

**ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КРАЄВСЬКА СВІТЛАНА ПЕТРІВНА

УДК 664.644

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТЕХНОЛОГІЯ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА
З ПРОРОЩЕНИМ НАСІННЯМ ЛЬОНУ**

Спеціальність 18 – 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 авторів мають посилання на відповідне джерело

..... Світлана КРАЄВСЬКА

Науковий керівник

Піддубний Володимир Антонович
доктор технічних наук, професор

Ідентичність всіх примірників засвідчую

Київ – 2024

АНОТАЦІЯ

Краєвська С.П. «Технологія житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону» - кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 – Харчові технології. Державний торговельно-економічний університет, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2024.

Дисертація присвячена технології використання пророщеного насіння льону у виробництві житньо-пшеничного хліба для збагачення виробів фізіологічно-функціональними речовинами. Досліджено насіння сортів льону: льон-довгунець «Вручий» та «Еврика», льон-кудряш «Оригінал» та «Блакитно-помаранчевий», що вирощені у Київській області.

Запропоновано технологію пророщування насіння льону, яка полягає в попередньому замочуванні насіння льону у воді (співвідношення насіння льону та води 1:3) протягом 3-5 годин при температурі 20-25 °С до вмісту вологи у насініні 63-65 % з наступним відділенням від насінневої маси розчинів слизів та пророщуванням насінневої маси за температури 18-30°C протягом 48-72 год до довжини паростків 3 мм.

В процесі пророщування у насініні льону підвищується вміст амінокислот, приріст, яких становить у межах 20-49 %, накопичується вітамін-антиоксиданти Е та С. Внаслідок пророщування у насінні льону вміст вітаміну С збільшується в 11,0-13,3 разів, а вітаміну Е (γ-токоферолу) у 4,2-5,8 разів. Найвищий вміст вітаміну Е до пророщування та після пророщування був у сорті льону «Вручий», що також є передумовою його підвищеної стійкості під час зберігання.

Експериментально встановлено, що серед досліджуваних сортів льону, найбільш стійким у зберіганні є насіння льону сорту «Вручий» завдяки високому вмісту та значному накопиченню при пророщуванні вітаміну Е (γ-токоферолу).

За динамікою накопичення вітаміну С у процесі пророщування насіння льону було встановлено, що тривалість пророщування повинна становити не більше 72 год.

За експериментальними дослідженнями розроблено рецептурний склад фази активації дріжджів, вологістю 75...78 %: 3 % борошна від загальної кількості борошна в тісті, 2 % пресованих дріжджів до маси борошна в тісті, 10 % пророщеного насіння льону до маси борошна в тісті, що встановлено на підставі покращання підйимальної сили напівфабрикату. Встановлено параметри активації дріжджів: температура – 28 ± 2 °С, тривалість замішування – 3...6 хв, тривалість активації – 45 ± 5 хв.

На підставі експериментальних досліджень розроблено рецептуру житньо-пшеничного хліба «Здравиця» із загальним вмістом пророщеного насіння льону 25 % до маси борошна з якого 10 % передбачено внесення з фазою активації.

Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону, призводить до зниження кількості клейковини та погіршення її якості. Вироби виготовлені у разі додавання пророщеного насіння льону рекомендовано виробляти формовими внаслідок погіршення формоутримувальної здатності тістових заготовок.

Застосування фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону інтенсифікує процеси бродіння в тісті, завдяки збагаченню поживного середовища для дріжджів в рідкій фазі тіста, що підтверджено більшим виділення вуглекислого газу.

Житньо-пшеничний хліб «Здравиця» характеризується кращими органолептичними показниками, порівняно з хлібом зі суміші житньо-пшеничного борошна: збільшується об'єм виробів, покращується колір виробів, еластичність м'якучки та смак і аромат, що підтверджується експериментальними дослідженнями, а саме покращання аромату відбувається за рахунок збільшення вмісту бісульфітзв'язуючих сполук після випікання так і

після 48 год зберігання в скоринці та м'якушці у 1,3...1,7 разів порівняно з контролем.

Внесення пророщеного насіння льону сприяє подовженню свіжості житньо-пшеничного хліба, що підтверджено кращими пружно-еластичними характеристиками м'якушки та переходом «вільної» вологи в бік міцно зв'язаної вологи, так у хлібі «Здравиця» після 48 год зберігання вміст зв'язаної вологи на 18,7 % більша порівняно з контролем. Це пов'язано, з утворенням комплексів білків з полісахаридами пророщеного насіння льону, які укріплюють стінки готових виробів.

Встановлено, що використання пророщеного насіння льону сприяє підвищенню кількості токоферолів, які в свою чергу призупиняють ріст мікроорганізмів у хлібі, що позитивно впливає на мікробіологічну чистоту.

Житньо-пшеничний хліб «Здравиця» має більш цінний хімічний склад, ніж контрольний зразок, вміст усіх мікро- та макронутрієнтів зростає, так вміст кальцію – у 2 рази, селену – у 2,4 рази, вітамінів групи В – в 1,5 рази, а вітаміни Е та С з практично нульового вмісту збільшується до 57,93 мг та 2,4 мг відповідно і збільшується енергетична цінність на 25,5 % порівняно з контролем.

За результатами проведених досліджень розроблено і затверджено рецептуру і технологічну інструкцію на виробництво житньо-пшеничного хліба «Здравиця» за прискореної технології. Технічну ефективність використання пророщеного насіння льону у технології житньо-пшеничного хліба підтверджено у виробничих умовах на ТОВ «Мурованокуриловецький хлібозавод», у харчовій лабораторії Київського професійного технологічного коледжу та вироблено дослідну партію на пекарні «Піщанська».

Ключові слова: житньо-пшеничний хліб, насіння льону, пророщування, тісто, фаза активації дріжджів, бродіння, амінокислоти, полісахариди, токоферол.

ABSTRACT

Kraevska S.P. "Technology of rye-wheat bread with germinated flax seeds" - a qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 181 - Food Technologies. State University of Trade and Economics, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2023.

The dissertation is devoted to the technology of using sprouted flax seeds in the production of rye-wheat bread to enrich products with physiologically functional substances. The seeds of flax varieties were studied: flax-long flax "Vruchiy" and "Eureka", flax-curl "Original" and "Blue-Orange", grown in the Kyiv region.

The technology of flax seed germination is proposed, which consists in pre-soaking flax seeds in water (flax seed to water ratio 1:3) for 3-5 hours at a temperature of 20-25 °C to a seed moisture content of 63-65 %, followed by separation of mucilage solutions from the seed mass and germination of the seed mass at a temperature of 18-30°C for 48-72 hours to a sprout length of 3 mm.

In the process of germination, the content of amino acids in flax seeds increases, the increase of which is in the range of 20-49 %, and the accumulation of antioxidant vitamins E and C. As a result of germination in flax seeds, the content of vitamin C increases by 11.0-13.3 times, and vitamin E (γ -tocopherol) by 4.2-5.8 times. The highest content of vitamin E before germination and after germination was in the flax variety "Vruchiy", which is also a prerequisite for its increased stability during storage.

It has been experimentally established that among the studied flax varieties, the most stable in storage are flax seeds of the "Vruchiy" variety due to the high content and significant accumulation of vitamin E (γ -tocopherol) during germination.

According to the dynamics of vitamin C accumulation during the germination of flax seeds, it was found that the germination time should not exceed 72 hours.

According to experimental studies, the formulation composition of the yeast activation phase with a moisture content of 75...78 % was developed: 3 % flour by total flour in the dough, 2 % pressed yeast by weight of flour in the dough, 10 %

sprouted flax seeds by weight of flour in the dough, which was established on the basis of improving the lifting power of the semi-finished product. The parameters of yeast activation were determined: temperature - 28 ± 2 °C, kneading time - 3...6 min, activation time - 45 ± 5 min.

On the basis of experimental studies, a recipe for rye-wheat bread "Zdravytsia" with a total content of germinated flax seeds of 25 % by weight of flour, of which 10 % is provided for addition during the activation phase, was developed.

It has been established that the addition of germinated flax seeds leads to a decrease in the amount of gluten and a deterioration in its quality. It is recommended to produce products made with the addition of germinated flax seeds as molded due to the deterioration of the mold-holding capacity.

The use of the yeast activation phase using sprouted flax seeds intensifies the fermentation processes in the dough due to the enrichment of nutrients for the yeast in the liquid phase of the dough, which is confirmed by the higher carbon dioxide release.

Rye-wheat bread "Zdravytsia" is characterized by better organoleptic characteristics compared to bread made from a mixture of rye-wheat flour: The volume of the products increases, the color of the products, the elasticity of the crumb, and the taste and aroma improve, which is confirmed by experimental studies, namely, the improvement of the aroma is due to an increase in the content of bisulfite-binding compounds after baking and after 48 hours of storage in the crust and crumb by 1.3...1.7 times compared to the control.

The introduction of sprouted flax seeds helps to prolong the freshness of rye-wheat bread, which is confirmed by better elastic and elastic characteristics of the crumb and the transition of "free" moisture to firmly bound moisture, so in bread "Zdravytsia" after 48 hours of storage, the content of bound moisture is 18.7% higher compared to the control. This is due to the formation of complexes of proteins with polysaccharides of germinated flax seeds, which strengthen the walls of finished products.

It has been established that the use of germinated flax seeds contributes to an increased amount of tocopherols, which in turn inhibit the growth of microorganisms in bread, which has a positive effect on microbiological purity.

Rye wheat bread "Zdravytsia" has a more valuable chemical composition than the control sample, the content of all micro- and macronutrients increases, so the content of calcium is 2 times higher, selenium is 2.4 times higher, B vitamins are 1.5 times higher, and vitamins E and C increase from almost zero to 57.93 mg and 2.4 mg, respectively, and the energy value increases by 25.5% compared to the control.

Based on the results of the research, a recipe and technological instruction for the production of rye-wheat bread "Zdravytsia" using accelerated technology were developed and approved. The technical effectiveness of the use of germinated flax seeds in the technology of rye-wheat bread was confirmed in production conditions at the Murowokurylovetsky Bread Factory LLC, in the food laboratory of the Kyiv Professional Technological College, and a pilot batch was produced at the Pishchanska bakery.

