримувальним агентом, цей гідроколоїд утворює тривимірну сітку, що перешкоджає міграції вологи в навколишнє середовище та гальмує ретроградацію крохмалю.

Зменшення об'єму крохмальних зерен у зв'язку з їх кристалізацією приводить до ущільнення структури м'якушки та утворення повітряних прошарків між молекулами крохмалю [182], що є причиною зростання крихкуватості виробів у процесі зберігання (рис.6.2).

Аналіз результатів показав, що застосування ГДЛ в технології хліба сприяє зниженню крихкуватості свіжовипечених виробів на 30 %, а додаткове внесення казеїну - на 40 % по відношенню до контрольного зразка. Введення до складу рецептури хліба «Вівсяного» та до «Вівсяного-покращеного» вищезазначених компонентів призводить до зменшення крихкуватості в 1,9 та 2,3 разів відповідно.

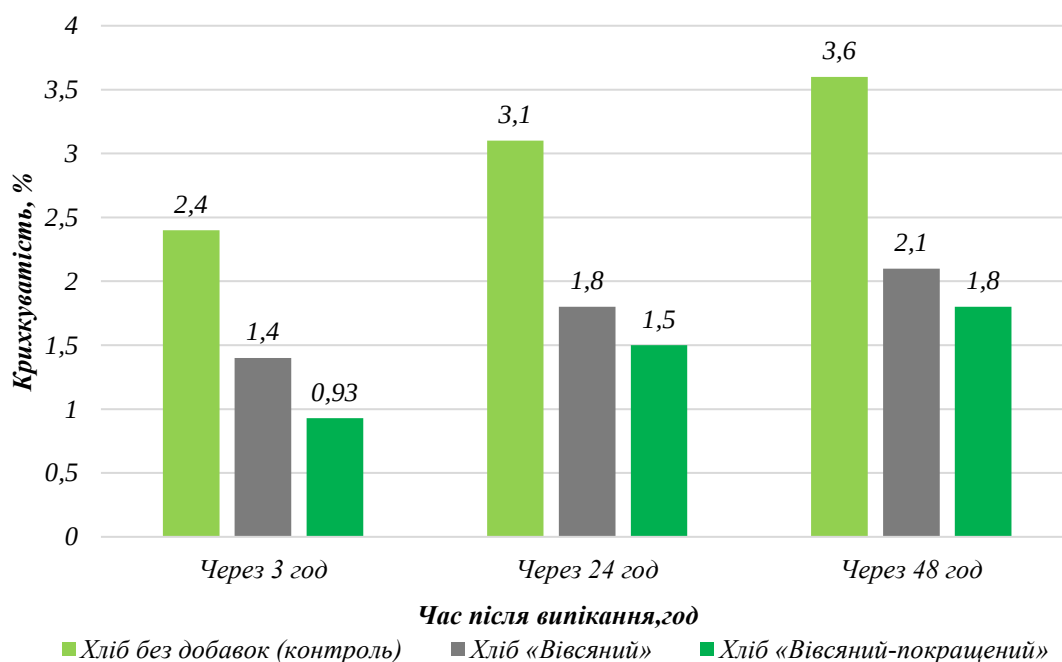


Рис.6.2 – Зміна крихкуватості м'якушки хліба в процесі зберігання

Встановлено, що крихкуватість м'якушки дослідних зразків хліба в процесі зберігання зростає менш інтенсивно у зрівнянні з контролем, що свідчить про краще збереження ними свіжості. Це пояснюється ущільненням структури тіста у результаті використання ГДЛ та внесенні молочного білка, а також сповільненням ретроградації крохмалю за рахунок утворення низькомолекулярних декстринів, здатних утримувати вологу. Такий ефект призводить до уповільнення повітряних пустот між частково клейстеризованими крохмальними зернами.

Про ступінь свіжості хлібних виробів можна судити за зміною гідрофільних властивостей м'якушки під час зберігання [182]. Так як з часом її структура ущільнюється і впорядковується, біополімери кристалізуються, то це впливає на гідрофільність м'якушки, тобто здатність до набухання і поглинання води. Тому, в дослідженнях визначали кількість води, яку поглинає м'якушка (% на СР виробу) за методикою [116] через 3 та 24 год після випікання (табл.6.7).

Отримані результати свідчать про те, що при застосуванні в технології вівсяного хліба та досліджуваних поліпшувачів і сировини водопоглинальна здатність м'якушки зростає на 35–40% порівняно з контролем. Це, в першу чергу, пов'язано з внесенням додаткових рецептурних компонентів, а також утворенням у процесі приготування сполук, які мають яскраво виражені гідрофільні властивості.

Таблиця 6.7 – Зміна гідрофільних властивостей м'якушки під час зберігання

$n = 3, p \geq 0,95$

Зразки	Кількість води, поглинутої хлібом, % на СР		
	Через 3 год	Через 24 год	Через 48 год
Хліб без добавок (контроль)	255,4	155,7	147,7
Хліб «Вівсяний» (з ГДЛ)	356,6	280,3	213,8
Хліб «Вівсяний-покращений» (з казеїном та ГДЛ)	383,4	263,2	242,7

Дані щодо зміни гідрофільності м'якушки хліба показують, що в процесі зберігання кількість поглинутої води зменшується для всіх зразків. Це пов'язано зі зниженням водопоглинальних властивостей колоїдних речовин за рахунок ущільнення структури крохмалю та білків у процесі старіння [139]. Найбільш

суттєвим є зменшення гідрофільності м'якушки контрольного зразка під час зберігання. Поглинання води м'якушкою хліба «Вівсяного» та «Вівсяного-покращеного» через 24 год також знижується, проте дане зменшення за досліджуваний період становило 40,2 % і 35,1 %, тоді як у контролі – 45,4 %, що свідчить про уповільнення старіння гідроколоїдів розроблених виробів.

Результати досліджень гідрофільності м'якушки розробленого хліба цілком узгоджуються з даними щодо зменшення її крихкуватості та зміни деформації під час зберігання, що свідчить про покращення структурно-механічних властивостей та подовження терміну придатності хлібними виробами.

6.5 Дослідження вмісту декстринів у м'якушці розробленого хліба

Попередніми дослідженнями встановлено, що використання в технології аглютенного хліба запропонованої сировини сприяє подовженню терміну зберігання хлібних виробів свіжості. Значна роль у зростанні гідрофільності м'якушки розробленого хліба, зменшенні її крихкуватості та покращення деформації належить утворенню додаткової кількості декстринів, які сприяють затриманню вологи й загальному поліпшенню структурно-механічних властивостей готових виробів [114].

Розщеплення крохмалю відбувається ступенево: високомолекулярні амілодекстрини > еритродекстрини (полімери середньої молекулярної маси) > ахродекстрини, мальтодекстрини і мальтоза [110]. Вважається, що надмірне накопичення низькомолекулярних декстринів під час випікання хлібних виробів спричиняє залипання м'якушки готової продукції, а їх вміст не повинен перевищувати певні межові значення [115]. Враховуючи те, що для проведення гідролізу крохмалю вівсяного толокна в технології аглютенного хліба молочний білок та ГДЛ, наступним етапом досліджень було вивчення ступеню утворення декстринів різної молекулярної маси в м'якушці виробів.

Хлібні вироби готували відповідно до розроблених рецептур (табл.6.1). Експериментальні дослідження проводили через 3 год після випікання (рис.6.3).

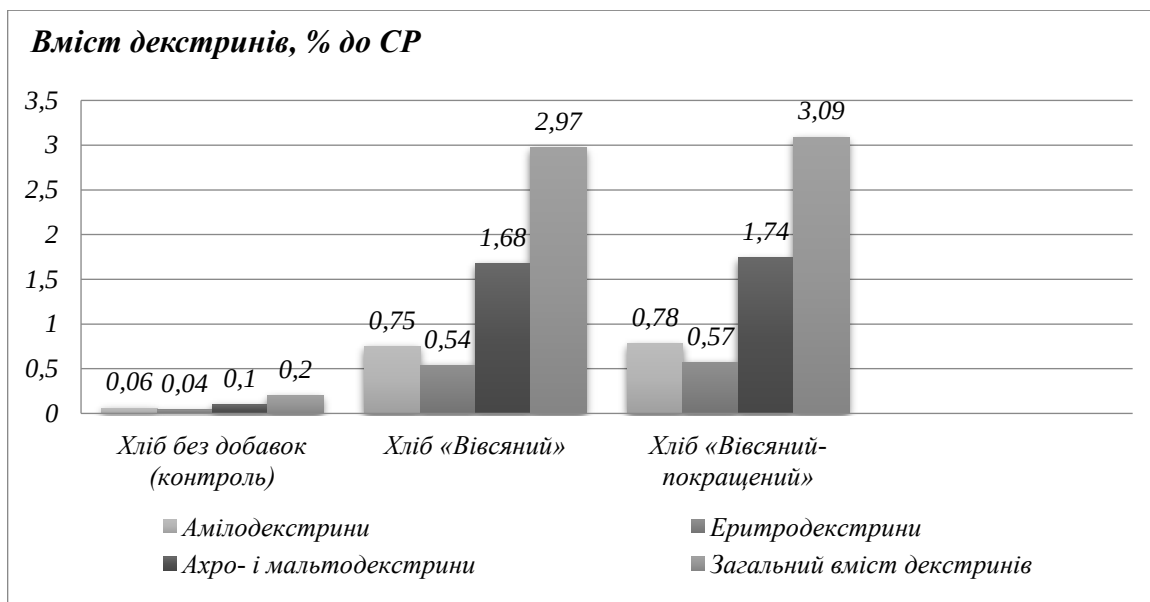


Рис. 6.3 – Вміст декстринів у м'якушці хліба

Аналіз отриманих даних показав, що загальний вміст декстринів у м'якушці хліба «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» зростає у 14,85 та 15,45 разів відповідно по відношенню до контролю. В результаті дослідження їх фракційного складу встановлено, що в найбільшій мірі збільшується кількість ахродекстринів і мальтодекстринів з низькою молекулярною масою - у 16,8 і 17,4 разів, тоді як вміст високомолекулярних амілодекстринів підвищується в 12,5 та 13,0 разів, в свою чергу еритродекстринів - у 13,5 і 14,25 разів.

Зростання кількості низькомолекулярних декстринів обумовлено використанням у процесі виробництва хліба казеїну, за дії якого кінцевими продуктами гідролізу крохмалю толокна являються ахро-, мальтодекстрини та мальтоза. При цьому полімери високої та середньої молекулярної маси - амілодекстрини та еритродекстрини піддаються подальшій деполімеризації шляхом відщеплення молекул глюкози. В результаті цього підвищення вмісту аміло- та еритродекстринів у м'якушці розробленого хліба є менш суттєвим.

Варто відмітити, що сумарний вміст декстринів у м'якушці хліба «Вівсяний-покращений» являється на 4,0 % вищим у порівнянні з хлібом «Вівсяним». Очевидно, це пов'язано з дещо нижчою інтенсивністю бродіння тіста з ГДЛ в результаті чого розщеплення крохмалю з утворенням кінцевих продуктів гідролізу - моно- і дисахаридів незначно уповільнюється. Зменшення кількості

низькомолекулярних декстринів сприяє меншому розрідженню тістових напівфабрикатів [115].

В результаті аналізу органолептичних показників якості розроблених хлібних виробів, можна стверджувати, що зразки хліба мають еластичну м'якушку без ознак липкості, тому експериментально встановлений вміст ахродекстринів та мальтодекстринів є технологічно доцільним для участі в уповільненню процесу черствіння аглютонових хлібних виробів.

6.6 Перетравлюваність білків та вуглеводів вівсяного хліба

Споживчі властивості хліба в певній мірі пов'язані із застосованістю його біополімерів, які в організмі людини піддаються дії ферментів ротової порожнини, шлунково-кишкового тракту та розщеплюються на більш дрібні сполуки основними складовими хлібних виробів є вуглеводи та білки, засвоюваність яких для спеціалізованих видів хліба вивчена недостатньо. Тому, вважати за необхідне дослідити зміну ступеню перетравлюваності вуглеводів та білків розроблених видів хліба.

Крохмаль є основним вуглеводом хліба зі вівсяного толокна. У процесі травлення в організмі людини крохмаль розщеплюється до мальтози. Найбільш інтенсивне його перетравлення відбувається в дванадцятипалій кишці з нейтральним середовищем за участі а-амілази соку підшлункової залози - панкреатину. Утворена мальтоза гідролізується за участю ферменту мальтози з утворенням двох молекул глюкози, які всмоктуються організмом у тонкому кишечнику людини [166]. Такими чином, при споживанні хліба кінцевими сполуками, які асимілюються організмом, являються моносахариди.

Дослідження перетравлюваності вуглеводів хліба проводили методом, що ґрунтується на визначенні кількості редукуючих цукрів, які накопичуються в процесі гідролізу м'якушки хліба ферментами шлунково-кишкового тракту людини *in vitro*. Для ферментолізу використовували комплексний препарат «Панзинорм», до складу якого входять амілази, протеази та ліпази. Тривалість гідролізу становила 3 год. З метою імітації умов травлення в організмі людини, перетравлюваність вуглеводів визначали за температури 37 °С при послідовній

зміні рН середовища: перші 1,5 год інкубацію проводили за рН 1,2, після чого доводили значення рН до 8,2 та продовжували ферментацію ще 1,5 год. Проби для визначення вмісту редукуючих цукрів визначали йодометричним напівмікрометодом у перерахунку на глюкозу, так як вона являється кінцевим продуктом при перетравлюванні крохмалю та підлягає всмоктуванню (рис. 6.4).

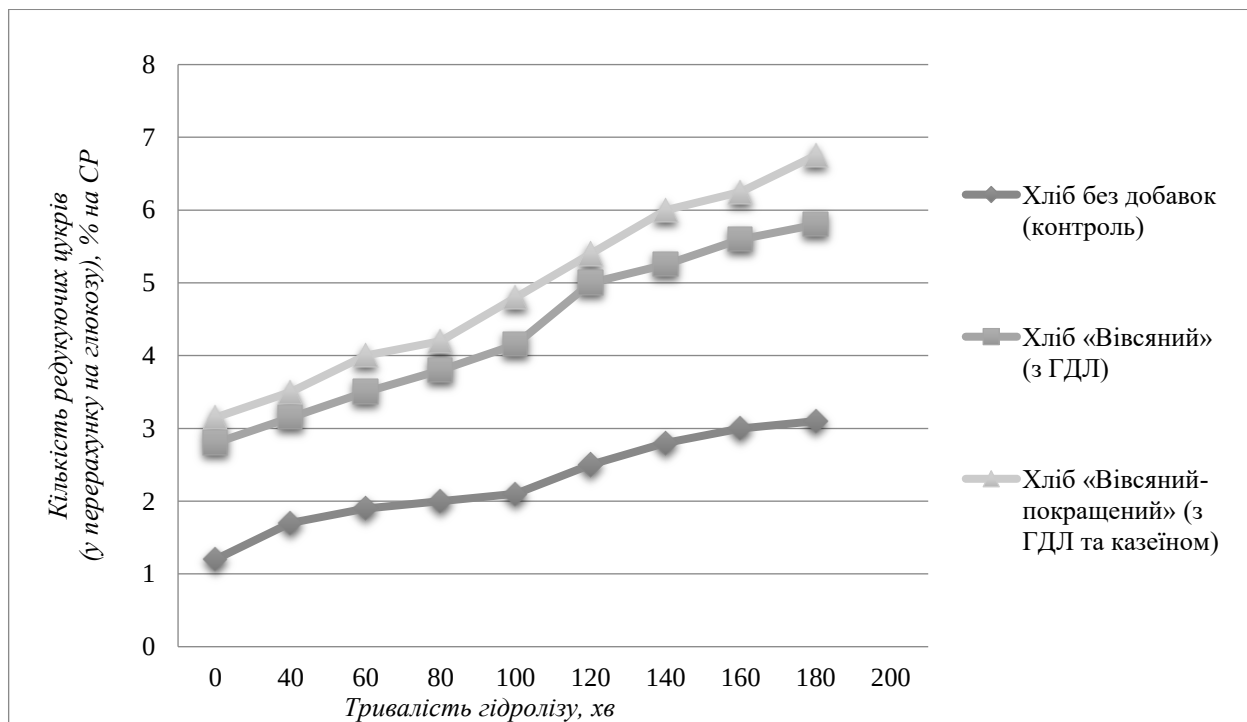


Рис. 6.4 – Перетравлюваність *in vitro* вуглеводів вівсяного хліба

У результаті проведених досліджень встановлено, що швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів м'якушки розробленого вівсяного хліба є майже у 2 рази вищою порівняно з контрольним зразком. З рис. видно, що через 3 год гідролізу хліба «Вівсяного-покращеного» та «Вівсяного» накопичується 6,8 % та 6,1 % на СР редукуючих цукрів, тоді як в контролі - 2,9 % на СР. Отримані дані, можна пояснити поглибленням гідролізу крохмалю в технологічному процесі виробництва хліба за рахунок використання вівсяного толокна. Продукти гідролізу вівсяного толокна, що значно легше піддаються розщепленню ферментами шлунково-кишкового тракту людини порівняно з крохмальними полісахаридами контрольного зразка [155].

Як свідчить аналіз отриманих даних, інтенсифікують накопичення редукуючих цукрів для розробленого хліба зростає після 90 хв гідролізу, що

пояснюється створенням рН умов середовища 8,2, при яких активізується перетравлювання крохмалю. Ферментативний гідроліз вуглеводів у хлібі «Вівсяний» відбувається менш інтенсивно в порівнянні з хлібом «Вівсяний-покращений». Кількість накопичених редукуючих цукрів через 180 хв ензимолізу в даному зразку була меншою на 10,3 %. Це можна пояснити тим, що при приготуванні хліба «Вівсяний» в якості структуроутворювача використовується ГДЛ, який являється собою водорозчинний гідроколоїд. Як відомо, розчинні гідроколоїди сприяють збільшенню в'язкості субстрату, що може бути причиною обмеженого доступу до нього травних ферментів. Також, ймовірно, що ГДЛ, завдяки його високим сорбційним властивостям, здатна адсорбувати амілолітичні та протеолітичні ферменти, знижуючи інтенсивність ферментолізу в шлунково-кишковому тракті.

Перетравлювання білків здійснюється в результаті послідовної дії на них пепсину у кислому середовищі шлунку (рН – 1,2–1,8), а потім трипсину та хімотрипсину (рН – 7,0–9,0) у лужному середовищі тонкого кишечника. Тому, ефективність засвоєння білків розроблених виробів визначали за швидкістю їх гідролізу ферментами ШКТ (пепсину і трипсину) *in vitro* за методикою Покровського О.О. та Єртанова І.Д. Приріст кінцевих продуктів гідролізу білків – вільних амінокислот, визначали методом формального титрування (рис. 6.5).

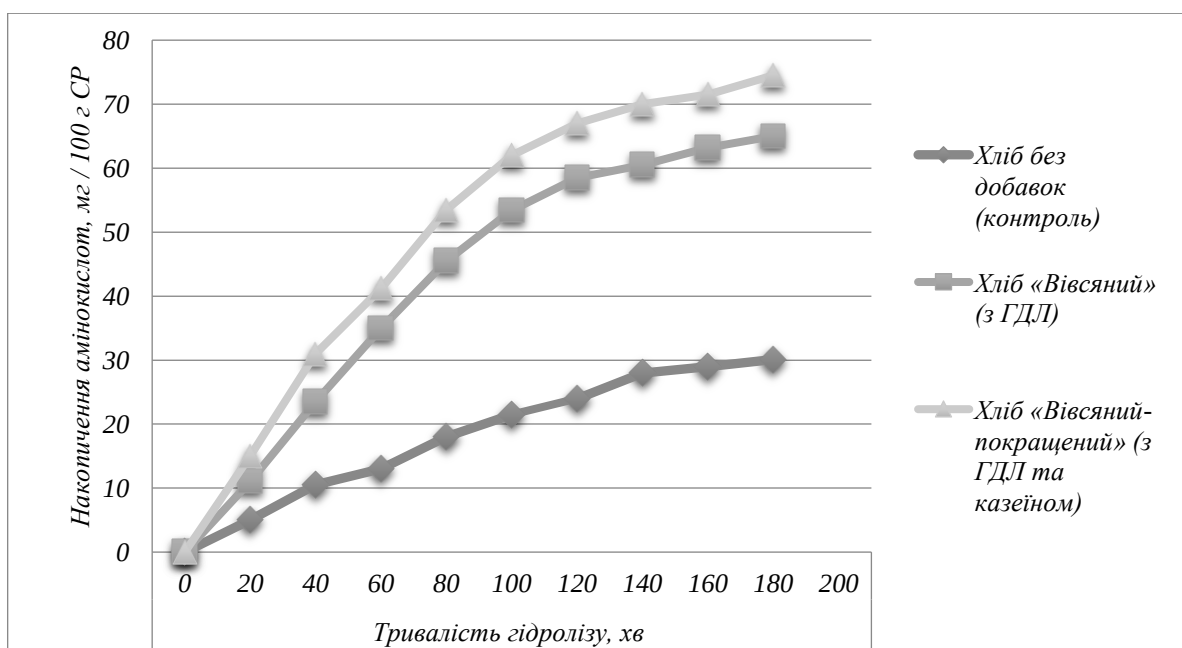


Рис. 6.5 – Перетравлюваність *in vitro* білків вівсяного хліба

Встановлено, що кількість накопичених вільних амінокислот під дією ферментів, як на пепсиновій, так і на трипсиновій стадії, найменша у контрольному зразку. Це, ймовірно, пов'язано зі слабо розвиненою пористістю вівсяного хліба без застосування поліпшувачів або структуроутворювачів, внаслідок чого він гірше піддається дії травних ферментів та, відповідно уповільнюється засвоєння.

Покращення структурно-механічних властивостей м'якушки хліба «Вівсяного» та «Вівсяного-покращеного» у порівнянні з контролем сприяє підвищенню перетравлюваності білка під дією пепсину і трипсину. Так, за результатами визначення кількості азоту амінокислот, можна зробити висновок, що перетравлюваність білкових речовин розроблених виробів більша у 3,1 та 2,8 разів на пепсиновій стадії та в 2,5 та 2,4 рази – на трипсиновій, відповідно для хліба «Вівсяний-покращений» та «Вівсяний». Краще накопичення амінокислот на пепсиновій стадії, вірогідно, пов'язано з вищою початковою кислотністю тістових напівфабрикатів і, як наслідок, що зумовило інтенсифікацію денатурації білкових речовин.

Аналіз даних рис. 6.4 та 6.5 свідчить про те, що кількість продуктів розщеплення білка хліба «Вівсяного-покращеного» є вищою на 10,2 % у зрівнянні з хлібом «Вівсяним». Це пов'язано з використанням в його технології в якості структуроутворюючого компонента, який відрізняється високою засвоюваністю.

Таким чином, у результаті визначення перетравлюваності вуглеводів і білків хліба з використанням досліджуваних поліпшувачів і сировини *in vitro* було виявлено тенденцію до підвищення її інтенсивності внаслідок зростання доступності цих біополімерів дії травних ферментів.

6.7 Сорбційні властивості хлібних виробів з вівсяного толокна

Якість більшості продуктів харчування залежить від їх мікробіологічної, хімічної та фізичної стабільності. Ця стабільність обумовлена взаємозв'язком між рівноважним вмістом вологи харчового матеріалу та відповідною його активністю води (a_w) при певній температурі [138]. Ізотерма сорбції дає змогу описати термодинамічний зв'язок між активністю води та балансом вологості харчових систем за умови постійної температури та тиску [61]. Розуміння та знання

сорбційних ізотерм надзвичайно важливі в харчовій промисловості для оптимального проектування та оптимізації обладнання, стабільності, терміну придатності та для розрахунку змін вологості, які можуть відбутися під час зберігання, що в подальшому допоможе прогнозувати якість готових виробів [180]. Ізотерму сорбції можна використовувати для розгорнутого аналізу структурних особливостей харчового продукту, таких як питомий об'єм поверхні, об'єм пор, розподіл пор за розмірами та ін. Ізотерми сорбції одержують шляхом адсорбції або десорбції, різниця між цими кривими визначається як гістерезис [61].

Тому наступним завданням стало визначення сорбційних характеристик розроблених хлібних виробів для оптимізації умов його зберігання. Зрештою, сорбційні характеристики - це рівновага та рівень мономолекулярної вологості, що дозволить правильно визначити способи переробки, зберігання та пакування продукту.

Найбільш поширені рівняння, що використовуються для опису сорбції в продуктах харчування, включають рівняння Ленгмюра, рівняння Брунауера, модель Еммета, Теллера (BET), модель Освіна, модель Сміта, модель Хелсі, модель Хендерсона, рівняння Іглесіаса Кіріфе, Модель GAB та модель Peleg. та ін. [1, 2]. Таким чином, чисті ізостеричні теплоти сорбції для хлібобулочних виробів, збагачених бета-глюканом, розраховані за допомогою рівняння Клаузіуса-Клапейрона, показали неекспоненціальну залежність від вмісту вологості [153]. Ізотерми сорбції більшості продуктів харчування є нелінійними, зазвичай S-подібної форми, і класифікуються як ізотерми другого типу [1]. Науковцями було зроблено кілька спроб описати ізотерми сорбції за допомогою математичних моделей та підтвердити ефективність таких моделей статистичними методами [2]. Вчені встановили, що якість продуктів погіршується внаслідок зміни органолептичних властивостей, що супроводжується збільшенням кількості шкідливих мікробів, в свою чергу, ці негативні зміни накопичуються із збільшенням ступеня активності води [153].

Для оцінки параметрів пористої структури виробів використовували метод статичної інтервальної ізотермічної сорбції. Ваговий варіант сорбційного методу

дозволяє одночасно вимірювати кількість пари, поглиненої сорбентом та рівноважний тиск тієї ж пари над створеною системою. Принцип вагового методу сорбційного дослідження полягає у визначенні кількості сорбованої речовини за різницею у вазі зразка сорбенту до і після сорбції [1, 2].

Для цього ми використовували сорбційну установку, яка складається з двох основних частин: вакууму, який служить для створення залишкового тиску повітря 10^{-3} Па, та робочої площі, в якій безпосередньо виконувались сорбційні виміри. Робоча частина, що являє собою знімний циліндричний резервуар, розміщена в повітряному термостаті, обладнаному нагрівачем і контактним термометром. Перед визначенням досліджуваній сорбент та собрат піддавали вакуумуванню при залишковому тиску 10^{-3} Па до постійної ваги, щоб видалити леткі речовини. Після врівноваження здійснювали вимірювання рівноважного тиску пари сорбату, а отримані дані представлені у вигляді сорбційних ізотерм (рис. 6.6).

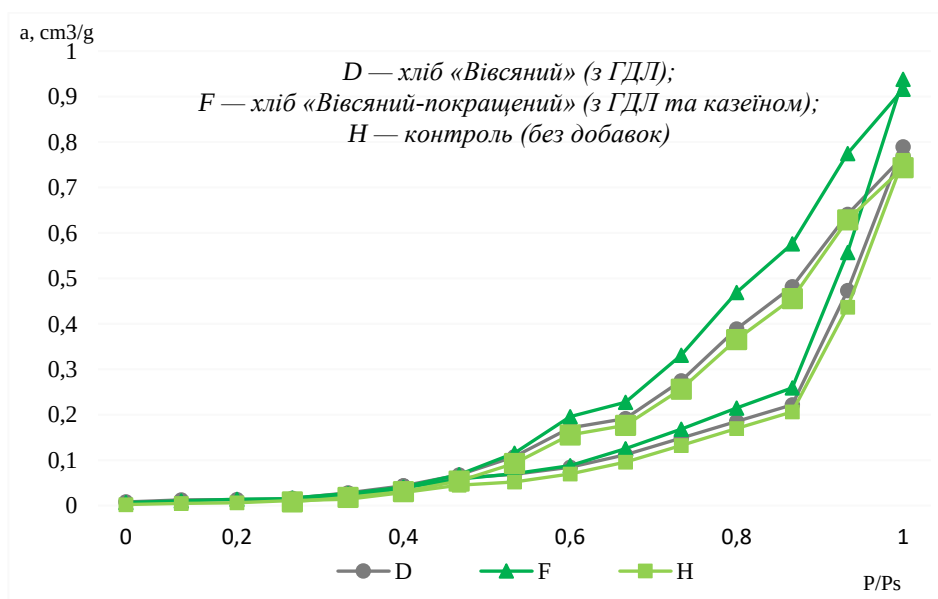


Рис. 6.6. – Ізотерми сорбції процесів адсорбції та десорбції

Аналіз ізотерм показав, що характерна S-подібна конфігурація ліній відповідає полімолекулярній адсорбції. У роботах [1,2] зазначають, що при адсорбції, що супроводжується капілярною конденсацією, часто спостерігається гістерезис, тому можна зробити висновок, що в досліджуваних продуктах адсорбція починається як полімолекулярна і закінчується капілярною

конденсацією з розвиненим гістерезисом, що співпадає з кількістю поглиненої вологи.

Відомо [114], що гігроскопічність сировини залежить від її пористості. Очевидно, що основна частина вологи у досліджуваній сировині конденсується в малих порах адсорбенту, що має назву капілярна конденсація. Для перевірки цієї гіпотези було вирішено визначати розподіл об'єму пор за радіусом, та представити результати у вигляді рис. 6.7.

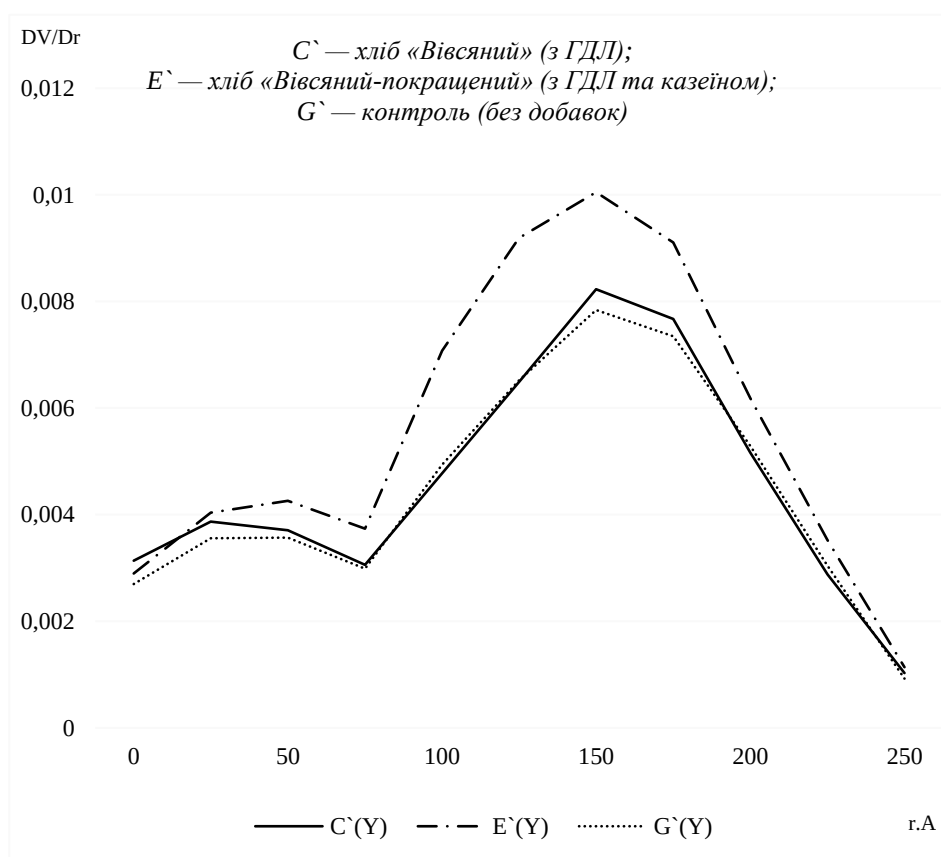


Рис. 6.7. – Розподіл об'єму пор за їх радіусом у сировині

Виходячи з першого графіка адсорбції вологи, можна сказати, що зразки, адсорбовані вологою до тиску неактивні, оскільки відбулася так звана адсорбція поверхневого шару зразків, а потім – проникнення у внутрішній об'єм, і вони активувались. Адже під тиском вологи зразки розпушувались та вбирали пари, оскільки об'єм пор зразків досить великий.

Усім досліджуваним зразкам притаманна подібна структура адсорбції, оскільки їх криві адсорбції збігаються за формою, для них характерний опуклий

гістерезис, при цьому лінія десорбції не потрапляє на лінію адсорбції повністю та не закінчується нулем, оскільки зразки мають хемосорбцію, що визначає їх залишкове видалення сорбату.

З отриманих можна зробити висновок, що сумісне введення до рецептури вівсяного хліба ГДЛ та казеїну вплинуло на перерозподіл пор по радіусу, збільшуючи загальний об'єм більших пор з радіус порівняно з іншими зразками.

6.8 Харчова та енергетична цінність розроблених хлібних виробів

Хімічний склад хлібобулочних виробів є невід'ємною частиною їх споживчої цінності. Для характеристики його корисності для організму застосовують термін «харчова цінність», яка інтегрально відображає повноту корисних властивостей продукту, в тому числі забезпеченості фізіологічних потреб людини в основних харчових речовинах та енергії. Тому, було проведено розрахунки вмісту поживних речовин у розроблених виробах за методикою [110], які проводили з використанням літературних даних щодо хімічного складу сировини, а також даних, наведених в Розділі 3. Результати узагальнено в табл.6.8.

Таблиця 6.8 – Харчова та енергетична цінність готових виробів масою 100 г

Складові	Контроль (без добавок)	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний- покращений»	Відхилення, %	
				Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний- покращений»
Білки, г	5,5	8,5	10,2	+5,4	+18
Жири, г, в т.ч.:	3,7	4,42	4,42		-1,2
фосфоліпіди	0,54	0,52	0,52		-3,7
Вуглеводи, г	49,0	55,7	55,17	-2,45	-3,38
Харчові волокна, г	1,42	1,42	1,42	-	-
Вітаміни, мг/100г					
В 1(тіамін)	0,022	0,024	0,024		+9,1
В 2 (рибофлавін)	0,23	0,27	0,28	+17,3	+16,6
РР (ніацин)	0,24	0,25	0,27	+4,1	+12,5
Е (токоферол)	-	0,02	0,02		
Холін	53,4	57,1	57,3	+6,9	+7,3
Мінеральні речовини, мг/100 г					
Na	348,2	350,4	350,6	+0,6	+0,7
K	23,35	26,4	26,7	+13	+14,3
Ca	31,3	31,3	55,2	-	+76,3
Mg		73,8	75,1		
P	57,3	72,21	64,8	+26	+13,1
Fe	0,08	0,63	0,81	+687,5	+912,5
Енергетична цінність, ккал	251,3	296,6	301,3	-1,7	-1,4

На основі аналізу хімічного складу дослідних та контрольних зразків вівсяного хліба встановлено, що використання в технології розроблених виробів досліджуваних поліпшувачів та сировини на мінеральний склад практично не впливає, що обумовлено здатністю даних рецептурних компонентів покращувати якісні характеристики готового хліба при внесенні в незначних кількостях. Результати розрахунків, наведені в табл. 6.13 свідчать, що розроблені вироби містять більше вітаміну групи В у порівнянні з контрольним зразком.

Хліб «Вівсяний-покращений» має на 18 % вищий вміст білків порівняно з контрольним зразком, що пов'язано з внесенням до його складу казеїну. Збільшення вмісту харчових волокон у поліпшених хлібних виробках відбуваються за рахунок використання ГДЛ.

Енергетична цінність хліба «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» близька за значеннями і становить 267,8 та 268,5 відповідно.

Хімічний склад розроблених виробів розраховували за інструкціями Укрхлібпрому 1-158.00389676.012:2008 «Розрахунок поживної та енергетичної цінності хлібобулочних виробів» та 1-158.00389676.018:2018 «Розрахунок вмісту насичених жирів, цукрів та солі в хлібобулочних і борошняних кондитерських виробках».

При виконанні розрахунків використовували програму «Optima». На основі проведених розрахунків порівнювали хімічний склад розроблених видів хлібних виробів (табл.6.13 і 6.14).

Оскільки дослідженнями хімічного складу готових виробів встановлено значне зростання вмісту білків у хлібі «Вівсяний-покращений», доцільним є вивчення його біологічної цінності (табл. 6.9) [109, 110].