Keywords: *rye-wheat bread, flax seeds, germination, dough, yeast activation phase, fermentation, amino acids, polysaccharides, tocopherol.*

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. **Краєвська С.,** Стеценко Н. (2017) “Зміни жирнокислотного складу насіння льону при зберіганні і пророщуванні”. Міжнар. наук.-практ. журнал “Харчова промисловість”. м. Київ, НУХТ. Том. 21. С. 46-52. (укр.)

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar

Особистий внесок: хроматографічним методом аналізу досліджено вміст жирних кислот у складі нативного та пророщеного насіння льону сортів “Оригінал”, “Блакитно-помаранчевий”, “Вручий”, “Еврика”; визначено перекисне та йодне число жирів насіння льону досліджуваних сортів.

2. **Kraievska S.,** Stetsenko N., Korol O. (2017) “Comparing between the amino acid composition of flax seeds before and after germination”. Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. P.253-257. (engl.)

Міжнародний дослідницький журнал цитовано в наукометричних базах GoogleScholar, CABI Bibliographic databases

Особистий внесок: методом рідинної хроматографії досліджено вміст амінокислоту у складі білка нативного та пророщеного насіння льону сортів “Оригінал”, “Блакитно-помаранчевий”, “Вручий”, “Еврика”.

3. **Краєвська С.,** Стеценко Н., Бандуренко Г. “Оцінювання якості білка насіння льону методом DIAAS.” (2018). Міжнар. виробн.-наук. журнал “Зернові продукти та комбікорми”. м. Одеса, ОДАХТ. Том 18. С.10-15. (укр.)

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar

Особистий внесок: досліджено вміст амінокислот у насінні льону сортів “Оригінал”, “Блакитно-помаранчевий”, “Вручий”, “Еврика”; проведено кількісний розрахунок засвоювання кожної амінокислоти насіння льону організмом людини методом DIAAS.

4. **Kraevska S.,** Yeshchenko O., Stetsenko N. (2019). Optimization of the technological process of flax seed germination. Науково-виробничий журнал “Food Science and Technology.” Odesa, ONAFT. Vol. 13, Issue 3. P.86-92. (engl.)

<https://doi.org/10.15673/fst.v13i3.1453>

Фахове видання, категорії “А”, цитовано в наукометричній базі Web of Science

Особистий внесок: проведено серію досліджень по вимірюванню енергії проростання та схожості під-час пророщування насіння льону зі змінними параметрами (t та w навколишнього середовищ.

5. **Краєвська С., Прохор О., Чепель Н.** (2020) “Біоактивоване насіння льону в технології безлактозного йогурту з екстрактом стевії”. Збірник наук. праць. “Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі”. м. Харків, ХДУХТ. 1 (31). С. 85-97. (укр.)

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar, ResearchBib, Scientific Indexing Services, CiteFactor

Особистий внесок: досліджено реологічні властивості полісахаридів пророщеного насіння льону у молочно-кислому середовищі.

6. Стадник І., **Краєвська С., Піддубний В., Веселовська Т.** (2021) “Дослідження складу, властивостей та параметрів екстрагування слизоутворюючих полісахаридів насіння льону.” Збірник наук. праць “Обладнання та технології харчових виробництв”. Кривий Ріг, ДонНУЕТ. Том 2 (43) С.71-78. (укр.)

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor, EZB, Advanced Science Index

Особистий внесок: проведено дослідження параметрів екстрагування полісахаридів насіння льону

7. **Краєвська С., Піддубний В.** (2023). “Технологія крафтового житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону.” Міжнар. наук.-практ. журнал “Товари і ринки”. м. Київ, ДТЕУ. Том 45(1). С. 100–112. (укр.)

[https://doi.org/10.31617/2.2023\(45\)09](https://doi.org/10.31617/2.2023(45)09)

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar

Особистий внесок: встановлено оптимальну кількість додавання пророщеного насіння льону у технологію житньо-пшеничного хліба, розраховано харчову цінність готового продукту.

8. Стадник І., Піддубний В., Красножон С., **Краєвська, С.** (2022). “Науковий підхід до створення продуктів харчування підвищеної харчової цінності” / Міжнар. наук. періодичний журнал “Modern Engineering and Innovative Technologies”. Germany. Issue 23 (1). P.36–43. (укр.)

<https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-23-01-032>

Фахове видання, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar

Особистий внесок: досліджено вміст а-,b-,у- токоферолів у нативному та пророщеному насінні льону сортів “Оригінал”, “Блакитно-помаранчевий”, “Вручий”, “Еврика”.

9. Vasylyiv V., Stadnyk I., Piddubnyi V., Zheplinska M., **Kraievskа S.** (2022) “Determination of rational parameters of pseudo mixing by complex modelling of work processes.” Міжнар. наук. періодичний журнал “Тваринництво та технології харчових продуктів.” м. Київ, НУБІП. Том 13, № 1. С. 7-17.

[https://doi.org/10.31548/animal.13\(1\).2022.7-15](https://doi.org/10.31548/animal.13(1).2022.7-15)

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar

Особистий внесок: побудовано графік на основі законів термодинаміки та проведено обробку експериментального масиву даних, математичним описом процесу формування потоку рідини та дисперсного потоку частинок борошна. Використано неповнофакторну багатовимірну модель апроксимації експериментальних даних.

10. **Krayevska S.**, Piddubnyi V., Forostyana N., Stadnyk I., Pankiv Yu. (2022). “Rationale for dosing and mixing germinated flax seeds with wheat flour.” Наук. фах. журнал “Scientific Journal of TNTU.” Ternopil, TNTU. Vol. 105. Issue 1. P. 46-54

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.01

Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar

Особистий внесок: проведено оцінювання якості змішування житньо-пшеничного тіста за коефіцієнтом варіації з різним дозуванням пророщеного насіння льону (10%, 15% , 20%, 25%).

11. Stadnyk I., Piddubnyi V., Chahaida A., Fedoriv V., Hushtan T., **Kraievska S.**, Kahanets-Havrylo L., Okypnyi I. (2023) “Energy saving thermal systems on the mobile platform of the mini bakery.” *Strojnícky časopis “Journal of Mechanical Engineering.”* Bratislava. Sjf STU. Vol. 73. Issue 1. P. 170-186.

[DOI: 10.2478/scjme-2023-0014](https://doi.org/10.2478/scjme-2023-0014)

Фахова стаття, цитовано в наукометричних базах Scopus, Index Copernicus, Google Scholar, J-Gate, SCILIT, TDNet, WorldCat (OCLC) та ін.

Особистий внесок: проведено літературний аналіз спрямований на пошук зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів при виробництві хлібобулочних виробів на міні пекарнях.

12. **Краєвська С.**, Піддубний В. (2023) “Оцінка якості житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону.” Міжнар. наук.-практ. журнал “Товари і ринки”. м. Київ, ДТЕУ. Том 48 (4). С. – (укр.)

(Фахове видання, категорії “Б”, цитовано в наукометричних базах Index Copernicus, GoogleScholar)

Особистий внесок: проведена комплексна оцінка якості (органолептичні, фізико-хімічні, хроматографічні дослідження) та визначено показники безпеки житньо-пшеничного хліба .

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

Тези доповідей та матеріали конференцій

13. **Краєвська С.**, Стеценко Н. (2017). “Аналіз біохімічного складу сировини при створенні батончиків для людей з глютенною ентеропатією.” за матеріалами IV міжнародної науково-практичної конференції “Стан і перспективи харчової науки та промисловості”. С.136-137. (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя)

Особистий внесок: проведено ґрунтовний літературний пошук за біохімічним складом та підбрано сировину (насіння льону, чіа, гречка, амарант та ін.), яка не містить у своєму складі глютену.

14. **Краєвська С.**, Стеценко Н. (2018). “Моніторинг ринку безглютенових харчових продуктів” за матеріалами 84 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді –

вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”. Ч.1. С. 42. **(Київ, НУХТ)**

Особистий внесок: проведено аналітичне дослідження асортименту та доступності безглютенних продуктів харчування на ринку України (супермаркети, гіпермаркети, інтернет-магазини, спеціалізовані магазини для спеціального харчування).

15. Stetsenko N., **Kraevska S. (2018)**. “Substantiation of expediency of gluten-free foodstuffs production in Ukraine” theoretical achievements for practice “Proceeding of XXVIII International scientific conference”. P. 5-11. **(USA, Morrisville, Science initiative “Universum”)**

Особистий внесок: проведено моніторинг груп населення які потребують безглютенного харчування та обґрунтовано доцільність виробництва аглютенних продуктів харчування в Україні.

16. Луцко В., **Краєвська С. (2019)**. “Пророщене насіння льону як джерело біологічно активних речовин для організму людини.” за матеріалами науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених “Інновації та закономірності розвитку харчових технологій: теоретичні та практичні аспекти.” С.102-104. **(Київ, ККІБП)**

Особистий внесок: досліджено накопичення вітаміну С титрометричним методом через кожні 12 год у процесі пророщування насіння льону чотирьох сортів “Вручий”, “Еврика”, “Оригінал”, “Блакитно-помаранчевий”.

17. **Краєвська С., Єщенко О., Стеценко Н. (2019)**. “Використання методу регресійного аналізу для математичного моделювання процесу пророщування насіння льону” за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції “Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека”. С. 89-91. **(Київ, НУХТ)**

Особистий внесок: дослідила енергію проростання та схожість насіння льону сорту “Вручий” при змінних (температура та вологість) параметрах та сталій тривалості процесу, склала матрицю планування експерименту.

18. **Краєвська С., Стеценко Н. (2020)**. “Біоактивоване насіння льону у технологіях хлібобулочних та кондитерських виробів функціонального призначення” за матеріали ювілейної науково-практичної конференції з міжнародною участю студентів, аспірантів та молодих вчених “Харчові

технології та готельно-ресторанний бізнес: інновації й сучасні перспективи розвитку.” С. 47-49. (Київ, ККІБП)

Особистий внесок: проведено порівняльний аналіз харчової та біологічної цінності сировини для виробництва хлібобулочних та кондитерських виробів, на основі якого обґрунтовано доцільність використання ПНЛ для надання їм функціональних властивостей.

19. Краєвська С., Піддубний В., Стадник І. (2021). “Особливості екологічної рівноваги при виробництві хліба з використанням сировини рослинного походження” за матеріалами другого Всеукраїнського круглого столу «Екологічна безпека держави». С. 50-52. (Київ)

Особистий внесок: проведено літературний пошук та сформовано покроковий вплив на навколишнє середовище від викидів у атмосферу з підприємств при виробництві хлібобулочних та кондитерських виробів.

20. Краєвська С., Піддубний В., Нагорна Ю., Стадник І., Василів В. (2022) “Визначення зсувних характеристик булочних виробів” за матеріалами XI міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». С. 210-211. (Київ, НУБІП)

Особистий внесок: проведено серію лабораторних досліджень (підготовка сировини, замішування тіста) та визначено граничну напругу зсуву усіх досліджуваних зразків методом пенетрації.

21. Краєвська С., Піддубний В.А. (2022). “Оптимізація процесів виробництва житньо-пшеничних хлібобулочних виробів” за матеріалами XI міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». С. 213-215. (Київ, НУБІП)

Особистий внесок: проведено серію лабораторних випікань житньо-пшеничного хліба з різним дозуванням ПНЛ (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%) та складено матрицю планування технологічного процесу.

22. Краєвська С., Піддубний В. (2022). “Розробка процесу створення сумішей для житньо-пшеничних хлібобулочних виробів із заданими технологічними властивостями” за матеріалами XI міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у

вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства.» С. 215-217. **(Київ, НУБІП)**

Особистий внесок: проведено літературний огляд та наведено пререлік нутрієнтів композиційної суміші для виробництва житньо-пшеничних хлібобулочних виробів, які впливають на технологічні властивості напівфабрикатів та готової продукції.

23. Краєвська С., Піддубний В. (2022). “Спосіб підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів” за матеріалами всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Проблеми та перспективи розвитку туризму та готельно-ресторанної справи.” С. 365-366. **(Житомир, Державний університет “Житомирська політехніка”)**

Особистий внесок: проведено аналіз біологічної цінності ПНЛ та деяких хлібобулочних виробів, на основі яких обґрунтовано доцільність використання ПНЛ для оптимізації складу НАК у готових виробках.

24. Краєвська С. (2023). “Дослідження реологічних властивостей зразків тіста при внесенні у нього пророщеного насіння льону” за матеріалами VI міжнародної науково-практичної конференції “Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві.” С.313-316. **(Київ, НУХТ)**

Особистий внесок: підготовано зразки житньо-пшеничного тіста з ПНЛ (5%, 10%, 15%, 20%, 25%), досліджено розпливання кульки та зсувні характеристики тіста методом пенетрації.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

25. Пат. 119415 Україна, МПК (2019.01) A23L 7/20 (2016.01) A23L 7/10 (2016.01) C12C 1/00 A23L 33/00. Спосіб отримання біологічно активних продуктів. /Бандуренко Г.М., Краєвська С.П. № u 201803943; заявл. 11.04.2018; опубл. 10.06.2019; Бюл.№11.

Особистий внесок: досліджено біохімічний склад насіння льону, чіа та гречки, наведено технологію їх пророщування сформульовано формулу винаходу та реферат.

Нагороди

Диплом лауреата на премію Київського міського голови за особливі досягнення молоді у розбудові столиці України - міста-героя Київ, у номінації «наукові досягнення», 2019 р.

ЗМІСТ

	Сторінки
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ.....	26
1.1. Огляд наукових підходів до створення харчових продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності.....	26
1.2. Сучасні напрями підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів.....	30
1.3. Аналіз напрямків використання насіння льону у технології харчових продуктів.....	35
1.3.1. Перспективи використання насіння льону в хлібобулочних виробах.....	39
1.3.2. Пророщування, як процес біоактивації насіння льону	44
1.4. Технології житньо-пшеничних сортів хлібобулочних виробів.....	47
Висновки за розділом 1.....	51
Список використаних джерел за розділом 1.....	53
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, ПРЕДМЕТИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	65
2.1. Об'єкти і предмети дослідження.....	65
2.2. Методи і методики дослідження.....	71
2.3. Статистична обробка результатів дослідження.....	79
Висновки за розділом 2.....	82
Список використаних джерел за розділом 2.....	82
РОЗДІЛ 3. ЗМІНА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ ЛЬОНУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ПРОРОЩУ- ВАННЯ.....	85

3.1.	Характеристика хімічного складу насіння льону різних сортів...	86
3.2.	Дослідження зміни хімічного складу насіння льону в процесі пророщування.....	91
3.3.	Оптимізація технологічного процесу отримання біоактивованого насіння льону.....	102
	Висновки за розділом 3	106
	Список використаних джерел за розділом 3.....	107
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З ПРОРОЩЕНИМ НАСІННЯМ ЛЬОНУ ТА ПЕРЕБІГ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ У ТІСТІ		110
4.1.	Порівняльна оцінка впливу на якість житньо-пшеничного хліба заквасок-підкислювачів наявних на ринку України.....	110
4.2.	Розроблення фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону.....	112
4.3.	Оптимізація технологічних процесів виробництва житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону.....	125
4.4.	Встановлення параметрів випікання житньо-пшеничного хліба з додаванням пророщеного насіння льону.....	129
4.5.	Розроблення рецептури та технологічної інструкції з виробництва житньо-пшеничного хліба.....	134
4.6.	Дослідження впливу пророщеного насіння льону на структурно-механічні властивості тіста.....	140
4.7.	Дослідження впливу пророщеного насіння льону на біохімічні та мікробіологічні процеси в тіста.....	145
	Висновки за розділом 4.....	149
	Список використаних джерел за розділом 4.....	150
РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОРОЩЕНОГО НАСІННЯ ЛЬОНУ НА СПОЖИВЧІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА.....		152
5.1.	Вплив пророщеного насіння льону на органолептичні та фізико-хімічні показники якості.....	153

5.2.	Вивчення впливу пророщеного насіння льону на процес черствіння хліба.....	157
5.3.	Дослідження впливу пророщеного насіння льону на безпечність готових продуктів.....	161
5.4.	Вплив пророщеного насіння льону на харчову цінність.....	163
	Висновки за розділом 5.....	172
	Список використаних джерел за розділом 5.....	173
РОЗДІЛ 6. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....		175
6.1.	Практичне впровадження результатів дослідження.....	175
6.2.	Розрахунок ефективності наукової розробки.....	176
	Висновки за розділом 6.....	182
	Список використаних джерел за розділом 6.....	183
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		184
ДОДАТКИ.....		188
ДОДАТОК А	Науковий звіт санітарно-епідеміологічної оцінки Державної установи “Інститут громадського здоров’я ім. О. М. Марзєєва НАМН України” на ТУ 10.7 - 3233617141 -001:2023 “Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови.”.....	189
ДОДАТОК Б	Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи №12.2 – 18 – 2/11982 від 01.09.2023.....	191
ДОДАТОК В	Патент на винахід 119415 Україна, МПК (2019.01) A23L 7/20 (2016.01) A23L 7/10 (2016.01) C12C 1/00 A23L 33/00. Спосіб отримання біологічно активних продуктів.....	193
ДОДАТОК Г	Диплом лауреата на премію Київського міського голови за особливі досягнення молоді у розбудові столиці України – міста-героя Київ, у номінації «Наукові досягнення», 2019 р.....	196
ДОДАТОК Д	Акти та протоколи промислової апробації способу виробництва житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону.....	198

ДОДАТОК Ж	Протокол випробовувань № 173-174-01/22. НААН України, Інститут продовольчих ресурсів, Відділ аналітичних досліджень та якості харчової продукції.....	204
ДОДАТОК К	Протокол випробовувань № 047-048-01/23. НААН України, Інститут продовольчих ресурсів, Відділ аналітичних досліджень та якості харчової продукції.....	209

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я;

НУХТ – Національний університет харчових технологій;

ОДАХТ – Одеська національна академія харчових технологій;

НААН – Національна академія наук України;

ТНТУ – Тернопільський національний технічний університет;

МЕЖК – метилові ефіри жирних кислот;

DIAAS – (The digestible indispensable amino acid score – укр. амінокислотне число незамінних амінокислот з урахуванням їх засвоюваності score);

НАК пр. – вміст незамінної амінокислоти в продукті;

SID – (standardized ileal amino acid digestibility) – стандартизоване значення перетравлення незамінної амінокислоти продукту;

SAA – сульфоровмісні амінокислоти;

AAA – ароматичні амінокислоти;

ШНЛ – шрот насіння льону;

ПНЛ – пророщене насіння льону;

ЖК – жирні кислоти;

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти;

НЖК – насичені жирні кислоти;

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти;

АК – амінокислота;

НАК – незамінна амінокислота;

ЗАК – замінна амінокислота;

ПАД – параметри попередньої активації дріжджів;

ПАР – поверхнево-активні речовини.

ВСТУП

Актуальність теми. Хліб, як основний продукт, що входить у продуктовий кошик людини, значною мірою є визначальним фактором здоров'я та тривалості життя людини. Хліб повинний забезпечити організм людини не тільки поживними речовинами, а й життєво необхідними нутрієнтами, цим самим усувати їх дефіцити та покращувати щоденну дієту населення.

Аналіз літературних джерел показав, що хлібобулочні вироби за нутрієнтним складом недостатньо збалансовані, а саме за вмістом незамінних амінокислот, харчових волокон, низки вітамінів і мінеральних речовин. Надання борошняним виробам корисних для здоров'я властивостей (оздоровчих властивостей) шляхом підвищення їх біологічної та харчової цінності залишається важливим завданням сьогодення, особливо з огляду на стресові умови, в яких перебувають українці під час війни.