Таблиця 6.9 – Біологічна цінність готових хлібних виробів

Незамінні амінокислоти	Склад «еталонного» білка, мг/г	Контроль (без добавок)			Хліб «Вівсяний-покращений»		
		Вміст		Скор, %	Вміст		Скор, %
		мг/100г хліба	мг/г білка		мг/100г хліба	мг/г білка	
Валін	50	358	57,7	115,4	510	57,9	115,8
Ізолейцин	40	253	40,8	102	354	47,8	119,5
Лейцин	70	734	118,3	169	821	122,2	174,1

B1 (тіамін)	1,3	0,03	0,04	0,16	2,3	3,1	12,3
B2 (рибофлавін)	1,6	0,02	0,03	0,03	1,25	1,88	1,88
PP (ніацин)	16	0,06	0,75	0,75	0,4	0,5	0,5
E (токоферолі)	15	0,35	0,55	0,55	2,3	3,7	3,7
Холін	250	159,2	162,4	162,3	63,7	65	65
Мінеральні речовини, мг/100г							
Ca	1100	75,6	76,8	78,1	6,8	7,0	7,1
Mg	350	105,3	105,4	105,3	30,1	30,1	30,1
P	1200	331,6	336,2	336,2	27,6	28,0	28,1
Fe	17	2,3	2,6	2,6	13,5	15,3	15,3
Енергетична цінність, ккал	1900	835,5	813,5	898,7	43,9	42,8	47,3

*добова потреба для дорослого населення I групи інтенсивності праці віком 30–39 років (жінки),
 **добова норма вживання хліба, яка зазначена у «споживчому кошику», затверджена Кабінетом Міністрів України.

За даними табл. 6.10 можна стверджувати, що розроблені хлібні вироби здатні дещо більше задовольнити потребу організму в білках, фосфоліпідах та вітаміну групи В. Інтегральний скор добової норми вживання хліба «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» за іншими вітамінами та мінеральними речовинами не має суттєвих переваг від контрольного зразка.

Отже, зростання харчової цінності нових видів хліба є не суттєвим, тому постає необхідність покращення збалансованого хімічного складу хлібних виробів для хворих на целиакію, чого можна досягти шляхом використання нетрадиційної для хлібопечення сировини.

Ключові результати досліджень, викладені у розділі та опубліковано в [157, 158, 159, 160].

Висновки за розділом 6

1. Встановлено, що вироби за встановленими рецептурами мають добрі показники якості, довше зберігають свіжість ніж контрольні зразки, що підтверджено більш високою гідрофільною здатністю цих виробів, зменшенням крихкуватості. Термогравіметричним аналізом встановлено, що в разі використання вівсяного толокна, включення до рецептури виробів казеїну та ГДЛ в хлібі збільшується вміст міцно зв'язаної води, що свідчить про затримку ретроградації крохмалю. Цим можна пояснити продовження тривалості збереження розробленими виробами свіжості на 23–42%.

2. Доведено, що внаслідок вмісту в рецептурі розроблених виробів вівсяного толокна, казеїну та ГДЛ – хліб містить більшу кількість бісульфітзв'язуючих речовин, що свідчить про покращення аромату.

3. Встановлено, що білки виробів за розробленими рецептурами добре засвоюються, як на пепсиновій так і на трипсиновій стадії. Найбільша швидкість накопичення амінокислот спостерігається у виробках, що містять казеїн, очевидно внаслідок великої здатності молочних білків до перетравлення.

4. Для всіх досліджених зразків спостерігався значний вплив температури на рівноважну сорбцію вологи в діапазоні досліджуваних температур, про що свідчили побудовані ізотерми сорбції. Так, дослідження та аналіз сорбційних властивостей підтвердили припущення щодо вдосконалення в'язкопластичних характеристик хлібних виробів з вівсяного толокна в результаті внесення запропонованих поліпшувачів.

5. Шляхом розрахунку доведено, що вироби з вівсяного толокна збагачені казеїном та ГДЛ на відміну від контрольних зразків містять в своєму складі білки, харчові волокна, значну кількість мінеральних речовин та вітамінів.

На основі проведених експериментів та виробничих випробувань розроблено рецептури та технологічний режим виготовлення безглютенових хлібобулочних виробів з вівсяного толокна, збагачених молочними білками, за рахунок включення казеїну та ГДЛ.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Враховуючи проведений аналіз та узагальнення теоретичної інформації, експериментальних досліджень та виробничих випробувань удосконалено технологію хліба з вівсяного толокна підвищеної біологічної цінності із використанням білку тваринного походження та структуроутворювачу.

1. Визначено хімічний склад та технологічні властивості вівсяного толокна. Встановлено, що для розроблення технології аглютенівих хлібних виробів як основну сировину можна рекомендувати органічне вівсяне толокно ТМ «Козуб» виробництва ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД», яке є найбільш оптимальним за гранулометричним складом, містить більше крохмалю, моно-, дисахаридів та білка, а також за технологічними властивостями є найбільш наближеним до характеристик пшеничного борошна вищого сорту.

Доведено, що вівсяне толокно має більшу водопоглинальну здатність ніж пшеничне борошно, що слугувало передумовою для підвищення вологості тіста за умови його використання. За даними досліджень вуглеводно-амілазного комплексу визначено, що вівсяне толокно характеризується низькою газоутворювальною здатністю, має незначну активність амілолітичних ферментів, що відображається на процесі розпушення тістових заготовок та процесі спиртового бродіння в аглютенівих тістових напівфабрикатах.

2. За даними пробних лабораторних випікань визначено, що для забезпечення кращих показників якості аглютенівого хліба на основі вівсяного толокна розрахункова вологість тіста повинна становити 52%. Збільшення масової частки води активізує дію ферментів у тісті, покращує життєдіяльність дріжджових клітин та створює більш сприятливі умови для перебігу ферментативних реакцій. У результаті вивчення стану вуглеводно-амілазного комплексу виявлено, що вівсяне толокно має вдвічі нижчу газоутворювальну здатність порівняно з борошном пшеничним та незначну активність α - і β -амілази. З метою покращення якості тіста та хліба з вівсяного толокна запропоновано внесення структуроутворювачів. Серед дослідних зразків кращий питомий об'єм тіста і хліба мав зразок з глюкано-дельта лактоном та казеїном. Приготування хліба за

запропонованими співвідношеннями рецептурних компонентів дозволить отримати хлібний виріб з поліпшеними органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними показниками якості, підвищеною харчовою та біологічною цінністю та розширити асортимент виробів для людей, хворих на целіакію та споживачів, що мають алергію на глютен або його непереносимість.

3. На основі порівняльної оцінки впливу глюкано-дельта-лактону та казеїну на перебіг технологічного процесу та якість аглютонових виробів розроблено оптимальне співвідношення структуроутворювачів. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування структуроутворювачів в технології вівсяного хліба інтенсифікує газоутворення та кислотонакопичення в процесі дозрівання тіста, внаслідок чого готові хлібні вироби характеризуються покращеними структурно-механічними показниками якості. Дослідження показників якості готових хлібних виробів, приготованих на основі вівсяного толокна у поєднанні з ГДЛ та казеїном, свідчить про їх суттєве покращення, що пов'язано з поліпшенням газоутримувальної здатності аглютонового тіста.

4. Здійсненими дослідженнями доведено, що сумісне внесення запропонованих поліпшувачів під час замішування тіста сприяє підвищенню показника газоутворення, сприяє активізації діяльності дріжджової мікрофлори через поліпшення рівня доступності поживних речовин, важливих для метаболізму сахароміцетів під час дозрівання тістових напівфабрикатів. Час бродіння тіста з вівсяного толокна становитиме 45 хв, адже така тривалість дозволяє досягнути найвищої інтенсивності мікробіологічних процесів. Використання обраних структуроутворювачів у рецептурі хлібних виробів з вівсяного толокна забезпечує підвищення продуктивності летких кислот бактеріальною мікрофлорою тістових напівфабрикатів під час бродіння у 2,5-3,5 разів порівняно з контрольним зразком.

5. Сумісне включення казеїну та ГДЛ зумовлює незначне зниження кількості молочної кислоти за період бродіння тістових напівфабрикатів. Загальна кількість бурштинової та яблучної кислот за 45 хв бродіння тістових напівфабрикатів із внесенням казеїну та ГДЛ збільшилась на 18,9 % порівнюючи з контролем. А сумарний обсяг лимонної та виноградної кислот в досліджуваних зразках з

додаванням поліпшувачів перевищує їх вміст у контролі на 17,7 % та 20,2 % відповідно. Дослідження вмісту органічних кислот у тістових напівфабрикатах з вівсяного толокна корелює із загальною тенденцією зміни кислотності тіста, за рахунок чого доречним є прогнозування поліпшення смакових характеристик готових хлібних виробів з досліджуваними рецептурними складовими.

6. Встановлено зростання питомого об'єму тіста відбувається значно інтенсивніше при сумісному додаванні казеїну та ГДЛ, що пояснюється технологічними функціями структуроутворювача в харчових системах. А також причина полягає у властивостях казеїну, який у своєму складі містить гідрофобні та гідрофільні групи, що проявляють поверхнево-активні ознаки та посилюють поліпшуючі властивості білку в тістовій системі. Водотримувальна здатність глюкано-дельта-лактону обумовлює підвищення питомого об'єму тістових напівфабрикатів. До того ж, особливості виробництва ГДЛ зумовлюють прояв поверхневої активності даного поліпшувача, що дозволяє йому діяти в тістовій системі як в ролі структуроутворювача так і емульгатора.

7. Включення структуроутворювача ГДЛ до тістової системи з вівсяного толокна сприяє збільшенню сил когезії, тобто, зміцнення між структурними компонентами тіста, та зниженню сил взаємодії аглютенного тістового напівфабрикату з поверхнею устаткування, тобто, позитивно відображається на зменшенні прилипання тіста на робочі органи машин. Вивчення результатів дослідження вказує про достатню забезпеченість сахарами процесу спиртового бродіння у тістових заготовках із застосуванням досліджуваної сировини. Такі дані пояснюються підвищенням процесу виділення діоксиду вуглецю в ході дозрівання тістових напівфабрикатів, а це в свою чергу, дозволяє отримати хлібні вироби із оптимальним питомим об'ємом, розвиненою пористістю та поліпшеними смаковими властивостями.

8. Встановлено, що вироби за встановленими рецептурами мають добрі показники якості, довше зберігають свіжість ніж контрольні зразки, що підтверджено більш високою гідрофільною здатністю цих виробів, зменшенням крихкуватості.

9. Доведено, що внаслідок вмісту в рецептурі розроблених виробів вівсяного толокна, казеїну та ГДЛ – хліб містить більшу кількість бісульфітзв'язуючих речовин, що свідчить про покращення аромату. Встановлено, що білки виробів за розробленими рецептурами добре засвоюються, як на пепсиновій так і на трипсиновій стадії. Найбільша швидкість накопичення амінокислот спостерігається у виробках, що містять казеїн, очевидно внаслідок великої здатності молочних білків до перетравлення.

Дослідження та аналіз сорбційних властивостей підтвердили припущення щодо покращення в'язкопластичних характеристик хлібних виробів з вівсяного толокна в результаті внесення запропонованих поліпшувачів. Доведено, що вироби з вівсяного толокна збагачені казеїном та ГДЛ на відміну від контрольних зразків містять в своєму складі білки, харчові волокна, значну кількість мінеральних речовин та вітамінів.

10. На основі проведених експериментів та виробничих випробувань розроблено рецептури та технологічний режим виготовлення безглютенових хлібних виробів з вівсяного толокна, збагачених молочними білками, за рахунок включення казеїну та ГДЛ.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що виробництво хлібних виробів з вівсяного толокна із застосуванням структуроутворювача гідроколоїдної дії ГДЛ (хлібний виріб «Вівсяний») та міцелярного казеїну (хлібний виріб «Вівсяний-покращений») являється економічно ефективним, що пояснюється значно нижчою відпускною ціною даної продукції у порівнянні з існуючими хлібними виробами українського ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adelakin Adeseye R., Ndigwe V., John A.V. Moisture sorption isotherm study on breadfruit (*artocarpus altilis*) flour. *Department of Food Science and Technology. Federal University of Technology*. 2019. 20(4).
2. Ajisegiri, E. S. A., Chukwu O., Sopade P. A. Moisture-sorption study of locally parboiled rice. *Au J. T.* 2007. 11 (2). P. 86–90.
3. Ahlborn G. J., Pike O. A., Hendrix S. B., Hess W. M., Clayton S. H. Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten-free breads. *Cereal Chemistry*. 2005. Vol. 82 (3). P. 328–335.
4. An Y. H., Gang D. O., Shin M. Effects of transglutaminase on the physical properties of resistant starch-added wheat flour doughs and baguettes. *Food Sci. Biotechnol.* 2005. Vol. 14. P. 608–613.
5. Ando H., Adachi M., Umeda K., Matsuura A., Nonaka M., Uchio R., Tanaka H., Motok M. Purification and characteristics of anovel transglutaminase derived from microorganisms. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1989. Vol. 53. P. 2613–2617.
6. Anton A. A., Artfield S. D. Hydrocolloids in gluten-free breads: a review. *J. Food Sci. Nutr.* 2008. Vol. 59. P. 11–23.
7. Arendt E. K., Dal Bello F. Gluten-free cereal products and beverages. *First ed. Academic Press*. London. 2008.
8. Arendt E. K., Dal Bello F. Science of Gluten-free Food and Beverages. *AACC Publishers*. New York. 2009.
9. Arendt E. K., O'Brien C. M., Schober T.J., Gallagher E., Gormley T.R. Development of gluten-free cereal products. *Farm & Food*. 2002. P. 21–27.
10. Autio K., Kruus, Knaapila A., Gerber N., Flander L., Buchert J. Kinetics of transglutaminase-induced cross-linking of wheat proteins in dough. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 1039–1045.
11. Babiker E. E. Effect of transglutaminase treatment on the functional properties of native and chymotrypsin-digested soy protein. *Food Chemistry*. 2000. Vol. 70. P. 139–145.
12. Babin H., Dickinson E. Influence of transglutaminase treatment on the thermoreversible gelation of gelatin. *Food Hydrocolloids*. 2001. Vol. 15. P. 271–276.
13. Basic Dough with Pate Fermentee. *Food Network*. 2014. – Режим доступу: <http://www.foodnetwork.com/recipes/basic-dough-withpate-fermentee-recipe> .
14. Basman A., Koksel H. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. *European Food Research and Technology*. 2002. Vol. 215. P. 419–424.
15. Basman A., Koksel H. Effects of transglutaminase on SDS–PAGE patterns of wheat, soy and barley proteins and their blends. *Journal of Food Science*. 2002. Vol. 67. P. 2654–2658.
16. Basmann A., Koksel H. Utilization of Transglutaminase to increase the level of barley and soy flour incorporation in wheatflour breads. *J. Food Sci.* 2003. Vol. 68. 2453–2460 p.
17. Bauer N., Koehler P., Wieser H., Schieberle P. Studies on effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat. I. Biochemical analysis. *Cereal Chemistry*. 2003. Vol. 80. P. 781–786.

18. Bonet A., Blaszcak W., Rosell C.M. Formation of homopolymers and heteropolymers between wheat flour and several protein sources by transglutaminase catalysed crosslinking. *Cereal Chemistry*. 2006. Vol. 83. P. 655–662.
19. Catassi C., Fanciulli G., D'Appello A. R., et al. Antiendomysium versus Antigliadin Antibodies in Screening the General Population for Coeliac Disease. *Am. J. Gastroenterol.* 2000. 95: 7. P. 732–736.
20. Chanyongvorakul Y., Matsumura Y., Nonaka M., Motoki M., Mori T. Physical properties of soybean and broad bean 11S globulin gels formed by transglutaminase reaction. *J. Food Sci.* 1995. Vol. 60. P. 483–489.
21. Ciclitira P. J., Johnson M. W., Dewar D. H., Ellis H. J. The pathogenesis of celiac disease. *Molecular Aspects of Medicine*. 2005. Vol.26. P. 421 – 458.
22. Clerici M. T. P. S., Airolidi C., A. ElDash A. Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. *LWT. Food Science and Technology*. 2009. Vol. 42. P. 618–623.
23. Collar C., Bolla'in C. Impact of microbial transglutaminase on the staling behavior of enzyme-supplemented pan breads. *Eur. Food Res. Technol.* 2005. Vol. 221. P. 298–304.
24. Collar C., Bolla'in C., Angioloni A. Significance of microbial transglutaminase on the sensory, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. *Journal of Food Engineering*. 2005. Vol. 70. P. 479–488.
25. CuricD., Novotni D., Skevin D., Rosell C. M. Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake-off technology for bread making. *Food research international*. 2008. Vol. 41 (7). P. 714– 719.
26. Dube M., Schafer C., Neidhart S., Carle R. Texturisation and modification of vegetable proteins for food applications using microbial transglutaminase. *Springer-Verlag*. 2006. P. 287–299.
27. Dybdal L., Si J. Q., Borne J., Eliasson A. Lipases in baking: new approaches to a mechanistic understanding. *Zeist the Nederland: TNO Nutrition and Food Research Institute*. 1997. P. 67.
28. Fan J., Saito M., Yanyan Z., Szesze T., Wang L., Tatsumi E., Li L. Gel-forming ability and radical-scavenging activity of soy protein hydrolysate treated with transglutaminase. *Journal of Food Science*. 2005. Vol. 70. P. 87– 92.
29. Feldberg C. Glucono-delta-lactone. *Cereal Sci Today* 4(4). 1959. P. 96-99.
30. Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*. 2003. Vol. 15. P. 143–152.
31. Gerrard J. A. Fayle S. E., Brown P. A., Sutton K. H., Simmons L., Rasiah I. Effects of microbial transglutaminase on the wheat proteins of bread and croissant dough. *J. Food Sci.* 2001. Vol. 66. P. 782–786.
32. Gottmann K., Sproessler B. Baking agent and process for the manufacture of dough and bakery products. *Patent EP 0492406*. 1995.
33. Graber S. Influence of enzyme treatment on the rheology of rye dough. 1999. Vol. 43. P. 249–252.