Продукти переробки насіння льону допомагають вирішити питання розширення асортименту хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями. Адже насіння льону характеризується не тільки високим вмістом фізіологічно корисних речовин, а й наявністю сполук з функціонально-технологічними властивостями. Дослідженню використання продуктів переробки насіння льону у технологіях хлібобулочних виробів присвячені наукові роботи вчених: Дробот В. І., Арсенєвої Л. Ю., Сильчук Т. А., Іоргачової К. Г., Лебеденко Т. Є., Лисюк Р. Ю., Шаніної О. М., Бондаренко Ю. В., Betoret E., Mounjouenrou P., Steigman A. та інших провідних науковці. Їх праці в основному спрямовані на визначення впливу на процеси структуроутворення тіста та формування якості готових виробів. Обмаль досліджень в напрямку застосування насіння льону у виробництві житньо-пшеничного асортименту виробів. Поряд з цим не достатньо досліджено застосування операції пророщення насіння льону, для підвищення його фізіологічно-функціональних властивостей та можливість його використання у виробках високої якості.

Отже, удосконалення технології житньо-пшеничного хліба збагаченого пророщеним насінням льону є недослідженою та актуальною проблемою.

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

Дисертаційну роботу виконано згідно з планами наукових досліджень у рамках держбюджетної і бюджетної тематики Національного університету харчових технологій «Створення функціональних харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення» номер державної реєстрації №0118U003778 та продовжено відповідно до теми Державного торговельно-економічного університету «Інноваційні технології харчових продуктів спеціального призначення», номер державної реєстрації №0119U100296.

Автор особисто брала участь у проведенні теоретичних і експериментальних дослідженнях та їх обґрунтуванні, підготовці матеріалів досліджень до публікації, формуванні формули винаходу в патентах, розробленні документації.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є наукове обґрунтування та розроблення технології житньо-пшеничного хліба з використанням пророщеного насіння льону.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

- проаналізувати сучасні тенденції використання нетрадиційної рослинної сировини (продуктів переробки льону) у технологіях хлібобулочних виробів для покращення їх харчової цінності та розширення асортименту;
- дослідити хімічний склад сортів насіння льону-довгунця сорту «Вручий», «Евріка», олійного льону-кудряша сорту «Оригінал», «Блакитно-помаранчевий», що вирощені у Київській області, до пророщування та після пророщування;
- підібрати та обґрунтувати параметри пророщування насіння льону;
- обґрунтувати та розробити рецептуру фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону;
- розробити рецептуру та технологію житньо-пшеничного хліба з внесенням пророщеного насіння льону;

- дослідити структурно-механічні властивості тіста з внесенням пророщеного насіння льону та перебіг у ньому мікробіологічних та біохімічних процесів;
- дослідити споживчі характеристики житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону;
- провести апробацію та розробити нормативно-технічну документацію для впровадження житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону у виробництво;
- визначити економічну ефективність впровадження нового виробу у виробництво.

Об'єкт дослідження – технологія житньо-пшеничного хліба, пророщене насіння льону.

Предмет досліджень – насіння льону, пророщене насіння льону, фізико-хімічні та біохімічні процеси, показники якості напівфабрикатів і готових виробів.

Методи досліджень – стандартні, загальноприйняті, спеціальні та модифіковані методи вивчення хімічного складу і функціонально-технологічних властивостей з використанням новітніх приладів та інформаційних технологій; хроматографічні, методи системного аналізу, планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті системного аналізу теоретичних та випробувальних досліджень науково обґрунтовано та удосконалено технологію житньо-пшеничного хліба, збагаченого пророщеним насінням льону.

Вперше:

- встановлено, що при біоактивації насіння льону сорту «Вручий» із заданою вологістю насінневої маси 63...65%, за визначених параметрів (температура 25...30 °С, тривалість пророщування 48...72 год) відбувається максимальне накопичення вітамінів С та Е (γ -токоферолу), незамінних

амінокислот з вищим показником DIAAS;

- шляхом багатофакторного експерименту визначено, що максимальна підйомна сила дріжджів на фазі їх активації забезпечується за встановлених параметрів (вміст ПНЛ 10% до маси борошна, температура $28\pm 2^\circ\text{C}$, тривалість 45 ± 5 хв);

- визначено, що сумісне використання пророщеного насіння льону в кількості 25 % до маси борошна та закваски-підкислювача Uniferm Ferment-Sauer зумовлює інтенсифікацію процесів бродіння тіста та задані властивості готового виробу.

Удосконалено:

- уявлення щодо закономірностей формування структурно-механічних властивостей житньо-пшеничного тіста з використанням біоактивованого насіння льону та формування комплексу показників якості готових виробів підвищеної поживної цінності;

- принципи розробки технології житньо-пшеничного хліба з використанням пророщеного насіння льону, що базуються на інтенсифікації процесів бродіння.

Набули подальшого розвитку:

- відомості про формування показників якості та безпечності житньо-пшеничного хліба з використанням пророщеного насіння льону.

Новизна наукового рішення підтверджена патентом України на винахід UA 119415 C2 МПК (2019.01) A23L 7/20 (2016.01) A23L 7/10 (2016.01) C12C 1/00 Спосіб отримання біологічно активних продуктів, Бюл. №11, 10.06.2019.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено та затверджено рецептуру і технологічну інструкцію на житньо-пшеничний хліб «Здравиця». Розроблено нормативно-технічну документацію на виробництво житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону «Здравиця» – ТУ У 10.7-3233617141-001:2023. Одержано висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 1.09.2023 №12.2-18-2/11982.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі.

Розроблений житньо-пшеничний хліб з пророщеним насінням льону дозволяє розширити асортимент хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями, що має значне соціальне значення.

Особистий внесок здобувача. Дисертантка проаналізувала літературні дані та на їх підставі обґрунтувала та сформулювала основну ідею досліджень. Автором особисто підібрані методи виконання комплексу аналітичних та експериментальних досліджень у лабораторних і виробничих умовах, математично-статистична обробка дослідних даних, проведення покрокових заходів задля інтегрування результатів досліджень у виробництво та у навчальний процес. Особистий внесок авторки підтверджується статтями в наукових виданнях і тезами доповідей на проведених в Україні та за її межами наукових конференціях.

Узагальнення наукових результатів, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації, складання заявки та формули винаходу на корисну модель, промислові випробування і впровадження прийомів удосконалення процесів виробництва хлібобулочної продукції з використанням ПНЛ, розроблення технологічної документації проведено спільно з науковим керівником роботи, д.т.н., професором Піддубним В. А.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи були презентовані на міжнародних, всеукраїнських, міжвузівських конференціях. Результати розглянуті на: XXVIII міжнародній науковій конференції (Morrisville. USA. Sept. 22, 2018); Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інновації та закономірності розвитку харчових технологій: теоретичні та практичні аспекти» (Київ, ККІБП. 17 листопада 2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції» (Київ, ККІБП. 15 листопада 2018); Міжнародній науково-практичній конференції «Європейські виміри сталого розвитку» (Київ, НУХТ. 23-24

квітня 2019); другому Всеукраїнському круглому столі «Екологічна безпека держави» (Київ. 15 грудня 2021); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в хлібопекарському виробництві» (Київ, НУХТ. 16 листопада 2022).

Методика пророщування насіння льону та технологія функціональних композицій для збагачення харчових продуктів спеціального дієтичного споживання (для спортсменів) відзначена Диплом лауреата на премію Київського міського голови за особливі досягнення молоді у розбудові столиці України – міста-героя Київ, у номінації «Наукові досягнення», 2019 р.

Технічну ефективність використання пророщеного насіння льону у технології житньо-пшеничного хліба підтверджено у виробничих умовах на ТОВ «Мурованокуріловецький хлібозавод», у харчовій лабораторії Київського професійного технологічного коледжу та вироблено дослідну партію на ТОВ «Пекарня Піщанська».

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 25 наукових праць: 12 статей у фахових виданнях і збірниках наукових праць України та іноземних виданнях, статей, що індексуються Scopus – 1, Web of Science – 1, 12 тез матеріалів доповідей на наукових конференціях та 1 патент на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури після кожного розділу, який налічує 226 найменувань, та 7 додатків.

Роботу викладено на 213 сторінках друкованого тексту, що містить 28 рисунків та 52 таблицю.

РОЗДІЛ 1.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

1.1. Огляд наукових підходів щодо створення харчових продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності

В теперішній час, у зв'язку з підвищеним сприйняттям концепції здорового способу життя, спостерігається підвищений інтерес споживачів до продуктів харчування, які мають максимальний профілактичний ефект. Прийнята Генеральною Асамблеєю в 2016 році ООН Програма «Десятиліття дій ООН з проблем харчування, на 2016-2025 роки», мета якої полягає у створенні життєздатних і стійких продовольчих систем, які сприяють поліпшенню раціону харчування. Програма закликає до викорінення голоду та всіх форм порушеного харчування (недоїдання, дефіцит мікронутрієнтів, надмірна вага та ожиріння), а також скоротити частку пов'язаних із харчуванням неінфекційних захворювань у всіх вікових групах. Тому забезпечення продовольчої безпеки залишається одним із пріоритетних завдань кожної цивілізованої держави [1-6]. Експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) оцінили структуру, якість та методику харчування одним із найважливіших чинників, які мають вагомий вплив на стан здоров'я людини [7-10].

В огляді наукових праць [16-22] відзначено, що на зниження нутрієнтної цінності в харчуванні вплинуло зменшення вмісту в рослинній сировині вітамінів і мікроелементів приблизно на 30...40%. Дефіцит макро- і мікронутрієнтів в захисних системах організму призводить до його неспроможності адекватно відповідати на несприятливий вплив навколишнього середовища. Відповідно це викликає порушення в роботі організму і сприяє розвитку аліментарних захворювань [11-13]. Недостатнє споживання вітамінів супроводжується зниженням адаптаційних можливостей людини, призводить до розвитку синдрому втоми, зниження

розумової й фізичної працездатності, порушень фізіологічних функцій, зниження захисних функцій організму [19, 24, 28].

Автори [21] зазначають, що у світі відомо два основних шляхи корекції харчового раціону людини:

- регулярне споживання окремих дієтичних добавок, які містять вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна, пробіотики та інші необхідні речовини;

- усвідомлене різноманітне споживання продуктів із підвищеною харчовою цінністю [19-23, 29].

Модифікований склад харчових продуктів внесений фізіологічно-функціональними інгредієнтами може описуватися низкою термінів: збагачення (від англ. enrichment), нутрифікація (від англ. nutrification); відновлення їх втрат під час виробництва, зберігання; стандартизація (від англ. Standardization) приведення до єдиного стандартного рівня їх вмісту у різних видах і партіях однотипної продукції; збагачення продуктів вітамінами з-за відсутності в них природними умовами [12, 20].

Серед шляхів вирішення проблеми - використання прийому фортифікації, тобто введення поживних речовин під час промислового виробництва харчових продуктів [14, 15]. Збагачення поживними речовинами харчових продуктів полягає у цілеспрямованому втручанні в хімічний склад під час технологічного процесу. Проведення таких заходів можливо здійснювати на науково обґрунтованих та перевірених практикою технологічних принципах. Даний підхід можна розглянути поетапно. Першим кроком у створенні продуктів з підвищеною харчовою цінністю є вибір асортименту для збагачення. Такий вибір для збагачення базується на потребах споживачів. Автори [21, 22] вважають продуктами масового споживання, такі як хлібобулочні, молочні вироби та напої. Крім того, не менш важливим є вибір джерела фізіологічно функціонального інгредієнта, специфіка технології та сумісність компонентів збагачувальної добавки з його рецептурою.

В працях авторів [1, 24-28] відзначено, що внесення збагачувального

інгредієнту може бути у складі природних харчових компонентів або у вигляді препаратів (дієтичних добавок). Натуральні збагачувальні інгредієнти мають перевагу над синтетичними, є легкозасвоюваними, оскільки їх молекулярна будова є більш адаптованою для споживання людиною.

Багато науковців працюють над розробкою інноваційних продуктів харчування. Принцип створення яких базується на збагаченні потрібними для оптимального функціонування організму людини нутрієнтами. З літературних джерел [29, 30, 31] відомо, що вперше з'явився термін «фізіологічно функціональні харчові продукти» чи «функціональні продукти» де вказано про використання фізіологічно-функціональних інгредієнтів, а саме речовин, які позитивно впливають на організм людини і їх вміст в таких продуктах має бути в межах від 10 до 50%. У Європі [15, 32] була прийнята «Наукова концепція функціональних продуктів харчування Європи» (Scientific Concepts of Functions Food in Europe). Водночас подібні програми з'явилися і в інших країнах: Німеччині, Франції, США, Китаї та багатьох інших країнах, в тому числі і в Україні.

Згідно з теорією Д. Поттера, для створення функціональних продуктів харчування використовують 7 груп фізіологічних і функціональних інгредієнтів. До них належать: харчові волокна, вітаміни, антиоксиданти, мінерали, поліненасичені жирні кислоти, олігосахариди (пребіотики) та корисні мікроорганізми (пробіотики) (табл. 1.1). Деякі автори також включають амінокислоти та пептиди, ферменти тощо. [33-35].

Розглядаючи групи фізіологічно-функціональних інгредієнтів, можна відмітити, що це концентрати натуральних чи ідентичних до натуральних біологічно активних речовин і їх комплексність хімічного складу призведе до покращання хімічного складу харчового продукту важливими складовими [35]. До складу фізіологічно-функціональних інгредієнтів з рослинної сировини входять компоненти за кількісним складом, що не порушують рекомендовану потребу в харчових речовинах (нутрицевтики), або

терапевтичну дозу активної речовини (парафармацевтики).

Таблиця 1.1 – Основні фізіологічно-функціональні інгредієнти та їх роль у функціонуванні організму людини

Найменування фізіологічно-функціональних інгредієнтів	Роль фізіологічно-функціональних інгредієнтів у функціонуванні організму людини
Харчові волокна	Позитивний вплив на процеси травлення, стимуляція росту корисної мікрофлори кишечника (пребіотичний ефект), зв'язування та виведення важких металів, радіонуклідів, токсичних речовин, зниження ризику розвитку серцево-судинних захворювань
Вітаміни	Регулювання обмінних процесів метаболізму, діяльності нервової та серцево-судинної системи, імуностимулююча дія
Антиоксиданти (β -каротин, токофероли)	Захист організму від вільних радикалів, уповільнення процесів старіння
Мінеральні речовини	Підтримання кислотно-лужної рівноваги, формування та розвиток тканин організму, регуляція нервової системи, водного обміну, внутрішньоклітинного осмотичного тиску
Поліненасичені жирні кислоти (ω -3 і ω -6)	Профілактика серцево-судинних захворювань, а також онкологічних, нервових, ниркових недугів, ожиріння, синдрому втоми
Олігоцукриди (пребіотики); Корисні мікроорганізми (пробиотики)	Стимуляція росту бактерій та метаболічної активності в товстому кишечнику. Відновлення кількісного та якісного складу і підтримка біохімічної активності нормальної мікрофлори

Науковцями [21, 36, 37] відзначено харчові добавки, як ефективну формою профілактики різних захворювань. Вона є допоміжним лікуванням низки поширених хронічних захворювань людини. Автори [3, 38, 39] відзначають, що найпоширенішими є мінерально-вітамінні комплекси, комплекси поліненасичених жирних кислот та фосфоліпідів. Їх фізіологічна ефективність повинна бути підтверджена клінічними дослідженнями.

1.2. Сучасні напрямки підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів

До групи хлібобулочних виробів належать харчові продукти, які випікаються із пшеничного, житнього борошна або їх суміші, дріжджів, солі, води та додаткової сировини [33, 40, 41]. Хлібобулочні вироби є основними продуктами харчування, які придатні для збагачення, споживання яких в Україні становить 250-350 г на добу. На відміну від багатьох інших продуктів харчування, хлібобулочні вироби здатні забезпечити організм людини значною кількістю енергії та майже всіма життєво важливими поживними речовинами, включаючи білки, вуглеводи, ліпіди, вітаміни та мінерали. При добовій потребі людини в енергії 2850 ккал, споживання 350 г хлібобулочних виробів забезпечує близько 30% загальної кількості калорій, у тому числі 28% добової потреби у білках, близько 40% - у вуглеводах, 31% - у вітамінах групи В та 48% у залізі. [36].

Хліб входить до продуктового кошику кожного українця, від якого споживач не відмовиться за жодної кризи, а у воєнний час – це стратегічно важлива їжа. У зв'язку з цим хліб і хлібобулочні вироби, будучи соціально значущими продуктами, можуть стати реальним інструментом поповнення нутрієнтів, яких бракує людині, або бути джерелом біологічно активних речовин спрямованої дії. Внесення збагачувальних рослинних інгредієнтів у рецептуру хлібобулочних виробів дозволить не лише підвищувати їхню харчову цінність, а й забезпечувати необхідні якісні характеристики готових продуктів.

Основним рушієм зростання сегменту хліба в європейських країнах є зростаючий попит на цільнозерновий хліб, з високим вмістом клітковини, безглютеновий або здоровий і збагачений. Такі продукти стають все більш популярними серед споживачів через посилене сприйняття концепції здорового способу життя [37]. Тому виробники задля забезпечення попиту покупців та створення хлібобулочних виробів, що мають функціональні властивості у технологіях, все частіше використовують нетрадиційну рослинну сировину. До такої сировини належить пророщене насіння льону, завдяки своєму цінному хімічному складу [42].

Перспективним напрямком фортифікації та покращення органолептичних властивостей хлібобулочних виробів є купажування кількох видів борошна та додавання нетрадиційної рослинної сировини. Такий підхід зумовлює проявлення високих функціонально-технологічних властивостей, дає можливість впливати на перебіг технологічних процесів та впливати на структурно-механічні характеристики (водопоглинальні, жирутримувальні, піноутворювальні та ін. властивості), якість напівфабрикатів та готових виробів [31, 43, 44, 45, 46, 47].

Проблемі використання нетрадиційної сировини у хлібобулочних виробках з метою підвищення харчової цінності, а також надання їм фізіологічно-функціональних властивостей приділено багато уваги у роботах українських та світових вчених Дробот В. І., Арсенєвої Л. Ю., Steigman A. та інших [18, 39, 43, 49, 50, 66].

Авторами [51] встановлено, що використання пророщеного вівса, ячменю та пшениці в кількості від 0,5 до 5,0% збільшує питомий об'єм виробів. Але при цьому спостерігається злипання м'якушки, що зумовлено високою ліполітичною та амілолітичною активністю пророщених зерен. Дослідженнями також встановлено підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів за рахунок використання нетрадиційної сировини.

У науковій роботі [52] розглянуто технологію виробництва хлібобулочних виробів із заміною пшеничного борошна на борошно з пророщених зерен пшениці в дозуваннях від 5 до 20%. Встановлено, що збільшення кількості борошна з пророщених зерен у рецептурі хлібобулочних виробів призводить до підвищення вологості до 41,9%, зниження кислотності до 0,8% та зменшення пористості до 72%. При цьому максимальні відхилення від контрольного зразка спостерігалися у виробках, що містили 20% зерна.

Сьогодні рослинна сировина включається в технології харчових продуктів у вигляді паст, пюре, соків, порошоків (включаючи нетрадиційні види борошна) або їх комбінацій. Кирпіченкова О. М. та Оболкіна В. І. пропонують вносити до здобних борошняних виробів гідролізоване морквяне

пюре (до 10% від маси меланжу) [53]. Задорожня О. С., Гавриш А. В. і Доценко В. Ф. запропонували використовувати пюре з сирої або вареної моркви (19% від маси тіста) та каротинвмісний збагачувач «Морквяний мед» (11% від маси тіста) [54]. Під керівництвом Стадника І. Я. [55] проведено дослідження і визначено межу додавання соку червоного буряка до хлібобулочних виробів.