34. Hoffenberg E. J., Haas J., Drescher A., Barnhurst R., Osberg I., Bao F., G. Eisenbarth. Atrial of oats in children with newly diagnosed celiac disease. *J. Pediatr.* 2000. Vol. 137. P. 361–366.
35. Hattner E. K., Dal Bello F., Arendt E. K. Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flour. *Journal of Cereal Science.* 2010. Vol. 52. P. 65–71.
36. Jeffrey L., Atwell W. A. Gluten-free baked products. *AACC International, Inc.* 2014. P. 88.
37. Kadan R. S., Robinson M. G., Thibodeaux D. P., Pepperman A. B. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. *I. Food Sci.* 2000. Vol. 66 (7). P. 940–944.
38. Kahn D. R. Factor XIIIa-catalyzed coupling of structural proteins/ D. R. Kahn, I. Cohen // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1981. – Vol. 668. – P. 490–494.
39. Kaldy M. S., Kereliuk G. R., Kozub G. C. Influence of Gluten Components and Flour Lipids on Soft White Wheat Quality. *Cereal Chem.* 1993. Vol. 1. P. 77–80.
40. Kasarda D. D. Grains in relation to celiac disease. *Cereal Foods World.* 2003. Vol. 46. P. 209–210.
41. Kneissler A., Bantleon A., Kuhnimhof B., Fischer A., Hammes W. P. Die wechselseitige Beeinflussung von Glucono-delta-Lacton (GdL) und Starterkulturen bei der Rohwurstreifung - Influence de la glucono- δ -lactone et des levains lactiques lors de la maturation des saucissons. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel.* 10(3-4). 1986. P. 82-85.
42. Koksel V., Sivri P., Steffe D. Effects of transglutaminase enzyme on fundamental rheological properties of sound and bug damaged wheat flour dough. *Cereal Chemistry.* 2001. Vol. 78. P. 26–30.
43. Korus J., Witczak M., Ziobro R., Juszczak L. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids.* 2009. Vol. 23. P. 988–995.
44. Kupper C. Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology.* 2005. Vol. 128 (4). P. 121–127.
45. Lange E. Produkty bezglutenowe na pynku polskim. *Handel Wewnetrzny.* 2013. № 4 (345). S. 83-95.
46. Larrer C., Papini D., Popineau Y. Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. *Cereal Chemistry.* 2000. Vol. 77. P. 32–38.
47. Lobacheva N., Shanina O., Dugina K., Gavrish T. Rheology, baking and organoleptic characteristics of breads from different gluten-free flours with transglutaminase and proteins supplements. *Proceedings of 8th CIGR Internat. Tech. Symposium Section VI —Advanced Food Processing incorporating 1 International Congress on Contemporary Food Science and Engineering.* Guangzhou. China. 2013. P. 31.
48. Marco C., Rosell C. M. Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. *Journal of Food Engineering.* 2008. Vol. 84. P. 132–139.

49. Marco C., Rosell C. M. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal of Food Engineering*. 2008. Vol. 88. P. 94–103.
50. McCarthy D. F., Galager E., Gormley T. R., Schober T. J., Arendt E. K. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chem*. 2005. Vol. 82. P. 609–615.
51. McGough N., Cummings J. Coeliac disease: a diverse clinical syndrome caused by intolerance of wheat, barley and rye. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2005. Vol. 64. P. 434–450.
52. Millet P. Glucono-Delta lactone: Une aide aux process: Acides alimentaires - Glucono-delta-lactone: a processing aid. *Aromes Ingredients Additifs* (20). 1999. P. 39-40.
53. Moore M. M., Heinbockel M., Dockery P., Ulmer H. M., Arendt E.K. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*. 2006. Vol. 83. P. 28–36.
54. Novinyuk L. V., Kukin M. Y., Kulyov D. K. The study of regularities of receipt of glucono delta-lactone. *Khranenie i pererabotka sel'khozsy'r'ya*. 2013(10). P. 33-34.
55. Onyango C., Mutungi C., Unbehend G., Lindhauer M.G. Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. *Journal of Food Engineering*. 2010. Vol. 97. P. 465–470.
56. Pecivova P., Pavlinek V., Hrabec J. Changes of properties of wheat flour dough by combination Lascorbic acid with reducing or oxidising agent. *Acta Chimica Slovaca*. 2011. Vol.4 (2). P. 108–117.
57. Pomeranz Y. Composition and functionality of wheat flour components. *Wheat: Chemistry and Technology*. 1988. Vol. 2. P. 219– 370.
58. Rasiah I. A., Sutton K. H., Low F. L., Lin H. M., Gerrard J. A. Crosslinking of wheat dough proteins by glucose oxidase and the resulting effects on bread and croissants. *Food Chemistry*. 2005. Vol. 89 (3). P. 325–332.
59. Renzetti S., Bello D.F., Arendt K. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science Volume 48*. Issue 1. July 2008. P. 33-45.
60. Riemsdijk E., Atze J. Goot, Rob J. Hamer, Remko M. Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system Author links open overlay panelLieke. *Journal of Cereal Science*. Volume 53. Issue 3. May 2011. P. 355-361.
61. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyruhnikova V., Zuiko V. Sorption properties of bread based on oatmeal. *Ukrainian Food Journal*. 2021. Vol. 10. Issue 2. P. 361-374.
62. Rosell C. M. Enzymatic manipulation of gluten-free breads. *GlutenFree Food Science and Technology*. London. 2009. P. 83– 98.
63. Rosell C. M., Wang J., Aja S., Bean S., Lookhart G. Wheat Flour Proteins as Affected by Transglutaminase and Glucose Oxidase. *Cereal Chem*. 2003. Vol. 80. P. 52–55.

64. Rouau X. El-Hayek M. L., Moreau D. Effect of enzyme preparation containing pentosanases on the bread making quality of flours in relation on changes in pentosan properties. *J. Sereal. Sci.* 1994. Vol.19. P. 259–272.
65. Rouau X. Investigation into the effects of enzyme preparation for baking on wheat flour dough pentosans. *J. Sereal. Sci.* 1993. Vol.18. P. 145–157.
66. Rugbierg V. Application of enzymes in baking. *Proc. II Meeting on Industrial Application of Enzymes*. Barcelona. 1987. P.42.
67. Sapone., et al. Divergence of gut permeability and mucosal immune gene expression in two gluten-associated conditions: celiac disease and gluten sensitivity. *BMC Medicine*. 2011 9:23.
68. Schober J. T., Messerschmidt M., Bean S. R., Park S. H., Arendt E. K. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*. 2004. Vol. 82. P. 394–404.
69. Shah M. A., Naik H. R., Zargar I. A., Mir S. A. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. Vol. 51 P. 49-57.
70. Shanina O. Gavrish T., Domahina M., Lobacheva N. Animal proteins and enzymes – effective dough and bread improvers [Электронный ресурс]. *104th AOCS Annual Meeting&Expo*. 2013. – Режим доступа: <http://www.aocs.org/archives/am2013/showarea.cfm?interest=Protein%5Fand%5FCo%2DProducts/> .
71. Shanina O., Dugina K., Zverev V., Gavrish T., Domahina M., Lobacheva N. Production challenge sofenriched flour products. *Materials of the III International and Practice Conferenc. European Science and Technology*. Munich. Germany. 2012. Vol.1. P. 248–252.
72. Shanina O., Teymurova A., Persevov F. System analysis and modelling in food technology. Харків: Біровець А.П. «Аностроф».2013. 196 с.
73. Shin M. Effects of Protein and Transglutaminase on the Preparation of Glutenfree Rice Bread / M. Shin, D.-O. Gang, J.-Y. Song. // *Food Sci. Biotechnol.* – 2010. – Vol. 19(4). – P. 951–956.
74. Siu N. C., Ma C. Y. Physicochemical and structural properties of oat globulin polymers formed by a microbial transglutaminase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. P. 2660–2665.
75. Siu N. C., Ma C. Y., Mock W. Y., Mine Y. Functional properties of oat globulin modified by a calciumindependent microbial transglutaminase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. P. 2666–2672.
76. Soares L. H. B., Albuquerque P. M., Assmann F., Zachia M. A. Physicochemical properties of free food proteins treated with transglutaminase. *Ciencia Rural*. 2004. Vol. 34 (4). P. 1219–1223.
77. Sprossler B. G., Nagodawithana T., Reed G. Enzymes in Food Processing. San Diego. New York: *Academic Press*. 1993. P. 293.
78. Stefan W., Lynch M., Elke K. Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods*. 2017. № 6 (29). P. 1–21.
79. Thompson T. Oats and gluten-free diet. *J. Am. Diet. Assoc.* 2003. Vol.103. P. 376–379.

80. Trop M., Kushelevsky A. The reaction of glucono delta lactone with proteins. *Journal of Dairy Science*. 68(10). 1985. P. 2534-2535.
81. Toker G. A., Woods L. F. *Enzymes in Food Processing*. New York: Academic and Professional. 1995. P.161–190.
82. Van Riemsdijk L. E., Van Der Goot A.J., Hamer R.B., Boom R.M. Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system. *Journal of Cereal Science*. 2011. Vol. 53. P. 355–361.
83. Wijngaards G., Zhu Y., Maagd J.M., Bol J. Transglutaminase as a potential tool in developing new protein ingredients and foods. *Medical Faculty Landbouww, University of Gent*. 1997. Vol. 62. P. 1381–1383.
84. Workman J. Jr., Weyer L. Practical guide and spectral atlas for interpretive near-infrared spectroscopy. *CRC Press*. 2012. P. 312.
85. Yamazaki K., Soeda T. Modified cereal flour and processed food using the same. *Patent EP 0847701*. 1998.
86. Zoe M., Sarah E., Severino P. Effect of wheat pearling on flour quality. *Food Res. Int*. 2004. Vol.37. № 5. P. 449–459.
87. Авершина О. Б. Дослідження хлібопекарських властивостей фракції борошна з підвищеним вмістом білкових речовин. *Зб.наук. праць студентів. Науковий пошук молодих дослідників*. Технічні науки. № 2. Луганськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2013. С. 31–35.
88. Арсиненко Н. О., Арсеньєва Л. Ю. Технологічні властивості борошняно-зернової суміші заданого хімічного складу. *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38. Т. 1. С. 257-261.
89. Бабіч О. В. Розроблення технології безглютенового печива для хворих на целиацію: автореф.дис. ...канд.техн.наук.: 05.18.01. НУХТ. Київ, 2006. 20 с.
90. Барсукова Н. В., Решетников Д. А., Красильников В. Н. Харчова інженерія: технології безглютенових борошняних виробів. *Зберігання та переробка зерна*. 2011. № 4. С. 43-46.
91. Бондар І., Дробот В. Як поліпшити харчову цінність борошна. *Харчова і переробна промисловість*. 2000. №6. С. 24–25.
92. Бортічук О. В., Гавриш А. В., Неміріч О. В., Доценко В. Ф. Інноваційні підходи в технології хлібобулочних виробів з сухою молочною сироваткою. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2 (31). С. 97-102.
93. Васильев А. В., Гриненко Е. В., Щукин А. О., Федудина Т. Г. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2007. 54 с.
94. Ганзенко В. Соеві боби. *Харчова і переробна промисловість*. 2006. № 10. С. 24–26.
95. ГОСТ 27493–87. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке. [Чинний від 1989-01-01]. Изд. офиц. Москва: Стандартинформ, 2007. 8 с.
96. ГОСТ 2929–75 Толокно овсяное. Технические условия. Межгосударственный стандарт. Изд. офиц. ИПК Издательство стандартов. Москва. 2010. 4 с.

97. ГОСТ Р 54014–2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. [Чинний від 2012-01-01]. Изд. офиц. Москва. Стандартиформ. 2011. 8 с.

98. Грабовська О. В. Реологія харчових мас.: Метод. вказівки до викон.лаборатор. робіт для студ. спец. «технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» напрямку 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, Є.І. Ковалевська. К.: НУХТ, 2009. 20с.

99. Грищенко А. М., Дробот В. І. Технологічні властивості безглютенових видів сировини. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. Вип. 46. Т. 1. С. 162-166.

100. Грищенко А. М., Дробот В.І. Вплив масової частки вологи тіста на показники якості безглютенового хліба із кукурудзяним борошном. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 12 (189). С. 48–49.

101. Губська. О. Ю. Способи та алгоритми діагностики целиакії в дорослих з урахуванням сучасних діагностичних можливостей регіонів України. Методичні рекомендації (нововведення в сфері охорони здоров'я) для впровадження в закладах охорони здоров'я (обласних, міських, районних), закладах первинної медико-санітарної допомоги, відділеннях стаціонарів терапевтичного, гастроентерологічного профілів). Київ. НМУ імені О.О. Богомольця. 2019. 34 с.

102. Дорохович А. М., Лазоренко Н. П. Маффіни на безглютеновому борошні для хворих на целиацію. *Ukrainian Food Journal*. 2012. № 1. С. 61 – 58.

103. Дорохович В. В., Донець А. С., Сулима В. С., Дорошенко Т. В. Вплив мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу на формування клейковинного комплексу. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25. № 2. С. 261-266.

104. Доценко В. Ф. Харчова хімія: Метод. рекомендації до викон. лаборатор. робіт для студ. напрямку 6.140101 «Готельно-ресторанна справа» ден.форми навч. / уклад.: В. Ф. Доценко, В. О. Губеня, В. С. Зарубіна. Київ. НУХТ. 2011. 69 с.

105. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности: Справочник. К.: Урожай, 2000. – 152 с.

106. Дробот В. И., Грищенко А. М., Михоник Л. А. Использование гречневой муки в производстве безглютенового хлеба. *Хранение и переработка зерна*. 2011. № 4 (142). С. 61–62.

107. Дробот В. І. Арсеньєва Л. Ю., Білик О. А. та ін. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.

108. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Київ: Руслана, 1998. 416 с.

109. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: навч. пос. за ред. В.І. Дробот. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 341 с.

110. Дробот В. І. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві (задачник): навч.-метод. пос./за ред. В.І. Дробот. Київ: Кондор. 2010. 440с.

111. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. –К.: Логос, 2002. 365 с.

112. Дробот В. І., Грищенко А. М. Дослідження впливу способу приготування тіста на показники якості безглютенового хліба. *Харчова наука і технологія*. 2012. №1. С. 77-78.

113. Дробот В. І., Грищенко А. М. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. *Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського*. 2013. Вип. 30. С. 52 –58.

114. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження структурно-механічних властивостей тіста зі шротом насіння льону. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 10 (131). С. 29-33.

115. Дробот В., Грищенко А. Зміни показників якості безглютенового хліба при зберіганні. *Ukrainian Food Journal*. 2013. Vol.2. (3). Р. 347– 353.

116. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів навч. посіб. / В.І. Дробот, В.Г. Юрчак, О.А. Білик та ін. / за ред. чл.-кор. НААН В.І. Дробот. – К.: Кондор-Видавництво, 2015. – 972 с

117. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарст України, 2010. 39 с.

118. ДСТУ 7698:2015 Крупи вівсяні. Технічні умови. Національний стандарт України. ДП «УкрНДНЦ». 2016.

119. ДСТУ ISO 3093:2009. Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупи з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена (ISO 3093:2004, IDT). [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарст України, 2013. 16 с.

120. ДСТУ-Н CODEX STAN 118:2014 Харчові продукти спеціального дієтичного споживання для осіб з непереносимістю глютену. Загальні вимоги (CODEX STAN 118-1979, IDT).

121. ДСТУ-П 8536:2015. Вироби хлібобулочні. Органолептичне оцінювання показників якості. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарст України, 2017. 15 с.

122. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Системний аналіз: проблеми, методологія, визначення. Київ: Наукова думка, 2005. 743 с.

123. Ищенко Т. И. Разработка технологий хлеба для экологически загрязненных зон: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Киев, 1996. 283 с.

124. Іжевська О. П. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням шроту насіння льону: дис. канд. техн. наук: 05.08.01. Київ, 2017. 238 с.

125. Іоргачова К. Г., Макарова О. В., Хвостенко К. В., Рибалка О. І. Визначення технологічних властивостей борошна з безамілозної пшениці за станом вуглеводно-амілазного комплексу. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 37–40.

126. Іуніхіна В., Курцева В., Мельников Є. Борошно для дитячого й дієтичного харчування. *Зерно та хліб*. 2001. №3. С. 24.

127. Каганов, Б. С. Лікувальне харчування при захворюваннях шлунково-кишкового тракту у дітей. Б. С. Каганов і ін. Питання дитячої дієтології. 2011. Т. 9 №4. С. 56–57.

128. Кобець О. С. Удосконалення технології бісквітних напівфабрикатів оздоровчого призначення: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2018. 253 с.

129. Кобзаренко Т. Д. Ионнообменная хроматография аминокислот. Новосибирск. Наука, 1975. 134 с.

130. Колесник И. В., Самолетова Н. А. Инфракрасная спектроскопия: методическая разработка. Москва: 2011. 88с.

131. Котузаки Е. Н. Розробка технології та рецептур бісквітних напівфабрикатів на основі нехлібних видів борошна: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Одеса, 2013. 224 с.

132. Крамаренко Д. П. Дослідження впливу добавок гідробіонтів на газоутворюючу здатність борошна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 179. С. 134–139.

133. Кучерук З. І., Цуканова О. С. Використання полісахаридів рослинного і мікробного походження в технології безбілкового хліба: монографія. Харків: ХДУХТ, 2014. 131 с.

134. Лазоренко Н. П., Омелянченко І. С. Визначення адгезійних властивостей тіста безглютенових маффінів. *Наукові праці ОНАХТ*. 2013. Вип. 44, Т. 1. С. 167–170.

135. Лисіков Ю. А., Маліцина Т. А., Рославцева Е. А. «Епідемія» гіпердіагностики целиакії. Статистика діагностичних помилок. *Питання дитячої дієтології*. 2011. Т. 9. № 2. С. 75.

136. Лобачева Н. Л., Зверев В. А., Алексенко В. А., Шанина О. Н. Практика и перспективы применения фермента трансглутаминаза для регулирования свойств мучных продуктов. *Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства: материалы Международной научнопрактической конференции*. Алматы: АТУ, 2014. с. 148.

137. Лобачева Н. Л., Шанина О. М. Технологічні аспекти формування структури виробів з безглютенової борошняної сировини. *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв*: матер. XIII Міжнародної науково-практичної конференції. Харків, 2013. С. 71–79.

138. Лобачова Н. Л. Удосконалення вологості безглютенових хлібобулочних виробів: монографія Н. Л. Лобачова. – Суми: Сумський національний аграрний університет. 2015. – 214 с.

139. Лобачова Н. Л., Варако Г., Шанина О. М. Особливості процесу клейстеризації крохмалю кукурудзяного борошна, обробленого трансглутаміназою. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді*: збірник матер. VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю. Одеса: ОНАХТ, 2014. С. 99.

140. Лобачова Н. Л., Шанина О. М. Обґрунтування режимів тістоведення в технології безглютенового хліба. *Нові продукти харчовій промисловості*: міжнар. наук. конф. К: НУХТ, 2014. С. 77.

141. Лобачова Н. Л., Шаніна О. М. Удосконалення технології безглютенового хліба: матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ. Суми, 2013. Т. III. С.159.
142. Луньова О. С., Кучерук З. І. Вплив структуроутворюючої добавки ксантану на реологічні показники та рухливість води в тісті для дієтичного безбілкового хліба. *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 36. Т. 1. С. 166-168.
143. Луньова О. С., Кучерук З. І. Наукове обґрунтування технології дієтичних безбілкових хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 1(14). С. 25-30.
144. Матковська Н. Р., Глушко Л. В., Гавриш Т. Ю., Волошинович Н. М., Скрипник Л. М., Маслій У.І. Сучасне обличчя целиакії. Що повинен знати інтерніст? *Івано-Франківський національний медичний університет. Сімейна медицина*. №5 (79). 2018. С. 60–65.
145. Медвідь І., Шидловська О., Доценко В. Вплив ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна на мікробіологічні процеси тіста. *Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 84 міжнар.наук.конф.молодих учених, аспірантів і студентів*. Київ: НУХТ, 2018. Ч.3. С. 387.
146. Миронов В. А., Янковський С. А. Спектроскопия в органической химии. Сборник задач. Москва: Химия, 1985. 232 с.
147. Місечко Н. О. Використання фруктози і лактулози в технології хлібобулочних виробів: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2014. 257 с.
148. Напівавтоматизований текстурометр для визначення структурно-механічних показників харчових продуктів: пат. на корисну модель №90314 України. № u 201312887 ; заявл. 05.11.13 ; опубл. 25.06.2014, Бюл. №10.
149. Okoyama K., Nio N., Kikuchi Y. Properties and applications of microbial transglutaminase. *Appl. Microbio.l Biotechnol*. 2004. Vol. 64. P. 447–454.
150. Облап Р. В., Новак Н. Б., Семенович В. К., Димань Т. М. Визначення присутності глютену злакових культур у харчових продуктах методом ПЛР-РЧ. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. №1. 2015. С. 111-116.
151. Перцевой Ф. В., Гурський П. В., Фощан А. Л., Чуйко Л. О. Дослідження процесу плавлення сирної пасти за допомогою дериватографа Q-1000. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі*. 2005. Вип. 2. С. 35–41.
152. Пименова Л. Н. Термография. Методологические указания по лабораторной работе по дисциплине Физико-химические методы исследования. Томск: 2005. 19 с.
153. Півоваров О. А., Миколеко С. Ю. Дериватографічні дослідження тіста приготовленого з використанням плазмохімічно активних водних розчинів. *Харчова наука і технологія*. 2011. №3 (16). С. 69–72.
154. Півоваров О. А., Миколенко С. Ю. Дослідження біотехнологічних особливостей приготування тіста при використанні розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми. *Вісник Запорізького національного університету*. 2012. № 2. С. 136-143.

155. Покровський А. А., Ертанов И. А. Атакуемость белка пищевых продуктов протеолитическими ферментами *in vitro*. *Вопросы питания*. 1965. №3. С. 38–44.

156. Посудін Ю. І. Методи неруйнівної оцінки якості та безпеки сільськогосподарських і харчових продуктів: навч. пос. Київ: Арістей, 2005. 408 с.

157. Різник А. О., Доценко В. Ф., Цирульнікова В. В., Тищенко О. М. Продукт переробки вівса як альтернативна сировина в технології аглютонових хлібобулочних виробів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. 2021. № 25. С. 199-207.

158. Різник А. О., Сильчук Т. А. Підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів в закладах ресторанного господарства. *XI Всеукраїнська науково-практична конференція присвячена до 70-річчя з дня народження професора В.Ф. Доценка «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»* Київ НУХТ, 2022. С. 25–26.

159. Різник А. О., Сильчук Т. А., Цирульнікова В. В. Виготовлення хлібних виробів підвищеної біологічної цінності для закладів ресторанного господарства. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Київ НУХТ, 2021. С. 105–106.

160. Різник А. О., Сильчук Т. А., Цирульнікова В. В. Ключові аспекти розширення асортименту хлібних виробів функціонального призначення. *Матеріали міжнародного симпозиуму для студентів і молодих вчених в рамках ініціативи «Дні науки»*, Українсько-американський університет Конкордія, 2021.

161. Різник А., Сильчук Т. Аналіз поліпшувачів якості аглютонових хлібних виробів. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: матеріали 87 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів*. Київ НУХТ, 2021. Ч.3. С. 251.

162. Різник А., Сильчук Т. Підвищення якості та харчової цінності вівсяного хліба. *Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. ДонНУЕТ, 2021. С. 209–210.

163. Різник А., Сильчук Т., Цирульнікова В. Доцільність використання гідроколоїдів при виробництві хлібних виробів. *Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції*. Київ НУХТ, 2021. С. 122-124.

164. Рожко О. В. Розробка технології безглютонових макаронних виробів: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2018. 222 с.

165. Ройтер И. М., Демчук А. П., Дробот В. И. Новые методы контроля хлебопекарского производства. Киев. Техніка. 1977. 192 с.

166. Crittenden R., Karppinen S., Ojanen S. In vitro fermentation of cereal dietary carbohydrates by probiotic and intestinal bacteria. *J. Sci. Food Agric*. 2002. №82. P. 781–789.

167. Сафонова О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням

нетрадиційної борошняної сировини: дис. доктора техн. наук : 05.18.01. К. 2007. 335с.

168. Сафонова О. М., Теймурова А. Т., Дугіна К. В., Головко І. О. Обґрунтування способу введення концентратів тваринних білків до складу борошняних сумішей. *Вісник Національного технічного університету «ХП»*. Збірник наукових праць. Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2012. №17. С. 117–122.

169. Сердюк Л. Лікувально–профілактичні продукти наоснові зернової сировини. *Зерно та хліб*. 1997. №4. С. 34–35.

170. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Якість і безпечність зерноборошняних продуктів. К.: Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.

171. Скорикова Г. Ільчук В., Копиціяк М. Жорсткі дунсти проти черствіння хліба. *Зерно та хліб*. 2004. №3. С. 18–19.

172. Скурихин Н. М., Волгарева М. Н. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирowych кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. Москва: Агропромиздат, 1987.

173. Спосіб виробництва безглютенового хліба. Пат. № 86050 Україна. № u201307689; заявл. 17.06.2013р; опубл. 10.12.2013 р., Бюл. № 23. 4 с.

174. Спосіб виробництва вівсяного хліба: патент на корисну модель 149766 Україна. № u202104086; заявл. 13.07.2021; опубл. 01.12.2021, Бюл. № 48. 4 с.

175. Стадник І. С. Особливості зміни структури тіста в залежності від його деформаційних навантажень. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 5. С. 11-14.

176. Ткачук Ю. М. технологія хлібобулочних виробів, збагачених молочними білками: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2014. 324 с.

177. Фалунина З. Ф. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых продуктов: учеб. пособие. З. Ф. Фалунина и др. Москва. Пищевая промышленность. 1978. 272 с.

178. Холодова О. А., Сафонова О. М. Вплив озону на стан вуглеводно-амілазного комплексу борошна. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2012. Вип. 1. С. 234–238.

179. Черниш П., Ільчук В. Борошно підвищеної крупності. *Зерно та хліб*. 1997. №1. 28 с.

180. Чудік Ю. В., Сафонова О. М. Регулювання водопоглинальної здатності борошняних сумішей. *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв*. *Вісник ХДТУСГ*. Вип. 16. Харків: ХДТУСГ, 2003. С. 165–170.

181. Шаніна О. М. Лобачова Н. Л. Дослідження впливу трансглютамінази та білкових добавок на вологоутримувальну здатність безглютенового борошняного тіста. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв*. Вип. 152. Харків, 2014. С. 243–250.

182. Шаніна О. М. Лобачова Н. Л., Зверев В. О. Вологоутримувальна здатність борошняного тіста з додаванням ферменту трансглютаміназа. *Наукові праці*

ОНАХТ. Серія: Технічні науки. Одеська національна академія харчових технологій. Вип. 46. Т.1. 2014. С.153–157.

183. Шаніна О. М., Галясний І. В., Лобачова Н. Л. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2015. № 4. С. 56-60.

184. Шаніна О. М., Жуков Є. В., Нурєєва А. В. Вплив технологічних факторів на ступінь пенетрації хлібобулочних виробів спеціального призначення. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. №2/4 (28). С. 30–35.

185. Шаніна О. М., Лобачова Н. Л. Вивчення впливу ферменту трансглютаміназа на конфірмаційний стан білків борошняного тіста. *Наукові праці ОНАХТ. Серія: Технічні науки.* Одеська національна академія харчових технологій. Вип. 44. Т.1. Одеса. 2013. С. 135–139.

186. Шаніна О. М., Лобачова Н. Л. Дослідження іонозв'язувальної здатності білків безглютенового борошняного тіста за додавання трансглютамінази. *Обладнання та технології харчових виробництв: темат.зб.наук.праць ДонДУЕТ*. Вип.32. Донецьк. 2014. С. 136–143.

187. Шаніна О. М., Лобачова Н. Л., Зверев В. О. Вплив ферменту трансглютаміназа на властивості білків борошна. *Восточно-Европейский журнал передових технологій*. 2014. 5/11 (71). С. 28–33.

188. Шаніна О. М., Лобачова Н. Л., Ліфенцева А. О. Вивчення деформаційних процесів у безглютеновому тісті. *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві*: міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція. Харків: ХДУХТ, 2014. С. 143–144.

189. Шаповаленко О. І., Скорікова Г. І., Польовик Л. В., Марченко Є. І. Дослідження якості суміші пшеничного та горохового борошна та зміни при зберіганні. *Зернові продукти і комбікорми*. 2009. № 3. С. 25–28.

190. Шидловская Е. Б. Разработка комплексных улучшителей с целью повышения качества хлеба и интенсификации технологического процесса: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Киев, 1996. 256 с.

191. Шульга О. С., Перепелица О. П., Шульга С. І. Вплив молока та сироватки на властивості їстівних плівок та покриттів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. Т. 19. № 80. С. 18–24.

192. Юрчак В. Г. Оптимізація технологічних процесів виробництва хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів: лаборатор. практ. для студ. освітнього ступеня «Магістр» спец. 181 «Харчові технології» спеціалізації «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів» ден. та заоч. форм навч. уклад. В.Г. Юрчак, В.М. Махинько, О.В. Запотоцька. К.: НУХТ, 2017. 57 с.

193. Юрчак В., Ковалевська Є., Манк В., Євсеєнко Т. Борошно з бобових культур. *Зерно і хліб*. 2001. №4. 22 с.

194. Електронний ресурс – Режим доступу: сертифікат якості ГДЛ <http://surl.li/ihfpv>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Технічні умови

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор з наукової роботи НУХТ
 к.т.н., доц.
 Сергій ТОКАРЧУК
 _____ червня _____ 2023 р.



ХЛІБ ВІВСЯНИЙ
ТЕХНІЧНІ УМОВИ
ТУ У 02070938-320:2023
 (Вводяться вперше)

Дата надання чинності « 01 » 06 _____ 2023 р.

Чинний до « 01 » 06 _____ 2028 р.

РОЗРОБЛЕНО

_____ аспірант Анастасія РІЗНИК
 « 01 » 06 _____ 2023 р.

_____ д.т.н., проф. Тетяна СИЛЬЧУК
 « 01 » 06 _____ 2023 р.

_____ к.т.н., доц. Віта ЦИРУЛЬНІКОВА
 « 01 » 06 _____ 2023 р.

ТУ У 02070938-320:2023

ЗМІСТ

	С.
1. Сфера застосування.....	3
2. Нормативні посилання.....	3
3. Технічні вимоги.....	5
4. Вимоги щодо безпеки та охорони довкілля, утилізування.....	9
5. Правила приймання.....	10
6. Методи контролювання.....	10
7. Транспортування та зберігання.....	11
8. Гарантії виробника.....	11
Додаток А (інформаційний) Інформація про харчову (поживну) та енергетичну цінність (калорійність) 100 г виробів.....	12

ТУ У 02070938-320:2023

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ці технічні умови поширюються на хліб вівсяний для спеціального харчування (далі за текстом - хліб вівсяний), який виготовляється з толокна вівсяного а також іншої сировини, що входить до складу рецептури (Хліб вівсяний-покращений 02070938-320:2023). Хліб вівсяний призначений для реалізації у торговельній мережі та в закладах ресторанного господарства

Вимоги цих технічних умов є обов'язковими.

Обов'язкові вимоги до якості продукції, що гарантують і безпеку для життя та здоров'я людей, охорони довкілля, викладені у 3.3.3-3.3.5 та у розділі 4 цих технічних умов.

Ці технічні умови являються власністю Національного університету харчових технологій і не можуть бути повністю або частково відтворені, тиражовані та розповсюджені без дозволу власника.

Приклад позначення при замовленні: Хліб вівсяний ТУ У 02070938-320:2023.

Технічні умови необхідно перевіряти регулярно: не рідше одного разу на п'ять років після введення в дію чи останньої перевірки, якщо не виникає необхідності перевірити їх раніше у випадку прийняття нормативно-законодавчих актів, відповідних національних (міждержавних) стандартів, які регламентують інші вимоги, крім тих, що встановлені у технічних умовах.

Ці технічні умови придатні для цілей сертифікації в системі УкрСЕПРО.

Позначення хліба вівсяного може мати знак для товарів та послуг (торгове найменування), прийнятий для них підприємством-виробником та затверджений його керівником, що не суперечить чинному законодавству України.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих технічних умовах є посилання на такі нормативні документи:

Закон України від 14.01.2000 р. №1393-XIV	Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції.
ДСТУ 2296-93	Система сертифікації УкрСЕПРО. Знак відповідності. Форма, розміри, технічні вимоги та правила застосування
ДСТУ 3147-95	Коди і кодування інформації. Загальні вимоги
ГОСТ 12.1.005_88	ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони
ГОСТ 12.2.003-91	ССБТ. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки
ГОСТ 12.3.002-75	ССБТ. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки
ГОСТ 12.1.004 - 91	Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги
ГОСТ 17.2.3.02-78	Охорона природи. Атмосфера. Правила встановлення допустимих викидів шкідливих речовин промисловим підприємствам

ТУ У 02070938-320:2023

ДСТУ 2120-93	Хлібопекарське виробництво. Терміни та визначення
ДСТУ 7044:2009	Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначання органолептичних показників і маси виробів
ДСТУ 7045:2009	Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників
ДСТУ 7046:2009	Вироби хлібобулочні. Укладання. Зберігання транспортування
ДСТУ-П 8536:2015	Вироби хлібобулочні. Органолептичне оцінювання показників якості
ДСТУ 3583:2015	Сіль кухонна. Загальні технічні умови.
ТУ У 15.6–13929625–001:2011	Толокно вівсяне. Загальні технічні умови.
ТУ 9182-036-48975583-2010	Дріжджі сухі швидкодіючі (інстантні). Загальні технічні умови.
ДСТУ 4465:2005	Маргарин столовий. Загальні технічні умови.
ТУ У 82.9.-31641954-003:2013	Сухе молоко знежирене. Загальні технічні умови.
ДСТУ 4623:2006	Цукор білий кристалічний. Загальні технічні умови.
ДСТУ 4639:2006	Казеїн технічний. Загальні технічні умови.
ДСТУ 4808:2007	Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання
ГОСТ 10354-82	Плівка поліетиленова. Технічні умови
ГОСТ 25951-83	Плівка поліетиленова термозбіжна. Технічні умови
ДСТУ ISO 780-2001	Пакування. Графічне маркування щодо поводження з товарами
ГОСТ 26927-86	Сировина і продукти харчові. Методи визначення ртуті. Зі зміною № 1
ДСТУ 7670:2014	Сировина та харчові продукти. Підготовка проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів
ДСТУ 4459:2005	Пепсини харчові. Загальні технічні умови
ГОСТ 26931-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди.
ГОСТ 26932-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца
ГОСТ 26933-86	Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия
ГОСТ 26934-86	Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка
ДСанПін 8.8.1.2.3.4-000-2001	Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті.
ДСанПін 2.2.4-171-10	Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною
СанПиН 4630-88	Санітарні правила та норми охорони поверхневих вод від забруднення

ТУ У 02070938-320:2023

ДСП 201-97	Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)
СП №823-69	Санитарные правила для предприятий хлебопекарной промышленности
МБТ и СН № 5061-89	Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів
ДСТУ EN 12955-2001	Продукти харчові. Визначення афлатоксину В ₁ , та суми афлатоксинів В ₁ , В ₂ , G ₁ , та G ₂ , у зернових культурах, фруктах із твердою шкіркою та похідних від цих продуктів
ДСТУ-Н CODEX STAN 118:2014 МВ №3940-84	Харчові продукти спеціального дієтичного споживання для осіб з непереносимістю глютену. Загальні вимоги Методичні вказівки по виявленню, ідентифікації визначенню вмісту дезоксиніваленону (вомітоксину) у зерні і зернопродуктах
МВ №2964-84	Методичні вказівки по виявленню, ідентифікації і визначенню вмісту зеараленону у харчових продуктах
Р 50-056-96	Рекомендації. Продукція фасована в пакуванні. Загальні вимоги до кількості
ГН 6.6.1.1-130-2006	Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷ С і ⁹⁰ г у продуктах харчування та питній воді
Наказ від 23.07.2002 р. № 280	Щодо організації проведення обов'язкових профілактичних медичних оглядів працівників окремих професій, виробництв і організацій, діяльність яких пов'язана з обслуговуванням населення і може призвести до поширення інфекційних хвороб

3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Хліб вівсяний повинен вироблятися згідно з вимогами цих технічних умов за рецептурою та технологічною інструкцією, затвердженими у встановленому порядку, з дотриманням санітарних правил для підприємств хлібопекарної промисловості № 823.

3.2 Асортимент

3.2.1 Вироби хлібні виробляють у наступному асортименті:

- хліб «Вівсяний»;
- хліб «Вівсяний-покращений».

3.3 Характеристика

3.3.1 За органолептичними показниками хліб вівсяний повинен відповідати вимогам таблиці 1.

ТУ У 02070938-320:2023

Таблиця 1 – Органолептичні показники хліба вівсяного

Найменування показника	Характеристика	Метод контролювання
Зовнішній вигляд:		Згідно з ДСТУ-П 8536:2015
форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів	
поверхня	Без пошкоджень та забруднень, дозволено невеликі тріщини	
колір	Від світло-кремового до світло-коричневого, без підгорілості	
Стан м'якушки	Пропечена, без слідів непромісу еластична. не волога на дотик	
Смак	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку	
Аромат	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху	

3.3.2 За фізико-хімічними показниками хліб вівсяний повинен відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 2.