З метою підвищення біологічної цінності борошняних виробів автори [56-58] пропонують використовувати порошок із виноградних вичавок. У своєму складі вони містять біологічно активні речовини із антиоксидантними властивостями. Праці Дробот В. І. доводять перспективи використання пряно-ароматичної сировини в технології дріжджових виробів для кращого стану структурно-механічних властивостей [59]. Джахангірова Г. З. та Рензяєва Т. В. займались проблемою використання фруктових порошків у технології печива з метою коригування його реологічних властивостей [57, 58].

Вибір добавок ґрунтується на тому, що у їх складі мають бути важливі фізіологічно функціональні інгредієнти з перспективою корегування хімічного складу виробів. Корегування спрямоване у насиченні найбільш дефіцитними речовинами. Підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів має бути збагаченим білками, багатими на лізин, метіонін, триптофан.

З огляду на загальносвітові тенденції збільшення частки рослинної продукції у забезпеченні людства білком, використання певної рослинної сировини є виправданим у вирішенні проблеми підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів. [43, 57]. Бобові мають найвищий вміст білка серед видів рослинної сировини: горох, квасоля, соя, люпин, сочевиця, кормові боби, віки, нут, маш, арахіс, насіння цибулі тощо. У світовому об'ємі виробництва зернових культур, частка бобових становить 20% [57, 58]. Позитивний вплив у виготовленні хлібобулочних виробів відіграє горох [60], який містить 25-30% білка і його можна додавати у кількості 2-3%. При цьому лізину в 8,5 разів більше, ніж в пшеничному борошні, валіну в 3,

триптофану в 2 рази. Для активації сушених і пресованих дріжджів використовують борошно із зеленого гороху, що інтенсифікує мікробіологічні процеси. Покращується їх піднімальна сила. Автори [61] довели, що дозування 5% борошна горохового збільшує об'єм, формостійкість та покращує структуру м'якушки.

Розроблено комплексну біологічно активну добавку для житньо-пшеничного хліба, яка містить лимонну та бурштинову кислоти, вітамін РР, сухе знежирене молоко, солодовий екстракт, триполіфосфат натрію, сульфат цинку та йодид калію. Ця добавка додається у кількості 0,05-0,2% до маси борошна. Споживання приготуваного хліба за даною технологією, може задовольнити до 50% потреб організму людини у вітаміні РР, а також іонах цинку та йоду. Комплексна добавка сприяє інтенсифікації біохімічних процесів у клітинах дріжджів та кислотоутворюючої мікрофлори, що допомагає хлібу довше зберігати свої смакові якості, робить м'якушку дрібнопористою та еластичною, а також збільшує об'єм та термін зберігання хліба. [62].

Компанії широко впроваджують технології, які передбачають використання нових видів сировини та добавок. Найбільш поширеними є технології, що базуються на використанні дієтичних та лікувально-профілактичних добавок (препарати β-каротину, добавки йоду, висівки, зернові суміші та концентрати для приготування спеціальних хлібобулочних виробів). Суміші різних злаків широко використовуються для декорування поверхні, покращення смаку та підвищення поживної цінності готових продуктів. Вони випускаються під різними брендами і включають пшеничні висівки, пшеничне та житнє борошно, солодові пластівці, насіння соняшнику та льону, кукурудзяні пластівці, кукурудзяне борошно та соєві боби.

Значна кількість робіт присвячена додаванню хеномелесу та його побічних продуктів при виготовленні дріжджового тіста. Так автори [63, 64] вносили продукти переробки при виготовленні дріжджового тіста на стадії замішування в певних концентраціях: сік або екстракт у кількості 10% та

30% від маси води, а пюре або порошок у кількості 7,5% та 1,5% від маси борошна відповідно. Отримані вироби за органолептичними показниками мали приємний смак, світліший м'якуш та приємний пряно-квітковий аромат. Ці властивості хеномелеса з-за вмісту ароматичних речовин: нонаналь, α і β -терпениол, естрагол. Крім цього внесення сприяло скоротити тривалість бродіння тіста до двох годин, а також підвищити показники пористості, формостійкості, питомого об'єму.

Досить цікаве застосування знаходить білий харчовий люпин, що є високобілковою рослиною. Так, науковці НУХТу запропонували заміну до 10% білого пшеничного борошна на внесенням продуктів переробки білого харчового люпину. Це дозволило вплинути на органолептичні показники та підвищити вміст білка на 24,0-31,4%, крім того підвищити скори незамінних амінокислот, як лізин (на 11,7-13,5%) і треонін (на 29,2-30,6%) [65].

Науковці Харківської державної академії технології та організації харчування рекомендують для збагачення харчової цінності хлібобулочних виробів у рецептури додавати ядра насіння соняшника в кількості 10, 15 і 20% до маси борошна. У такій комбінації збільшується вміст білків в 1,1-1,2 рази і незамінних амінокислот, в 1,1-5 разів клітковини, і у 3-9 разів жирів і ПНЖК [66].

Широкого використання в технологіях хлібобулочних виробів набули нетрадиційні види борошна: кукурудзяне, амарантове, соєве, тритикалеве, нутове, люпинове, лляне та ін. Важливою їх особливістю є відсутність складу білків, що утворюють клейковину [67-69].

Автори Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. в своїх роботах розкрили цінність насіння льону та продуктів його переробки [48, 50, 70, 71] та обґрунтували перспективність його використання для розробки рецептур хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями [49].

Завдяки цінному хімічному складу, насіння льону є перспективною сировиною у виробництві харчових продуктів, використовується як функціональна добавка в продуктах хлібопекарської, кондитерської галузей.

1.3. Аналіз напрямків використання насіння льону у технології харчових продуктів

У світі посівні площі льону олійного займають близько 3,5 млн га. Загальне світове виробництво льону олійного досягає від 1,6 до 2 млн тон щорічно [24]. Україна складає 1,4% на світовому ринку виробництва насіння льону [25]. Імпортером українського насіння льону сьогодні є країни ЄС [26]. Свою популярність льон одержав у світі через свій унікальний хімічний склад і функціональні властивості. Згідно рекомендації Європейської комісії, щодо функціонального харчування у Європі (FuFoSE), харчовий продукт вважається функціональним, коли поряд із забезпеченими харчовими речовинами він позитивно впливає на одну або декілька функцій організму людини. При цьому забезпечує кращий загальний стан людини, знижує ризик розвитку захворювання [27].

Насіння льону належить до родини льонових – *Linaceae* (D. C.) Dumort, яка складається з 22 родів. Лише один рід має практичне значення на здоров'я людини – льон *Linum*, він включає в себе більше 200 видів трав'янистих рослин. Насіння сплюснуте, яйцеподібної форми, з добре розвинутим і трохи загнутим носиком, гладке, блискуче, при контакті з водою - слизьке, має дуже різноманітне забарвлення: від темно-бурого до ясно-жовтого кольору, довжиною 3,4-6,2 мм, маса 1000 шт. насіння 2,1-13 г.

Детальна класифікація культурного льону розроблена та укладена у збірник Б. В. Елладі (1940 рік). Він є досить громіздким, з великою кількістю латинських назв, у зв'язку з чим ця класифікація рідко використовується на практиці. Згодом над класифікацією трудилися багато вчених, наприклад С. В. Юзепчук, І. А. Сізов (1952 р.), Е. Н. Сінська (1954 р.). Отже, широке вивчення ботанічного складу льону значно поглибило пізнання про цю культуру.

Найбільш уживаною класифікацією культурного льону є за видом, різновидом, формою, яку запропонував І. А. Сізов: [104]:

- 1) льон-довгунець;

- 2) льон-проміжний;
- 3) льон-кучерявець (олійний);
- 4) великонасінний льон;
- 5) сланкий багатостебельний напівозимий льон.

Сьогодні в українському Державному реєстрі зареєстровано 26 сортів льону. Лідер за кількістю сортів та координатор селекційної роботи є НААН України, що налічує 12 різновидів. Насіння льону починає відігравати все більшу роль у світовому виробництві продуктів харчування. Склад насіння льону обумовлює його цінність як дієтичного продукту [26]. Лляна олія характеризується низьким вмістом небажаних в харчовому раціоні насичених жирних кислот. Унікальність лляної олії полягає в дуже високому вмісті поліненасиченої α -ліноленової жирної кислоти, що має судинорозширювальну, антистресову та антиаретмічну дію. Насіння льону володіє також протизапальною, знеболюючою, антисклеротичною, обволікаючою, та легкою послаблюючою дією [25, 41, 72]. Також до складу насіння льону входять вітаміни D, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₉, токофероли, бета-каротин, макро- і мікроелементи – калій, кальцій, магній, залізо, марганець, мідь, хром, селен, алюміній, нікель, йод, бор, цинк (таблиця 1.2) [73-75]. В насінні льону міститься від 30 до 42% харчових волокон, 7% з яких – клітковина, яка є необхідним компонентом харчування людини. Вона забезпечує моторну функцію шлунково-кишкового тракту, ефективно очищуючи організм людини. Лляне насіння є найбагатшим джерелом лігнінів. Ці речовини діють на різних стадіях канцерогенезу, порушуючи ріст пухлин, мають сильну антиоксидантну дію. Насіння льону володіє широким діапазоном оздоровчих ефектів. В результаті його споживання знижується ймовірність утворення тромбів у серці, легенях, мозку, знижується високий кров'яний тиск, зменшується ризик виникнення інфарктів, мікроінфарктів, аритмії, захворювань, пов'язаних із клапанами серця, коронарними серцевими розладами. Насіння льону володіє заспокійливою дією, що важливо при стресових ситуаціях, забезпечує нормальний здоровий стан

шкіри та волосся, допомагає роботі нирок. Ліноленова жирна кислота необхідна для покращення зору, функціонування надниркової та щитовидної залоз [49, 57, 77, 78]. Білок насіння льону, представлений альбумінами і глобулінами, має повний склад незамінних амінокислот, схожий до складу соєвих білків, які вважаються найбільш поживними протеїнами рослинного походження. Харчова цінність білка з насіння льону за бальною оцінкою (казеїн прийнятий за 100) оцінюється в 92 одиниці [42].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад насіння льону (на 100г насіння) [73, 74, 75]