3.3.2.1 Масову частку цукру та жиру нормують у випадку якщо рецептурний вміст цих компонентів становить 2 кг і більше на 100 кг борошна.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники хліба вівсяного

Найменування показника	Норма		Метод контролювання
	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»	
Вологість м'якушки, %, не більше ніж	52	52	Згідно з ДСТУ 7045:2009
Кислотність м'якушки, град., не більше ніж	2,8	2,8	
Пористість, %, не менше ніж	34	35	
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %, не менше ніж	4,5	4,5	
Масова частка глютену, мг/кг продукту, не більше ніж	20	20	Згідно з ДСТУ-Н CODEX STAN 118:2014
Примітки: 1. Допускається перевищення верхньої межі за масовою часткою жиру. 2. Допускається відхилення вмісту жиру в межах $\pm 0,5$ %.			

3.3.3 Вміст токсичних елементів та мікотоксинів в хлібі вівсяному не повинен перевищувати норми, наведені в таблиці 3.

ТУ У 02070938-320:2023

Таблиця 3 – Допустимі рівні вмісту токсичних елементів та мікотоксинів у хлібі вівсяному

Назва показника	Допустимий рівень, мг/кг, не більше	Метод контролювання
Токсичні елементи		
Свинець	0,3	ГОСТ 26932
Калій	0,05	ГОСТ 26933
Миш'як	0,1	ГОСТ 26930
Ртуть	0,01	ГОСТ 26927
Мідь	5,0	ГОСТ 26931
Цинк	25,0	ГОСТ 26934
Мікотоксини		
Афлотоксин В ₁	0,005	ДСТУ EN 12955
Дезоксиніваленон	0,5	МВ № 3940
Зеараленон	1,0	МВ № 2964

3.3.4 Вміст пестицидів у хлібі вівсяному не повинен перевищувати допустимі рівні, встановлені МБТ 5061.

3.3.5 Вміст радіонуклідів у хлібі вівсяному не повинен перевищувати норми, встановлені ГН 6.6.1.1-130.

3.4 Вимоги до сировини і матеріалів

3.4.1 Для виробництва хліба вівсяного використовують наступну сировину і матеріали:

- толокно вівсяне згідно з ТУ У 15.6-13929625-001:2011;
- дріжджі сухі швидкодіючі (інстантні) згідно з ТУ 9182-036-48975583-2010;
- сіль кухонну згідно з ДСТУ 3583:2015;
- воду питну згідно з ДСанПін 2.2.4-171-10;
- маргарин столовий згідно з ДСТУ 4465:2005;
- сухе молоко знежирене згідно з ТУ У 82.9.-31641954-003:2013;
- цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006;
- казеїн технічний згідно з ДСТУ 4639:2006;
- глюкано-дельта-лактон згідно з висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи та сертифікату відповідності.

3.4.2 Дозволяється використання іншої сировини вітчизняного виробництва згідно з чинною нормативною документацією або зарубіжного виробництва за наявності висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи та сертифікату відповідності.

3.4.3 Сировина, що використовується для виготовлення хліба вівсяного, за вмістом токсичних елементів, мікотоксинів, пестицидів, радіонуклідів повинна відповідати вимогам МБТ и СН № 5061, ДСанПін 8.8.1.2.3.4-000, ГН 6.6.1.1-130.

3.4.4 Кожна партія сировини і матеріалів, яка надходить для виробництва хліба вівсяного, повинна супроводжуватися документом про якість встановленої форми з вказівкою показників безпеки.

ТУ У 02070938-320:2023

- найменування продукту;
- найменування підприємства-виробника, його адреси;
- маси нетто, кг;
- кількості пакувальних одиниць і маси нетто г/кг пакувальної одиниці;
- терміну придатності до споживання (або кінцевого терміну реалізації) та умов зберігання;
- номеру партії виробництва;
- позначення цих технічних умов.

3.6.6 Маркування продукції повинно виконуватись:

- при постачанні в Україні – державною мовою України, або державною мовою України і додатково однією, двома або декількома іноземними мовами, наприклад, українською і англійською.

4 ВИМОГИ ЩОДО БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ, УТИЛІЗУВАННЯ

4.1 При виробництві хліба вівсяного необхідно керуватися вимогами, що встановлені «Санитарными правилами для предприятий хлебопекарной промышленности» № 823.

4.2 Технологічне обладнання повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003.

4.3 Технологічний процес повинен здійснюватися згідно з ГОСТ 12.3.002.

4.4 Повітря робочої зони повинно відповідати ГОСТ 12.1.005.

4.5 Виробничі приміщення повинні бути обладнані вентиляцією за ДБН В.2.5-67.

4.6 Освітлення виробничих приміщень повинно відповідати ДБН В.2.5-28.

4.7 Стічні води повинні відповідати вимогам СанПиН 4630.

4.8 Контроль за викидами шкідливих речовин в атмосферу повинен виконуватися у відповідності з вимогами ДСП 201, ГОСТ 17.2.3.02.

4.9 Охорона ґрунту від забруднення повинна виконуватися у відповідності з вимогами СанПиН 42-128-4690.

4.10 Мікроклімат виробничих приміщень повинен відповідати ДБН В.2.5-67.

4.11 Еквівалентний рівень шуму робочих місць не повинен перевищувати 80 дБ/екв. згідно з ДСН 3.3.6.037.

4.12 Працівники повинні бути забезпечені санітарно-побутовими приміщеннями згідно з ДБН В.2.2-28.

4.13 Обов'язкові медичні огляди працівників проводяться згідно Наказу МОЗ України № 280.

4.14 Утилізування неякісної та небезпечної продукції здійснюють згідно з законом України «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції» №1393-XIV від 14.01.2000 р.

5 ПРАВИЛА ПРИЙМАННЯ

5.1 Хліб вівсяний приймають партіями згідно з ДСТУ 7044.

ТУ У 02070938-320:2023

5.2 Кожну партію хліба вівсяного супроводжують документами, що засвідчують якість та безпечність.

5.3 Для перевірки якості хліба вівсяного на відповідність цим технічним умовам підприємство-виробник проводить приймальний та періодичний контроль.

5.4 Кожна партія хліба вівсяного підлягає приймальному контролю за органолептичними показниками цих технічних умов, якістю пакування та відповідністю маркування, маси нетто.

5.5 Фізико-хімічні показники визначають один раз на квартал, а також за вимогою контролюючих організацій та споживачів.

5.6 Порядок та періодичність контролю вмісту токсичних елементів, мікотоксинів, пестицидів і радіонуклідів здійснюють згідно з МР 4.4.4.-108.

5.7 Контроль якості сировини і матеріалів 3.4.2 проводиться в кожній партії при вхідному контролі в порядку, встановленому підприємством, згідно з ДСТУ 7044.

5.8 Вимоги безпеки, визначені в Розділі 4, контролюються в процесі підготовки, освоєння виробництва і в порядку, встановленому органами Держнагляду, за методиками, затвердженими у встановленому порядку.

6 МЕТОДИ КОНТРОЛЮВАННЯ

6.1 Відбір і підготування проб до випробувань проводять згідно з ДСТУ 7044.

6.2 Масу нетто, якість пакування проводять згідно з ДСТУ ISO 780, якість маркування – візуально.

6.3 Органолептичні та фізико-хімічні показники визначають згідно методами, вказаними у табл. 1, 2.

6.4 Визначення вмісту токсичних елементів, мікотоксинів проводять згідно з методами, які вказані в табл. 3. Визначення вмісту мікотоксинів можна проводити згідно з іншими методами, затвердженими центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я у встановленому порядку.

6.5 Контроль вмісту залишкових кількостей пестицидів проводять за методами, затвердженими центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я у встановленому порядку.

6.6 Радіонукліди визначають згідно з методами, затвердженими центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я у встановленому порядку.

6.7 Дозволено використовувати стандартні методики, методи та прилади, які за своїми метрологічними та технічними характеристиками задовольняють вимоги цих технічних умов та мають відповідне метрологічне забезпечення згідно з чинним законодавством України.

7 ТРАНСПОРТУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ

7.1 Хліб вівсяний транспортують і зберігають згідно з ГОСТ 8227.

7.2 Строк придатності хліба вівсяного у роздрібній торговельній мережі з моменту виймання з печі виробів масою до 0,2 кг включно – не більше 16 годин

ТУ У 02070938-320:2023

(упакованих – не більше 32 годин), масою більше 0,2 кг – не більше 24 годин (упакованих – не більше 48 годин).

7.3 Термін максимальної витримки на підприємстві після виймання з печі хліба вісяного масою до 0,2 кг включно – не більше 6 годин (упакованих – не більше 12 годин), масою більше 0,2 кг – не більше 10 годин (упакованих не більше 20 годин).

8 ГАРАНТІЇ ВИРОБНИКА

8.1 Виробник гарантує відповідність якості та безпечності хліба вісяного вимогам технічних умов при дотриманні правил транспортування і зберігання.

8.2 Гарантійний термін зберігання (строк придатності) хліба вісяного відповідно до пункту 7.2

ТУ У 02070938-320:2023

Додаток А
(інформаційний)
Інформація про харчову (поживну) та енергетичну цінність
(калорійність) 100 г виробів

Таблиця А.1

Продукція	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
Хліб «Вівсяний»	8,5	4,42	55,7	296,6
Хліб «Вівсяний-покращений»	10,2	4,42	55,17	301,3

TY Y 02070938-320:2023

Лист реєстрації змін

[illegible]

ДОДАТОК Б

Технологічна інструкція

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи НУХТ
д.т.н., доц. Сергій ТОКАРЧУК

червня _____ 2023 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ До ТУ У 02070938-320:2023

ХЛІБ ВІВСЯНИЙ

Дата надання чинності « 01 » 06 _____ 2023 р.

Чинний до « 01 » 06 _____ 2028 р.

РОЗРОБЛЕНО

аспірант Анастасія РІЗНИК
« 01 » 06 _____ 2023 р.

д.т.н., проф. Тетяна СИЛЬЧУК
« 01 » 06 _____ 2023 р.

к.т.н., доц. Віта ЦИРУЛЬНІКОВА
« 01 » 06 _____ 2023 р.

ЗМІСТ

	С.
1. Асортимент	3
2. Характеристика сировини й матеріалів.....	3
3. Характеристика готової продукції.....	3
4. Опис технологічного процесу	3
5. Пакування й маркування	4
6. Транспортування й зберігання.....	4
7. Контроль якості	4

Ця технологічна інструкція є невід'ємною частиною ТУ У 02070938-320:2023.

1. Асортимент

Ця технологічна інструкція поширюється на виробництво хліба вівсяного, який виготовляють з толокна вівсяного, а також іншої сировини, що входить до складу рецептури (Хліб вівсяний РЦУ ТУ У 02070938-320:2023).

Вироби хлібні виробляють у наступному асортименті:

- хліб «Вівсяний»;
- хліб «Вівсяний-покращений».

2. Характеристика сировини й матеріалів

2.1 Хліб вівсяний повинен вироблятися згідно з цими технічними умовами та цією технологічною інструкцією з виконанням діючих норм законодавства.

2.2 Для виготовлення хліба вівсяного використовують сировину й матеріали, вказані в пункті 3.4 технічних умов.

3. Характеристика готової продукції

За показниками хліб вівсяний має відповідати вимогам, вказаним у пункті 3.3 технічних умов.

4. Опис технологічного процесу

Технологічний процес має проходити за цією технологічною інструкцією з дотриманням вимог діючого законодавства з безпеки та якості харчових продуктів.

Сировину для хліба вівсяного приймають за наявності всіх документів, затверджених законодавством, що підтверджують її якість.

Сировина закупляється партіями, контроль якості проводиться згідно з діючим законодавством.

4.1 Підготовка сировини до виробництва вівсяного хліба з толокна вівсяного повинна проводитися відповідно до «Правил організації і ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах», затверджених наказом Об'єднання підприємств хлібопекарської промисловості Укрхлібпром № 37 від 19.07.2000 р.

4.2 Приготування тіста.

На першому етапі здійснюють підготовку сировини до виробництва. Замішування тіста проводять на основі вівсяного толокна, маргарину, сухого молока, казеїну та ГДЛ.

Вівсяне толокно та інші сипкі компоненти просіювали, готували дріжджову суспензію, глюкано-дельта-лактон та казеїн розчиняли у воді, кількість якої передбачена рецептурою для отримання тіста потрібної вологості. Молоко сухе знежирене розводили водою та проціджували через сито з комірками розміром не більше 0,5мм. Для приготування тіста в діжу тістомісильної машини вносили просіяні сипкі компоненти, підготовлений цукровий розчин, розчин солі,

маргарин, дріжджову суспензію та розчини зі структуроутворювачами. Далі здійснюють замішування тіста. Спосіб приготування тіста був безопарний. Тісто готували вологістю 52 %, заміс тіста здійснюють з використанням тістомісильної машини періодичної дії марки Bosch, Electrolux, Arach або іншої. Замішують за початкової температури 19...20 °С, до отримання однорідної маси протягом 7...10 хв.

Рецептури по стадіях технологічного процесу і режим приготування тіста для хлібних виробів з розрахунку на 100 кг борошняної сировини наведено в таблиці 1.

4.3 Оброблення, формування і бродіння.

Відразу після замісу тісто поділяють на шматки, що забезпечує відповідну масу тістових заготовок, за допомогою тістоподільника Bongard Mercure, DVP або вручну, формують і укладають їх у форми для випікання. Масу тістових заготовок визначають за установленю масою готового виробу з урахуванням величини упікання.

Далі тісто піддають бродінню в формах у вистійній шафі марки UNOX, Inoxtech, Piron (або іншої) за відносної вологості повітря 75...80 % та температури 30...32 °С протягом 45 хв.

4.4 Випікання

Випікання хліба здійснюють у пароконвекційній печі марки Elektrolux, UNOX, LAINOX тощо або спеціалізованих пекарських шафах Bongard Kristal, MIWE, Tagliavini або інших.

Температурний режим та тривалість випікання вівсяних хлібних виробів наведено у табл. 1.

Температурні режими та тривалість випікання можуть змінюватись залежно від типу, конструктивних особливостей обладнання, умов його експлуатації та якості сировин

5. Пакування й маркування

5.1 Пакування хліба вівсяного здійснюють згідно з вимогами цих технічних умов – п. 3.5.

5.2 Маркування продукції проводиться згідно з вимогами цих технічних умов – п. 3.6.

6. Транспортування й зберігання

Транспортування й зберігання хліба вівсяного проводиться згідно з вимогами Розділу 7 технічних умов.

7. Контроль якості

Контроль якості, дотримання технологічних режимів й зберігання хліба вівсяного проводиться згідно з Розділами 5 та 6 технічних умов.

Таблиця 1 - Рецептури та режими приготування хліба вівсяного

Назва стадії технологічного процесу	Толокно вісяне	Дріжджі хлібопекарські сухі	Сіль кухонна	Казеїн технічний	Глюкано-дельта-лактон	Ізюм білий кристалічний	Маргарин столовий	Сухе молоко	Вода	Початкова температура	Вологість, не більше	Тривалість бродіння	Тривалість гідролізу	Температура вистійної шафи	Відносна вологість повітря у вистійній шафі	Температура пекарської камери	Тривалість випікання
	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	°С	%	хв	хв	°С	%	°С	хв
Хліб «Вівсяний-покращений»																	
Тісто	100	3,0	1,5	5,0	1,0	8,0	4,0	3,5	За розрахунком	28-30	53	45	-	30-32	75-80	180-190	25-30

ДОДАТОК В

Рецептура хліба «Вівсяний»

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи НУХТ
к.т.н., доц. Сергій ТОКАРЧУК

червня 2023 р.

РЕЦЕПТУРА

ХЛІБ ВІВСЯНИЙ

РЦУ 02070938-320:2023

Виробляються за технологічною інструкцією ТУ 02070938-320:2023

Дата надання чинності « 01 » 06 2023 р.

Чинний до « 01 » 06 2028 р.

РОЗРОБЛЕНО

аспірант Анастасія РІЗНИК
« 01 » 06 2023 р.

д.т.н., проф. Тетяна СИЛЬЧУК
« 01 » 06 2023 р.

к.т.н., доц. Віта ЦИРУЛЬНІКОВА
« 01 » 06 2023 р.

РЦУ 02070938-320:2023

1. Характеристика

Хліб вівсяний відноситься до групи виробів, призначених для спеціального дієтичного споживання.

Виробляється формовим масою 0,22–0,45 кг.

1.1 Органолептичні показники якості

Таблиця 1

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд:	
форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів
поверхня	Без пошкоджень та забруднень, дозволено невеликі тріщини
колір	Від світло-кремового до світло-коричневого, без підгорілості
Стан м'якушки	Пропечена, без слідів непромісу еластична. не волога на дотик
Смак	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку
Аромат	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху

1.2 Фізико-хімічні показники якості

Таблиця 2

Найменування показника	Норма	
	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
Вологість м'якушки, %, не більше ніж	52	52
Кислотність м'якушки, град., не більше ніж	2,8	2,8
Пористість, %, не менше ніж	34	35
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %, не менше ніж	4,5±	4,5±0,5
Масова частка глютену, мг/кг продукту, не більше ніж	20	20

РЦУ 02070938-320:2023

2. Співвідношення частин сировини за масою на 100 кг борошняної сировини

Таблиця 3

Найменування сировини	Витрати сировини, кг	
	Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
Толокно вівсяне	100	100
Дріжджі хлібопекарські сухі	3,0	3,0
Сіль кухонна	1,5	1,5
Маргарин столовий	4,0	4,0
Сухе молоко	3,5	3,5
Цукор	8,0	8,0
Казеїн	-	5,0
ГДЛ	1,5	1,0
Разом	121,5	126

Мінімальний вихід хліба вівсяного масою 0,27 кг:

- Хліб «Вівсяний» - 189,3%;
- Хліб «Вівсяний-покращений» - 197,1%.

Примітки:

Витрати сухих хлібопекарських дріжджів можуть змінюватись в залежності від їх підйімальної сили.

3. Інформація про хімічний склад та енергетичну цінність хліба

У 100 г хліба «Вівсяний» міститься, г:

Білків – 8,5;
 Жирів – 4,42;
 Вуглеводів – 55,7.
 Енергетична цінність – 296,6 ккал.

У 100 г хліба «Вівсяний-покращений» міститься, г:

Білків – 10,2;
 Жирів – 4,42;
 Вуглеводів – 55,17.
 Енергетична цінність – 301,3 ккал.

ДОДАТОК Г
Патент України



(11) **149766**(19) **UA**

(51) МПК

A21D 13/047 (2017.01)**A21D 13/064 (2017.01)**(21) Номер заявки: **u 2021 04086**(22) Дата подання заявки: **13.07.2021**(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **01.12.2021**(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: **01.12.2021, Бюл. № 48**

(72) Винахідники:

Сильчук Тетяна Анатоліївна, UA,**Цирульнікова Віта****Валентинівна, UA,****Різник Анастасія****Олександрівна, UA**

(73) Володілець:

**НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ,****вул. Володимирська, 68, м.
Київ, 01601, UA**

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА ВІВСЯНОГО ХЛІБА

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб виробництва вівсяного хліба, який включає підготовку борошняної складової, цукру, солі, суспендування дріжджів, розчинення добавок структуроутворювачів, замішування та бродіння тіста, формування виробів, вистоювання, випікання та охолодження, який **відрізняється** тим, що як борошню складову використовують вівсяне толокно у кількості 72,6-80,1 %, як додаткове джерело білків вносять сухе знежирене молоко у кількості 1,8-2,8 %, як жировий компонент додають маргарин столовий у кількості 3,5-5,0 %, як структуроутворювач використовують глюкано-дельта-лактон у кількості 0,6-1,3 % та казеїн харчовий у кількості 3,5-5,0 % до маси борошняної сировини.

(11) **149766**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності».

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 1160291121 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа Укрпатенту



01.12.2021

I.Є. Матусевич

ДОДАТОК Г
Акти проведення виробничих випробувань

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ТОВ «Хлібний»
В.В.Монастирський
_____ 2022 р.



АКТ проведення виробничих випробувань з виготовлення хлібних виробів підвищеної біологічної цінності

Даний акт складений представниками підприємства: головним технологом закладу Блиндар Д.К. та представники Національного університету харчових технологій керівником науково-дослідної роботи, д.т.н., професором кафедри готельно-ресторанної справи Сильчук Т.А., доцентом кафедри готельно-ресторанної справи Цирульніковою В.В. та аспірантом кафедри готельно-ресторанної справи Різник А.О., з іншої сторони, які склали цей акт про те, що «20» січня 2022 р. в умовах підприємства були проведені виробничі випробування з виготовлення хліба підвищеної біологічної цінності «Вівсяний» за технологією, розробленою на кафедрі готельно-ресторанної справи НУХТ, із застосуванням вівсяного толокна у поєднанні з внесенням структуроутворювачів.

В умовах підприємства було підготовлено зразки кулінарного напівфабрикату за рецептурою, що представили співробітники НУХТ. Приготування кулінарного напівфабрикату проводили за технологічною схемою та при дотриманні параметрів, передбачених технологічними інструкціями.

У результаті проведених виробничих випробувань підтверджена доцільність застосування вівсяного толокна в технології хлібних виробів та використання в якості структуроутворювачів глюкано-дельта-лактон та казеїн, що дозволяє отримати вироби з покращеними структурно-

механічними та органолептичними показниками якості. Визначено, що розроблені хлібні вироби можливо виготовляти на встановленому обладнанні та реалізовувати на базі існуючого закладу без перебою режиму роботи.

Таким чином, технологія виробництва вівсяного хліба може бути впроваджена без додаткових витрат на закупівлю устаткування на підприємствах ресторанного господарства, які мають відповідні умови.

Від підприємства
Головний технолог


Д.К. Блиндар

Від НУХТ

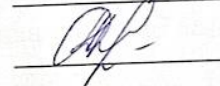
Керівник НДР, професор кафедри
готельно-ресторанної справи, д.т.н.


Т.А. Сильчук

Доцент кафедри готельно-ресторанної
справи, к.т.н.


В.В. Цирульнікова

Аспірант кафедри готельно-ресторанної
справи


А.О. Різник

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ТОВ «Хлібний»

В.В.Монастирський

_____ 2022 р.

АКТ

про впровадження результатів науково-дослідної роботи

Ми, що підписалися нижче, представники підприємства ТОВ «Хлібний», головний технолог Блиндар Д.К. (м. Київ, вул. Контрактова площа, 2/1) та представники Національного університету харчових технологій: керівник науково-дослідної роботи, д.т.н., професор кафедри готельно-ресторанної справи Сильчук Т.А., к.т.н., доцент кафедри готельно-ресторанної справи Цирульнікова В.В. та аспірант кафедри готельно-ресторанної справи Різник А.О., з іншої сторони, склали цей акт про те, що спільна науково-дослідна робота кафедри готельно-ресторанної справи - виготовлення хліба підвищеної біологічної цінності «Вівсяний» із застосуванням вівсяного толокна у поєднанні з внесенням структуроутворювачів впроваджено у виробництво.

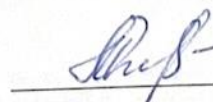
Ефект від впровадження розробок складається з соціальної та економічної частин: соціфільний ефект полягає в забезпеченні високого рівня технологічного процесу та досягнення розширення асортименту аглютенівих хлібних виробів власного виробництва; економічний - оцінюється прискоренням технологічного процесу приготування хлібних виробів, забезпеченням новим продуктом вимог споживачів з низькою чутливістю до глютену та збільшенням обсягу продаж закладу.

Від підприємства
Головний технолог

 Д.К. Блиндар

Від НУХТ

Керівник НДР, професор кафедри
готельно-ресторанної справи, д.т.н.

 Т.А. Сильчук

Доцент кафедри готельно-ресторанної
справи, к.т.н.

 В.В. Цирульнікова

Аспірант кафедри готельно-ресторанної
справи

 А.О. Різник

ЗАТВЕРДЖУЮ



АКТ

**виробничих випробувань з виготовлення
хлібних виробів підвищеної біологічної цінності**

Ми, що підписалися нижче, представники підприємства ТОВ «Фантезі 2017», головний технолог Блиндар Д.К. (м. Київ, вул. Контрактова площа, 211) та представники Національного університету харчових технологій: керівник науково-дослідної роботи, д.т.н., професор кафедри готельно-ресторанної справи Сильчук Т.А., к.т.н., доцент кафедри готельно-ресторанної справи Цирульнікова В.В. та аспірант кафедри готельно-ресторанної справи Різник А.О. склали цей акт про те, що «13» лютого 2023 р. в умовах закладу ресторанного господарства були проведені виробничі випробування з виготовлення хліба підвищеної біологічної цінності «Вівсяний» із застосуванням вівсяного толокна у поєднанні з внесенням структуроутворювачів.

Метою випробувань було підтвердження у виробничих умовах позитивного впливу запропонованих у технології безглютенового хліба структуроутворювачів (глюкано-дельта-лактону та казеїну) на органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових хлібних виробів з вівсяного толокна.

В результаті проведених випробувань апробовано наступну рецептуру безглютенового хліба «Вівсяний» (табл. 1).

Таблиця 1 - Рецептúra безглютенowego хліба, кг/100 кг вівсяного толокна

Найменування сировини	Витрати сировини, кг
Толокно вівсяне	100
Казеїн	5,0
Глюкано-дельта-лактон	1,0
Сухе молоко знежирене	3,0
Цукор	10,0
Сіль харчова	1,5
Маргарин столовий	5,5
Дріжджі хлібопекарські	3,0
Разом	129,0

Технологічна схема виробництва хліба «Вівсяний» складалася з наступних стадій: підготовка сировини до виробництва, приготування розчину з глюкано-дельта-лактону та сольового розчину, приготування тіста, формування тістових заготовок і дозрівання, випікання хлібних виробів. Виготовлення вівсяного хліба здійснювали при дотриманні параметрів, передбачених технологічною інструкцією, які передбачені в табл. 2.

Таблиця 2 - Параметри проведення технологічного процесу

Вівсяне тісто	
Тривалість вистоювання, хв	55...60
Температура вистоювання, °C	30...32
Вологість тіста, %	50...52
Кислотність кінцева, град.	3,0...3,4
Температура випікання, °C	180...200
Тривалість випікання, хв	30...35

Замішування тіста проводили після підготовки всіх інгредієнтів, після чого формували тістові заготовки, піддавали їх дозріванню та випікали. Готові вироби оцінювали в торговій залі підприємства в присутності представників підприємства головного технолога Блиндара Д.К. та представників НУХТ.

Випечені вироби мали такі показники якості (табл. 3).

Таблиця 3 - Показники якості хлібних виробів з вівсяним толокном

Показники	Характеристика
Питомий об'єм, см ³ /г	1,5
Пористість, %	35,7
Кислотність, град.	3,4
Поверхня скоринки	Гладка, без тріщин
Колір скоринки	Від світло-коричневого до кремового
Стан м'якушки	Пропечена, без слідів непомісу, еластична, неволога на дотик
Смак	Приємний, властивий даному виду сировини, без стороннього присмаку
Запах	Приємний, властивий даному виду сировини, без стороннього запаху

У результаті проведених виробничих випробувань підтверджена доцільність застосування вівсяного толокна в технології хлібних виробів та використання в якості структуроутворювачів глюкано-дельта-лактон та казеїн, що дозволяє отримати вироби з покращеними структурно-механічними та органолептичними показниками якості. Визначено, що розроблені хлібні вироби можливо виготовляти на встановленому обладнанні та реалізовувати на базі існуючого закладу без перебою режиму роботи. Таким чином, технологія виробництва вівсяного хліба може бути впроваджена без додаткових витрат на закупівлю устаткування на підприємствах ресторанного господарства, які мають відповідні умови.

Від підприємства
Головний технолог

 Д.К. Блиндар

Від НУХТ
Керівник НДР, професор кафедри
готельно-ресторанної справи, д.т.н.

 Т.А. Сильчук

Доцент кафедри готельно-ресторанної
справи, к.т.н.

 В.В. Цирульнікова

Аспірант кафедри готельно-ресторанної
справи

 А.О. Різник

ЗАТВЕРДЖУЮ



«Фантезі 2017»

Монастирський В.В.
(ініціали та прізвище)

«13» лютого 2023 р

АКТ

про впровадження результатів науково-дослідної роботи

Ми, що підписалися нижче, представники підприємства ТОВ «Фантезі 2017», головний технолог Блиндар Д.К. (м. Київ, вул. *Контрактова площа 2/4*) та представники Національного університету харчових технологій: керівник науково-дослідної роботи, д.т.н., професор кафедри готельно-ресторанної справи Сильчук Т.А., к.т.н., доцент кафедри готельно-ресторанної справи Цирульнікова В.В. та аспірант кафедри готельно-ресторанної справи Різник А.О., з іншої сторони, склали цей акт про те, що спільна науково-дослідна робота кафедри готельно-ресторанної справи - виготовлення хліба підвищеної біологічної цінності «Вівсяний» із застосуванням вівсяного толокна у поєднанні з внесенням структуроутворювачів впроваджено у виробництво.

Ефект від впровадження розробок складається з соціальної та економічної частин: соціфільний ефект полягає в забезпеченні високого рівня технологічного процесу та досягнення розширення асортименту аглютенових хлібних виробів власного виробництва; економічний - оцінюється прискоренням технологічного процесу приготування хлібних виробів, забезпеченням новим продуктом вимог споживачів з низькою чутливістю до глютену та збільшенням обсягу продаж закладу.

Від підприємства
Головний технолог

[Signature] Д.К. Блиндар

Від НУХТ

Керівник НДР, професор кафедри
готельно-ресторанної справи, д.т.н.

[Signature] Т.А. Сильчук

Доцент кафедри готельно-ресторанної
справи, к.т.н.

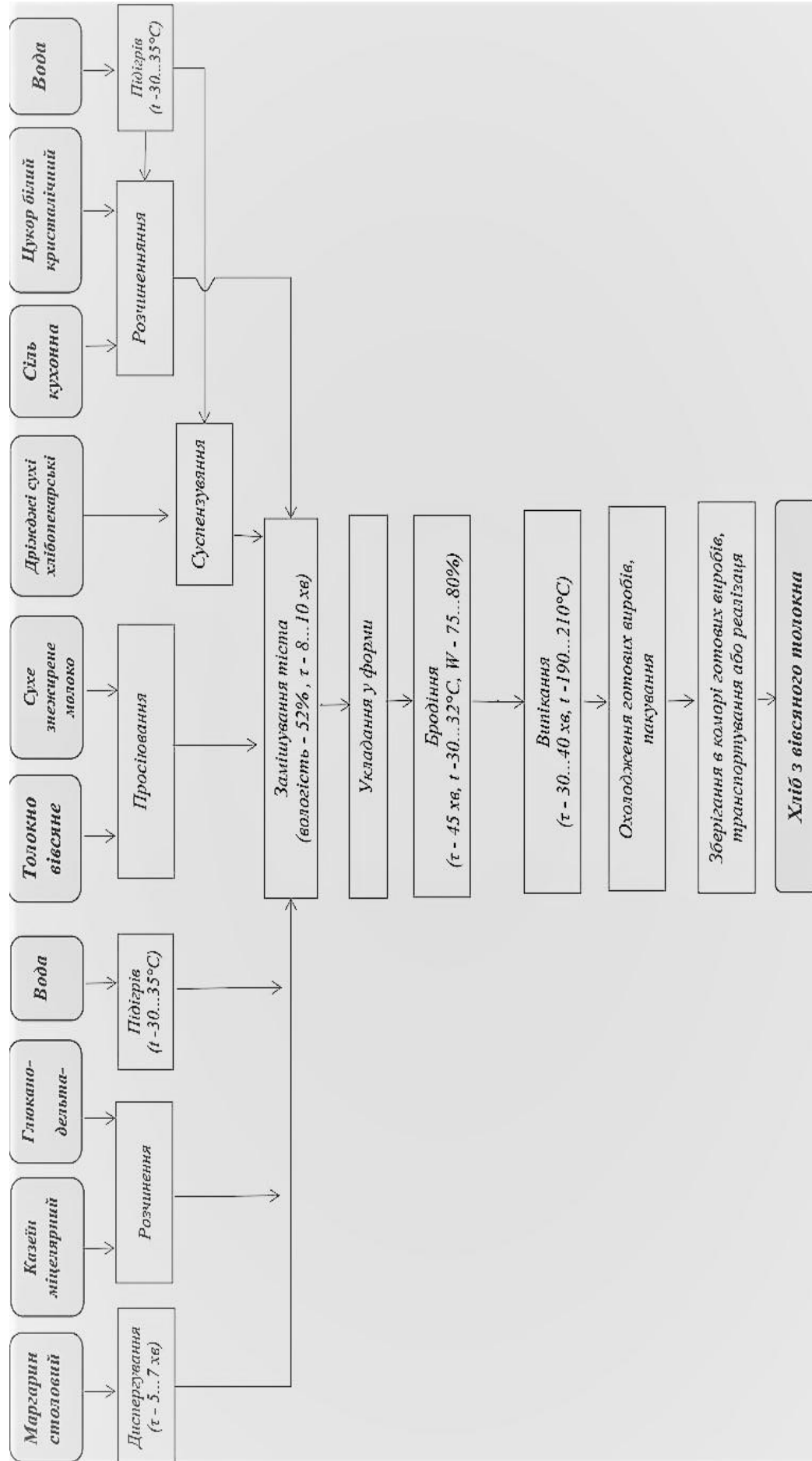
[Signature] В.В. Цирульнікова

Аспірант кафедри готельно-ресторанної
справи

[Signature] А.О. Різник

ДОДАТОК Д

Технологічна схема виробництва вівсяного хліба



Технологічна схема виробництва вівсяного хліба

Структура технологічної схеми виробництва вівсяного хліба

Позначення підсистеми	Назва підсистеми	Мета функціонування підсистеми
A	Випікання, товарне оформлення, зберігання, або реалізація виробу	Отримання аглютенового хліба із заданими фізико-хімічними та пружно-еластичними властивостями
B	Приготування рецептурної суміші, замішування тіста, формування тістових заготовок, дозрівання	Отримання тістового напівфабрикату з певними структурно-механічними властивостями за рахунок використання досліджуваних поліпшувачів та іншої сировини при заданих параметрах його приготування
C	Підготовка сировини та матеріалів до виробництва	Підготовка традиційних та інноваційних рецептурних інгредієнтів, які забезпечують формування необхідних органолептичних та структурно-механічних показників якості хліба
C ₁	Приготування тістового напівфабрикату	Утворення в тістовому напівфабрикаті достатньої кількості цукрів для забезпечення необхідної інтенсивності перебігу мікробіологічних процесів у тісті

ДОДАТОК Е

Апаратурно-технологічна схема виробництва вівсяного хліба

ДОДАТОК Є
Розрахунок очікуваної економічної ефективності від виробництва та
реалізації вівсяного хліба

РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВИРОБНИЦТВА ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ З ВІВСЯНОГО ТОЛОКНА

На даний момент асортимент якісних вітчизняних аглютонових продуктів не насичений, але продовжують з'являються відповідальні підприємства, саме які займаються випуском сертифікованих безпечних продуктів без глютену. Раніше головним завданням для виробників було просто задовільнити потребу у харчуванні споживачів чутливих до глютену, роблячи акцент лише на кількості, а не на якості готової продукції, яка мала високий вміст жирів та вуглеводів. На сьогодні виробники приділяють велику увагу якості, розробляють продукцію з унікальним складом – мінімальним вмістом вуглеводів, з великою кількістю білка та харчових волокон. Це важливо, оскільки недолік аглютонових продуктів в тому, що виключаючи глютенвмісну сировину та вироби з раціону автоматично зменшується відсоток споживання харчових волокон необхідних для повноцінного функціонування кишківника.

В Україні розробка та реалізація безглютенової продукції переважно здійснюється на міні-виробництвах. Як правило, виробництво таких продуктів починають сімейні підприємства, тому що хтось із членів родини має целиакію або ж підвищену чутливість до глютену. Коли виробники розуміються на складності досягання пожиттєвої безглютенової дієти та знають, які наслідки можуть бути в результаті споживання неякісної продукції, лише тоді можна гарантувати відповідальний підхід до випуску безпечних виробів.

Підвищенням рівня обізнаності українців та професійною діагностикою рівня чутливості до глютену вже не перший рік займається «Українська Спілка Цеіації». За підтримки даної організації розпочата робота щодо організації харчування дітей з непереносимістю глютену в школах. Відповідно постає нове завдання, що вимагає збільшення кількості безпечних підприємств, функціонування яких має підтверджуватися відповідними сертифікатами якості.

Підсумовуючи результати аналізу становлення та формування вітчизняного ринку безглютенової продукції варто відмітити, що отримані власні помилки в

поєднанні з досвідом передових виробництв даного сегменту лише стимулюють до удосконалення та розширення українського асортименту безпечних та якісних продуктів харчування

Робота закладів ресторанного господарства та пекарень на сучасному ринку показала, що диверсифікація виробництва є високоефективним засобом стабілізації економіки суб'єктів господарювання, а також інструментом усунення диспропорцій і перерозподілу ресурсів. Це передбачає створення та виробництво інноваційних хлібобулочних виробів спеціального призначення, що на сьогодні є перспективним напрямком для ефективного розвитку підприємств галузі.