Поживні речовини	Одиниця виміру	Показник
1	2	3
Вода	г	8,75
Енергія	Ккал	492
Енергія	кДж	2059
Білок	г	19,5
Жири	г	34
Зола	г	3,5
Мінеральні речовини:		
кальцій, Ca	мг	199
залізо, Fe	мг	6,22
магній, Mg	мг	362
фосфор, P	мг	498
калій, K	мг	681
натрій, Na	мг	34
цинк, Zn	мг	4,17
мідь, Cu	мг	1,041
марганець, Mn	мг	3,281
селен, Se	мкг	5,5

Продовження табл. 1.2

Вітаміни:		
аскорбінова кислота, С	мг	1,3
тіамін, В ₁	мг	0,17
рибофлавін, В ₂	мг	0,16
ніацин, РР	мг	1,4
пантотенова кислота, В ₅	мг	1,53
піридоксин, В ₆	мг	0,927
фолієва кислота, В ₉	мкг	278
вітамін В ₁₂	мкг	0
вітамін А	мг	0
вітамін Е	мг	5

Високий вміст у насінні льону життєво важливих ненасичених жирних кислот, зокрема альфа-ліноленової поліненасиченої жирної кислоти, лігнанів, харчових волокон тощо, зумовлює його функціональні властивості. Клінічні дослідження на людях встановили, що при споживанні 30-50 г насіння льону в день за період 4-12 тижнів, сприяє зниженню холестерину на 8-14%. Автори роботи вважають [28, 41], що полісахариди насіння льону проявляють радіопротекторні та імунозахисні властивості. Тому його широко використовують у харчових технологіях для покращення харчової цінності продукції.

Особливий інтерес науковців різних галузей харчової промисловості, фармацевтів та медиків викликають вуглеводи насіння льону. Серед них варто виділити клітковину та слизоутворюючі полісахариди. Клітковина лляного насіння представляє собою нерозчинну та розчинну у воді фракції. Фракція нерозчинних волокон складається з целюлози та складних полімерних сполук, таких як лігніни. Обидві форми клітковини є цінними

компонентами харчових продуктів завдяки своїй фізіологічній дії, оскільки вони сприяють функціонуванню кишківника, забезпечують профілактику атеросклерозу та покращують ліпідний обмін. Клітковина становить приблизно 28% від сухої маси знежиреного насіння льону [79-82].

Ще однією відмінною особливістю вуглеводів насіння льону є вміст у ньому водорозчинних полісахаридів, які при замочуванні здатні утворювати слиз на поверхні насіння, їх кількість становить 2-7% від загальної маси. Ці речовини активно використовуються у харчових технологіях, що пояснюється їх функціонально-технологічними властивостями, які забезпечують необхідну якість продуктів а також зумовлюють зниження ризику серцево-судинних захворювань [83, 84]. Саме такі речовини здатні формувати задану консистенцію або текстуру харчових продуктів. Вони характеризуються високими структуроутворюючими, вологоутримуючими, стабілізуючими властивостями. Їх багатофункціональність дозволяє регулювати реологічні властивості і структуру готового продукту: від плинної, текучої, пастоподібної, до еластичної та драгледоподібної.

У виробництві харчових продуктів найчастіше використовують насіння льону для збагачення його фізіологічно функціональними інгредієнтами, і дуже мало його вторинних продуктів переробки. В Україні відомим и продуктами переробки насіння льону є оля та шрот. Основна маса шроту з насіння льону використовується на корм тваринам. У шроті порівняно з насінням льону міститься більше білків і харчових волокон і в 3,5-4 рази менше ліпідів. Сфери застосування насіння льону - м'ясопереробна промисловість, виробництво напоїв, кисломолочних продуктів. Збільшується його використання у виробництві борошняних кондитерських, хлібобулочних виробів, десертів, морозива, молочних продуктів.

1.3.1. Перспективи використання насіння льону в хлібобулочних виробках

Використання насіння льону в технології хлібобулочних виробів дозволяє коригувати рецептурний склад, структуру, консистенцію та

зовнішній вигляд виробів, сприяє підвищенню їх виходу і поліпшенню харчової цінності, дає можливість подовжити термін зберігання.

Автори робіт [85-87] встановили, що значно підвищується харчова цінність хліба при внесенні 8-16% борошна з насіння льону. Використання льону відоме і в кондитерській промисловості, так авторами [88] розроблено рецептуру печива «Тріо», що містить борошно з насіння льону. У наукових роботах [87-90] досліджено використання незнежиреного лляного борошна (розмеленого), лляного борошна і лляної олії як збагачуючих компонентів. Автори звертають увагу, що продукти переробки льону містять значну кількість поліненасичених жирних кислот, які швидко окислюються, а лляна олія легко полімеризується за високих температур, це слід враховувати при технологічному плануванні.

Науковці [90-93] вважають льяний шрот хорошим джерелом повноцінних білків та харчовими волокнами. Льяний шрот є напівзнежиреним борошном [92, 93, 94], одержаним способом «холодного» пресування при виробництві олії. Взаємодія води з шротом призводить до набрякання й утворення слизу, що впливає на структуроутворення готової продукції. Із результатів досліджень [94] відомо, що використання шроту насіння льону дозволило підвищити вміст харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, але й відмічено, що його використання частково призводить до погіршення органолептичних показників якості хлібу. Також відзначено зниження інтенсивності бродіння та структурно-механічних властивостей тіста. Це відбувається через вплив водорозчинних комплексів, що утворюють з білками борошна слиз та глюкопротеїди, які формуються в результаті взаємодії водорозчинних та солерозчинних білків шроту з вуглеводами [91, 93, 94]. Одночасно встановлено [94], що додавання в тісто шроту з насіння льону підвищує його водопоглинальну здатність на 3,5-20,0 %, а в'язкість - у 1,7-3,8 рази. У результаті дегідратації білків борошна в тісті кількість сирової клейковини зменшується на 1,7-1,9 %, підвищується її еластичність, знижується пружність. Безумовно, це сприяє погіршенню

газоутримуючої здатності тіста, зумовлює зменшення питомого об'єму тістових заготовок і готових виробів на 2,1-20,0 %. Тому автори рекомендують обмежити додавання лляного шроту до 7,5 % від маси борошна.

Автором [95] рекомендується використовувати борошно з льону в рецептуру житньо-пшеничного хліба в кількості 5,0-20,0% під час замісу тіста замість житнього борошна. Результати досліджень показали, що борошно з льону недоцільно додавати до житньої закваски, оскільки це зумовлювало уповільнення її дозрівання.

В науковій роботі [96] встановлено, що у разі використання шроту насіння льону у виробництві житньо-пшеничного хліба спостерігається погіршення їх якості. Для покращання органолептичних та фізико-хімічних показників рекомендується в рецептуру даного виробу включити солодовий екстракт та цукор-білий кристалічний.

Авторами [97] пропонується використовувати насіння льону у разі виробництва безглютенових виробів на заквасках спонтанного бродіння, в яку саме і вносити насіння льону. Встановлено, що оптимальне дозування насіння льону в закваску становить 40% до маси борошна.

Дослідниками [98] розроблено хлібопекарську суміш з житнього, вівсяного, соняшникового та лляного борошна і сухої пшеничної клейковини для виробництва хліба з функціональними властивостями. Оптимальне дозування хлібопекарської суміші для виробництва житньо-пшеничного хліба становить 30% замість борошна в рецептурі.

Аналіз робіт вітчизняних учених щодо використання насіння льону у виробництві хлібобулочних виробів [99, 100] зацікавив продовжити дослідження у цьому напрямі. Вони доцільні, оскільки насіння льону сприяють підвищенню вологості тіста до 44,0 %, зберіганню свіжості виробів, мають більший вміст ароматичних сполук, ніж хліб із пшеничного борошна. Поліпшується хімічний склад: на 38–40% вміст білка, 83–86% харчових волокон, 92% поліненасичених жирних кислот, понад 70% кальцію

та магнію. Наявність вітамінів групи В, фолієвої кислоти та токоферолу допоможе краще забезпечити добову потребу організму в потрібних речовинах. Все сказане вище дозволяє віднести хлібобулочні вироби з використанням насіння льону до продуктів з оздоровчими властивостями.

Науковим колективом [101] розроблено науковий підхід до безвідходної переробки насіння олійного льону: олія, макуха для виробництва лляних каш, оболонки після висушування, гранулювання та перемелювання використовуються для виробництва біологічно активної добавки на основі лігнанів, які володіють антиалергенними та антиоксидантними властивостями і яка рекомендується використовувати у технології хлібобулочних виробів.

Є відомості про розробку технології хлібців збагачених насінням льону, а також сухарних та бараночних виробів і чабати які позиціонувалися як вироби функціонального призначення. Показники якості бараночних виробів відповідали вимогам показників, а в хлібі спостерігалось покращання стану м'якушки [101-103].

Горіховий присмак лляного насіння може стимулювати випуск таких виробів, як здобні булочки, кекси, печиво й т. п. з підвищеною біологічною цінністю [65].

Доведено [63, 64], що введення в тісто для випічки цільного або меленого лляного насіння дозволяє знизити рівень жирової добавки у порівнянні з типовими рецептами за рахунок олійної складової льону, а кількість рідини, навпаки, збільшити, тому що лляне насіння володіє винятково водозв'язуючою здатністю, що дозволяє одержувати низькокалорійні хлібобулочні вироби. Створено шоколад і солодкі плитки, що складаються із лляного насіння, агломерированного з концентратом фруктових соків.

Сьогодні з'являються дослідження про доцільність використовувати проросле насіння льону. При пророщуванні [107-109] поліпшується амінокислотний склад у насінні, збільшується кількість вітамінів і засвоюваність продуктів. На основі цього підходу розроблена технологія пралінових

цукерок з добавкою пророслих зерен льону-довгунця. Його багатогранність може служити як заміник яєць для тих споживачів, які повинні виключити їх зі свого раціону з медичних міркувань. Наприклад, 15 г лляного насіння, настояні протягом 1-2 хв. в 45 мол води, забезпечує адекватну заміну курячому яйцю в рецептах для випічки.