Український ринок безглютенового хліба значною мірою залежить від імпортової продукції, яка є досить дорогою через відсутність вітчизняного виробництва. Тому впровадження спеціалізованих хлібних виробів у харчове виробництво може підвищити конкурентоспроможність та зайняти в основному невикористану ринкову нішу.

Для оцінки конкурентоспроможності розроблених хлібних виробів необхідно розрахувати прогнозовану рентабельність реалізації даної продукції та порівняти її із середніми аналогічними показниками.

Розрахунок економічного ефекту від виробництва та реалізації нових видів хліба «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» проводимо за встановленим переліком статей витрат.

Стаття 1. Вартість сировини і матеріалів. Дана стаття включає вартість сировини та матеріалів (за ціною придбання без податку на додану вартість), що входять до складу продукту або використовуються у процесі його виробництва.

Передбачений випуск хлібних виробів на підприємстві приймаємо як 100 кг на добу. Розрахунок витрат на сировину і матеріали наведено в табл. 1 та 2.

Таблиця 1 – Розрахунок вартості та матеріалів для виробництва хліба з толокна «Вівсяний»

<i>Найменування сировини та матеріалів</i>	<i>Норма витрат, кг, на 100 кг виробів</i>	<i>Планова ціна закупівлі (1 кг), грн</i>	<i>Витрати на сировину і матеріали, грн</i>
Толокно вівсяне	53,50	70,00	3 745,0
Дріжджі сухі хлібопекарські	1,650	370,00	610,7

Сіль кухонна	0,800	6,80	5,44
Маргарин столовий	3,310	89,60	296,5
Молоко сухе знежирене	1,872	220,00	411,84
Цукор білий кристалічний	5,885	34,00	200,0
ГДЛ	0,800	1380,00	1 104,0
Всього			6 373,78

Таблиця 2 – Розрахунок вартості та матеріалів для виробництва хліба з толокна «Вівсяний-покращений»

<i>Найменування сировини та матеріалів</i>	<i>Норма витрат, кг, на 100 кг виробів</i>	<i>Планова ціна закупівлі (1 кг), грн</i>	<i>Витрати на сировину і матеріали, грн</i>
Толокно вівсяне	53,50	70,00	3 745,0
Дріжджі сухі хлібопекарські	1,650	370,00	610,7
Сіль кухонна	0,800	6,80	5,44
Маргарин столовий	3,310	89,60	296,5
Молоко сухе знежирене	1,872	220,00	411,84
Цукор білий кристалічний	5,885	34,00	200,0
ГДЛ	0,535	1380,00	738,30
Казеїн міцелярний	3,317	350,00	1 160,95
Всього			7 168,73

Результати представлені розрахунків у табл. 1 та 2 свідчать про те, що витрати на закупівлю сировини та матеріалів для виробництва 100 кг хлібних виробів складають 6 373,78 та 7 168,73 грн відповідно.

Стаття 2. Зворотні відходи. Враховуючи те, що розроблені рецептури передбачають максимально повне (безвідходне) використання сировини та матеріалів, дана стаття складає 1 % від вартості сировини та матеріалів.

Хлібний виріб «Вівсяний»: $6\,373,78 \times 0,01 = 63,73$ (грн);

Хлібний виріб «Вівсяний-покращений»: $7\,168,73 \times 0,01 = 71,68$ (грн).

Стаття 3. Витрати на паливо, енергію та технологічні цілі. Ця стаття включає витрати на паливо та електроенергію, які безпосередньо використовуються в технологічному процесі, за нормами витрат, тарифами та цінами. Розрахунок вартості електровитрат наведені в табл. 3.

Питомі витрати електроенергії на виробництво одного хлібного виробу приймаємо за умови його приготування в закладі ресторанного господарства типу кафе-пекарня (0,22–0,30 кВт год/виріб).

Таблиця 3 - Розрахунок вартості енерговитрат для виробництва хлібних виробів з толокна

<i>Готові вироби</i>	<i>Норма витрат, кг, на 100 кг, кВт*год/виробів</i>	<i>Витрати на 100 кг виробів, кВт*год</i>	<i>Ціна за 1 кВт*год, грн</i>	<i>Вартість енерговитрат, грн</i>
Хлібні вироби «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений»	0,30	37,5	1,44	54,0

Стаття 4. Заробітна плата виробничих працівників містить витрати на оплату праці робітників, безпосередньо зайнятих виробництвом продукції (основна заробітна плата) та обчислюється відповідно до трудомісткості технологічних операцій згідно з прийнятою підприємством системою оплати праці у вигляді тарифних ставок або відрядних розцінок (табл.4).

Таблиця 4 – Розрахунок витрат на оплату праці виробничих працівників (погодинна система оплати праці)

<i>Професії</i>	<i>Явочна чисельність робітників, осіб</i>	<i>Тарифний розряд</i>	<i>Годинна тарифна ставка, грн</i>	<i>Тривалість зміни, год</i>	<i>Тарифний фонд заробітної плати, грн</i>
Тістороб	2	III	34,14	8	546,24
Пекар	1	IV	36,76	8	294,08
Дозувальник	1	II	31,53	8	252,24
Формувальник	1	II	31,53	8	252,24
Всього	5				1 344,80

Планова норма виробітку хлібних виробів за зміну - 55 кг.

Основна заробітна плата на 100 кг виробів: $1344,80 \times 100 / 55 = 2445,10$ (грн).

До додаткової заробітної плати відносяться виплати виробничому персоналу підприємства, що нараховані за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість та за особливі умови праці [112].

Розмір додаткової заробітної платні виробничого персоналу визначимо як 10 % до основної.

Таким чином, додаткова заробітна плата робітникам на 100 кг виробів:

$$2\,445,10 \times 0,1 = 244,51 \text{ (грн)}.$$

Стаття 5. Єдиний соціальний внесок включає відрахування на соціальні потреби та згідно чинного законодавства становить 22,0% до витрат на виплату основної та додаткової заробітної плати (табл. 5).

Таблиця 5 – Розрахунок єдиного соціального внеску

<i>Вироби</i>	<i>Заробітна плата на 100 кг, грн</i>		<i>Загальний фонд оплати праці, грн</i>	<i>Єдиний соціальний внесок, %</i>	<i>Сума нарахувань на заробітну плату, грн</i>
	<i>Основна</i>	<i>Додаткова</i>			
Хлібні вироби «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений»	2445,10	244,51	2 689,61	22,0	591,7

Стаття 6. Виплати, які пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва. До даних витрат відносять: витрати на освоєння нових видів продукції в період їх апробації (табл. 6). Розмір даних витрат приймаємо 0,15% від вартості сировити та матеріалів.

Таблиця 6 – Розрахунок витрат, які пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва

<i>Готові вироби</i>	<i>Витрати на сировину та матеріали, грн</i>	<i>Сума витрат, пов'язаних з підготовкою та освоєнням виробництва, грн.</i>
Хліб «Вівсяний»	6 373,78	9,56
Хліб «Вівсяний-покращений»	7 168,73	10,75

Стаття 7. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання. До даної статті відносять тільки витрати, пов'язані з роботою технологічного обладнання цеху. Це, зокрема, витрати на утримання, амортизацію, ремонт та експлуатацію виробничого та підйомно-транспортного обладнання, цехового транспорту, робочих місць, витрати на відновлення інструментів, приладів та пристосувань зі складу основних засобів, інших необоротних матеріальних активів, суми сплачених платежів за користування нематеріальними активами тощо.

Для хлібних виробів розмір витрат на утримання та експлуатацію обладнання можна приймати 70% від основної заробітної плати співробітників.

Таким чином, проводимо розрахунок витрат по даній статті для хлібних виробів з толокна: $2445,10 \times 0,7 = 1\,711,57$ (грн).

Стаття 8. Загальновиробничі витрати включає в себе амортизацію будівель та споруд цеху, витрати на їх капітальний та поточний ремонт. Загальновиробничі витрати приймаємо в розмірі 70% від основної заробітної плати робітників. Отже, витрати по даній статті складають 1 711,57 грн.

Стаття 9. Витрати від браку. До цієї статті включається продукція або напівфабрикати, які не відповідають за своєю якістю встановленим технічним умовам. Величина витрат внаслідок браку визначається у відсотках до вартості сировини та матеріалів та для нової продукції складає 0,03% (табл. 7).

Таблиця 7 – Розрахунок витрат від браку

<i>Вироби</i>	<i>Витрати на сировину та матеріали, грн</i>	<i>Сума витрат від браку, грн.</i>
Хліб «Вівсяний»	6 373,78	1,912
Хліб «Вівсяний-покращений»	7 168,73	2,150

Розрахунок виробничої собівартості вівсяних виробів представлено у вигляді табл..8.

Витрати на збут включають витрати, які пов'язані з реалізацією продукції, тобто витрати на утримання підрозділів, що займаються її збутом, рекламу, доставку продукції споживачам тощо. Для хлібопекарського виробництва розмір даних витрат складає 9% від виробничої собівартості.

Адміністративні витрати, до складу яких відносяться витрати, пов'язані з обслуговуванням виробництва і управління ним в масштабі всього підприємства, приймаємо в розмірі 10 % від виробничої собівартості.

Таблиця 8 – Розрахунок собівартості виробництва хлібних виробів «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» (на 100 кг готової продукції)

<i>Найменування статей витрат</i>	<i>Сума витрат, грн</i>
-----------------------------------	-------------------------

<i>№ з/п</i>		Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
1.	Сировина та матеріали	6 373,78	7 168,73
2.	Зворотні відходи	63,73	71,68
3.	Паливо та енергія на технологічні цілі	54,0	54,0
4.	Основна заробітна плата	2445,10	2445,10
5.	Додаткова заробітна плата	244,51	244,51
6.	Єдиний соціальний внесок	591,7	591,7
7.	Утримання та експлуатація обладнання	1 711,57	1 711,57
8.	Загальновиробничі витрати	1 711,57	1 711,57
9.	Витрати від браку	1,912	2,150
10.	Виробнича собівартість	13 197,87	14 001,0
11.	Витрати на збут	1 187,81	1 260,10
12.	Адміністративні витрати	1 319,78	1 400,10
13.	Повні витрати на виробництво та реалізацію продукції	15 705,46	16 661,20

Розрахунок відпускної ціни хлібних виробів з вівсяного толокна представлено в табл. 9.

Таблиця 9 – Розрахунок відпускної ціни хлібних виробів

<i>№ з/п</i>	<i>Найменування статей витрат</i>	<i>Сума витрат, грн</i>	
		Хліб «Вівсяний»	Хліб «Вівсяний-покращений»
1.	Повна собівартість, грн	15 705,46	16 661,20
2.	Рентабельність, %	5,0	5,0
3.	Прибуток, грн	785,27	833,06
4.	Відпускна ціна підприємства (без ПДВ), грн	16 490,73	17 494,26
5.	Податок на додану вартість (ПДВ 20%), грн	3298,15	3498,85
6.	Відпускна ціна з ПДВ, грн	19 788,88	20 993,11
7.	Відпускна ціна за 1 кг продукції, грн	197,88	209,93

Так, відпускна ціна хлібних виробів «Вівсяний» та «Вівсяний-покращений» становитиме 197,88 грн і 209,93 грн за 1 кг відповідно.

Проведені маркетингові дослідження ринку безглютенових хлібних виробів показали, що найбільш поширеними торгівельними марками являються «Dr.Schär» (Італія, 105 грн), «Gluten Free» (Польща, 179 грн), «Bezgluten» (Польща., 182 грн), «Balviten» (Польща, 249 грн), «Good Line» (Україна, 82 грн) та реалізують

продукцію масою 0,25-0,35 кг. Вартість одного виробу коливається в діапазоні від 82 до 249 грн. Отже, аналіз економічної ефективності виробництва розроблених хлібних виробів з вівсяного толокна доводить доцільність виробництва.

Соціальна ефективність полягає в розширенні асортиментного ряду хлібної продукції спеціального призначення вітчизняного виробництва та забезпеченні споживачів з чутливістю до глютену.

Висновки

На підставі проведених розрахунків встановлено, що виробництво хлібних виробів з вівсяного толокна із застосуванням структуроутворювача гідроколоїдної дії ГДЛ (хлібний виріб «Вівсяний») та міцелярного казеїну (хлібний виріб «Вівсяний-покращений») являється економічно ефективним, що пояснюється значно нижчою відпускною ціною даної продукції у порівнянні з існуючими хлібними виробами українського ринку.

Прибуток від виробництва 100 кг хліба «Вівсяний» - 785,27 грн та хліба «Вівсяний-покращений» - 785,27 грн при рентабельності 5% забезпечить економічний ефект та конкурентоспроможність продукції спеціального призначення в умовах сучасності.

ДОДАТОК Ж

Список опублікованих праць за темою дисертаційної роботи

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Різник А. О., Доценко В.Ф., Цирульнікова В.В., Тищенко О.М. **Продукт переробки вівса як альтернативна сировина в технології аглютонових хлібобулочних виробів.** Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2021. № 25. С. 199-207. (Журнал «Вісник Львівського торговельно-економічного університету» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук, індексується в Index Copernicus).

2. Різник А. О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В., Тищенко О.М. **Обґрунтування вибору вівсяного толокна для виробництва хлібних виробів у закладах ресторанного господарства.** Том 27 №1 Київ. НУХТ. 2021. С. 89-97. (Журнал «Наукові праці НУХТ» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), індексується наукометричною базою Index Copernicus).

3. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyrunnikova V., Zuiko V. **Sorption properties of bread based on oatmeal.** Ukrainian Food Journal. 2021. Vol. 10, Issue 2. P-361-374. (Журнал «Ukrainian Food Journal» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук, індексується в Web of Science Core Collection, Index Copernicus, Google Scholar, EBSCO, UlrichsWeb, Online Library of University of Southern Denmark, Directory of Research Journals Indexing, European Reference Index for the Humanities and the Social Science, InfoBase Index, Chemical Abstracts Service Source Index, FSTA (Food Science and Technology Abstracts)).

4. Різник А. О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В. **Research of in vitro digestion of oat bread. Дослідження перетравлюваності вівсяного хліба в умовах in vitro.** Сборник научных трудов SWorld «Modern engineering and innovative technologies», Germany, 2021. Issue 18. Part 1. P.97-101. (Журнал «Сборник научных трудов SWorld» входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ SCIENCE INDEX, Copernicus та ISSV high impact factor: 71.70.

5. Різник А. О., Сильчук Т.А. **Удосконалення технології та аналіз харчової цінності хлібних виробів з вівсяного толокна.** Наукові праці НУХТ. Том 29 №3 Київ. НУХТ. 2023. С. 139-149. (Журнал «Наукові праці НУХТ» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016), індексується наукометричними базами Index Copernicus, EBSCOhost, Google Scholar).

Тези доповідей та матеріали конференцій

6. Різник А., Доценко В., Цирульнікова В, Тищенко О. **Альтернативні види борошна для продукції ресторанного господарства.** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 86 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів, 2–3 квітня 2020 р. Київ НУХТ, 2020. Ч.3. С. 300.

7. Різник А., Доценко В., Цирульнікова В, Тищенко О. **Крафтова хлібобулочна продукція закладів ресторанного господарства.** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 86

міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 2–3 квітня 2020 р. Київ НУХТ, 2020. Ч.3. С. 301.

8. Різник А., Сильчук Т. **Аналіз поліпшувачів якості аглютонових хлібних виробів.** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 87 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів, 15–16 квітня 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

9. Різник А., Сильчук Т. **Доцільність використання вівсяного толокна в технології хлібних виробів.** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 87 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів, 15–16 квітня 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

10. Різник А., Сильчук Т. **Підвищення якості та харчової цінності вівсяного хліба.** Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 30 квітня 2021 р. ДонНУЕТ, 2021.

11. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В. **Ключові аспекти розширення асортименту хлібних виробів функціонального призначення.** Матеріали міжнародного симпозіуму для студентів і молодих вчених в рамках ініціативи «Дні науки», Українсько-американський університет Конкордія, 14 травня 2021р.

12. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В.В. **Виготовлення хлібних виробів підвищеної біологічної цінності для закладів ресторанного господарства.** Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції, 23 листопада 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

13. Різник А., Сильчук Т., Лахно А. **Доцільність використання гідроколоїдів при виробництві хлібних виробів.** Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, 29–30 листопада 2021 р. Київ НУХТ, 2021.

14. Riznyk A., Sylchuk T., Tsyruulnikova V. **Influence of recipe components on technological process and quality of gluten-free products.** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 88 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, квітень-травень 2022 р. Київ НУХТ, 2022.

15. Різник А.О., Сильчук Т.А. **Підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів в закладах ресторанного господарства.** «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»: матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої до 70-річчя з дня народження професора В. Ф. Доценка, 17–18 травня 2022 р. Київ НУХТ, 2022.

16. Різник А., Сильчук Т., Цирульнікова В. **Інноваційний підхід до розширення асортименту хлібних виробів в закладах ресторанного господарства.** "Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності": матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 06 жовтня 2022 р. Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського.

17. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В. **Актуальність впровадження системи НАССР для виробництва хлібних виробів.** "Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві": матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 15–16 листопада 2022р. Київ НУХТ, 2022.

18. Різник А.О., Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В. **Вплив рецептурних компонентів на зміну питомого об'єму вівсяного тіста.** «Наука, освіта та суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації»: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 19 листопада 2022 р., Кропивницький: ЦФЕНД, 2022. Ч. 1.

19. Різник А., Сильчук Т., Цирульнікова В. **Перспективний спосіб випікання вівсяного хліба.** Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 89 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 3–7 квітня 2023 р. Київ НУХТ, 2023.

20. Riznyk A., Sylchuk T. **Formation of the domestic market of gluten-free products.** «Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв»: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 19–20 квітня 2023 р. Полтава ПДАУ, 2023.

21. Riznyk A.O., Sylchuk T.A. **Justification of choice of improvers in oat bread technology.** «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»: матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 16–17 травня 2023 р. Київ НУХТ, 2023.

Патенти

22. Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В., Різник А.О. Спосіб виробництва вівсяного хліба: патент на корисну модель 149766 Україна: МПК А21D 13/047, № u202104086; заявл. 13.07.2021; опубл. 01.12.2021, Бюл. № 48.

23. Подано патент на винахід (Сильчук Т.А., Цирульнікова В. В., Різник А.О. Спосіб виробництва вівсяного хліба: патент на винахід 149766 Україна: МПК А21D 13/064, № a202104085; заявл. 13.07.2021; опубл. 31.08.2022) [детальна інформація про стан діловодства <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1605283/>].