Існують рецептури на підприємствах хлібопекарської промисловості інших країн, де випускають хлібобулочні вироби із вмістом 25-50% насіння льону, хлібці Мюнхенські з добавкою (30 та 50% льону), хлібці Загребські з борошна пшеничного з доданням насіння льону у кількості 15% до маси борошна, хлібобулочні вироби з добавками (100% та 30-50% льону).

У Державному торговельно-економічному університеті розроблена технологія використання мікронізованого насіння льону у виробництві булочних виробів. Встановлено раціональну кількість, що дорівнює 11,0% – із мікронізованим насінням льону. Відзначено, що вироби характеризуються високими органолептичними показниками, підвищеною харчовою, біологічною цінністю та володіють радіозахисними властивостями [83]. Отже перспективним із досліджень є використання паростків, у яких вітаміни захищають організм від шкідливої дії вільних радикалів, оскільки є природними антиоксидантами.

Отже, аналіз наукових джерел останніх років свідчить про перспективність досліджень щодо використання насіння льону під час виробництва хлібобулочних виробів як коректора структурно-механічних властивостей.

Введення насіння льону дозволяє коригувати рецептурний склад, структуру та консистенцію продуктів, сприяє підвищенню виходу та зниженню енергетичної цінності; дозволяє продовжити термін зберігання. А також значно покращується харчова цінність продукції. Проте питання вивчення функціонально-технологічних властивостей продуктів переробки насіння льону у конкретних харчових системах залишається невирішеним. Так, відсутні системні уявлення щодо можливості використання його для

регулювання якісних характеристик хлібобулочних виробів. Це є передумовою проведення досліджень у таких напрямках.

1.3.2. Пророщування, як процес біоактивації насіння льону

Пророслі зерна – це продукти лікувально-оздоровчого харчування, оскільки в них значно зростає кількість вітамінів, мінералів, рослинних ферментів, фітогормонів. Унікальною особливістю пророслих зерен, є наявність в їх складі фітогормонів, вони визначають біологічну активність і лікувальні властивості; сприяють нормалізації метаболічних процесів, підвищенню вмісту гемоглобіну в крові, зниженню рівня холестерину. Дуже важливими функціями є поліпшення розумової та фізичної працездатності, підвищення опірності організму інфекціям, виведення радіонуклідів. При достатньому споживанні, проросткам властива загальнозміцнююча та тонізуюча дія, за рахунок поповнення дефіцитів в організмі вітамінів та макро- й мікроелементів. Вищесказане є підтвердженням доцільності та перспективності використання пророщених зерен у технології харчових продуктів лікувально-оздоровчого призначення.

Слід особливо відмітити, що проростки – це натуральний, природній продукт, отриманий природнім шляхом без будь-якого стороннього втручання. Щоб перетворитися в проросток, сухому зерну потрібні лише відповідні умови вологості, аерації і температури. Всі корисні речовини знаходяться в них у природній, збалансованій кількості і співвідношеннях, ці речовини вбудовані в органічну систему живої тканини, і їх засвоєння не позначається на здоров'ї людини негативно, що може спостерігатися при вживанні деяких фармацевтичних засобів [50].

Зазвичай в їжу використовують пророщене насіння пшениці і деяких бобових культур (горох, люцерна, боби). Цей набір може бути значно розширений за рахунок використання насіння жита, гречки, гарбуза, соняшника, кунжута, сої, квасолі, нута, сочевиці та льону. Пророщене насіння перерахованих культур мають в своєму складі надзвичайно широкий

набір корисних речовин, вітамінів і мікроелементів і крім загально позитивного впливу на організм людини, надає специфічну оздоровчу дію.

Відомо, що при проростанні насіння суттєво змінюється хімічний склад і процеси, що відбуваються в харчовій системі. Значно активується ферменти, збільшується їх вміст; неактивні нутрієнти, які знаходяться в зародку, активуються і сприяють синтезу ферментів, контролюючи гідролітичні і окисні процеси [51]. Кількість ферментів збільшується в проростках в десятки разів, вважається, що це найбагатший ферментами продукт на всій планеті [37]. Ферменти, що утворилися, розкладають складні запасні речовини на більш прості, необхідні для проростання насіння для побудови нових тканин.

Проростки також є чудовим джерелом клітковини, жирних кислот, необхідних для захисної функції імунної системи, легкозасвоюваного білку і хлорофілу [116]. В процесі проростання склад жирів дещо зменшується при одночасному накопиченні цінних вільних поліненасичених жирних кислот [117]. При проростанні зберігається багатий мінеральний склад. Так, у складі проростків вміст калію в 2,6 раза, магнію в 7 разів і фосфору в 4 рази більше, чим в борошні.

Таким чином, при перебуванні зерна в стані біологічної активності проходять розчеплення високомолекулярних біополімерів до низькомолекулярних розчинних речовин. При цьому різко збільшується їх засвоєння живими організмами [117]. Ферменти проростків продовжують працювати в організмі людини, економлячи його внутрішні сили. При використанні проростків в їжу організм людини витрачає на багато менше сил на їх перетравлення і засвоєння в порівнянні з будь-якими іншими продуктами отриманих із сухого зерна [118].

Розкладання основних поживних речовин – лише частина складних процесів. Одночасно відбувається поглинання із води і засвоєння необхідних макро- і мікроелементів, формуються полірибосоми, відповідальні за синтез білка, працюють активні фітогормони, прискорюють ріст, синтезуються вітаміни [119, 120]. Суттєво знижуються кількість антипоживних речовин,

збільшуються протиолітична активність. При цьому створюються легко засвоювані розчинні компоненти. Тому людина, використовуючи проростки в їжу, може отримати комплекс необхідних поживних речовин в найдоступнішій формі [120].

Однією із головних властивостей проростків є здатність синтезувати водорозчинний вітамін С, в той самий час як в сухому насінні його не знайдено. В межах одного виду рослин кількість синтезованої аскорбінової кислоти залежить від використаного сорту. Вміст вітамінів в пророщеному зерні незрівнянно збільшується в порівнянні з не пророщеним зерном – від 100 до 2000% [116].

Приведене авторами [115] дослідження показує, що сумарна кількість водорозчинних антиоксидантів в п'ятиденних проростках різних культур суттєво перевищує їх вміст в сухому насінні. Так, в проростках росторопші їх кількість збільшилась з 235 до 896 мг/100 г, в проростках льону з 56 до 526 мг/100 г, в проростках квасолі маш з 102 до 517 мг/100 г, гороха нута з 84 до 503 мг/100 г, голозерного вівса з 34 до 334 мг/100 г, пшениці з 24 до 275 мг/100 г. Цифри цілком можна порівняти з найкращими по цим показникам ягодами, але ягоди – продукт сезонний, а проростки можна використовувати цілий рік.

Вміст водорозчинних речовин в сухому насінні значно менша. При пророщуванні в наслідок розкладу запасного крохмалю до простих сполук їх склад збільшується багаторазово [114].

Враховуючи зазначене вище, приходимо до заключення, що це є складний процес, який супроводжується механічними, фізико-хімічними явищами і врахувати їх можна при моделюванні поетапним математичним описом починаючи від найпростішого. Тому необхідно спрямувати наукову новизну досліджень на розроблення математичної моделі процесу пророщування насіння льону та його використання в технології з використанням методів регресійного та кореляційного аналізу для встановлення оптимальних режимів. Це має важливе значення для запропонованих технологій, які ми

будемо в подальшому розглядати.

Отже, насіння льону та продукти переробки нині актуальні і їх вносяться до складу харчових продуктів щоб надати функціональні властивості. Тому, ми вважаємо, подальші дослідження повинні передбачити вивчення процесу проростання вибраних сортів насіння льону, яких не досліджували раніше, визначити їх показники та вплив сучасних тенденцій на розвиток якості хлібобулочних виробів при формуванні стратегії розвитку за умови економічної доцільності.

1.4. Технології житньо-пшеничних сортів хлібобулочних виробів

Оптимізовані технології виробництва хлібобулочних виробів повинні забезпечувати високу якість продукції, зниження витрат і втрат сировини на всіх етапах технологічного процесу, а також економію енергоресурсів. Провідне значення має оптимізація усіх процесів: рецептурний склад, підготовчі заходи, режимів замішування тіста, формування, вистоювання та випікання тістових заготовок. В умовах пекарень і підприємств громадського харчування актуальним стає вирішення проблеми забезпечення їх ефективними прискореними технологіями.

Житньо-пшеничне тісто характеризується високою в'язкістю, пластичністю, малою розтяжністю і пружністю. Це пов'язано з хлібопекарськими властивостями житнього борошна, а саме станом білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів.

Білково-протеїназний комплекс житнього борошна представлений білками, які не утворюють клейковину завдяки більшому вмісту водо- і солерозчинних фракцій, які можуть набухати в кількості 50-52% від загальної маси. Поряд з цим більша частина білків характеризуються здатністю до необмеженого набухання, пептизації і переходу у стан в'язкого розчину і є основою рідкої фази тіста. Також накопиченню водорозчинних речовин, які призводять до розрідження тіста, сприяє дія протеїназ житнього борошна внаслідок чого накопичуються продукти гідролізу білка [122].

Вуглеводно-амілазний комплекс представлений крохмалем, власними цукрами, слизями, пентозанами, клітковиною та активними β - і α -амілазами. Крохмаль житнього борошна клейстеризується за нижчих температур і за рахунок активних β - і α -амілаз забезпечує інтенсивніший процес цукроутворення в тісті порівняно з крохмалем пшеничного борошна і активною тільки β -амілази. Великий вміст власних цукрів також сприяє високій цукроутворювальній здатності і накопиченню газу у процесі бродіння тіста та вистоювання тістових заготовок. В тістоутворенні велику роль відіграють наявні слизи, які під час гідратації збільшуються майже на 800% завдяки чому проходить значне розрідження тіста [112].

Завдяки активним β - і α -амілаз у житньому борошні в житньо-пшеничному тісті більш глибоко проходить розщеплення крохмалю і накопиченню високо- та низькомолекулярних декстринів, які призводять до більшого розрідження тіста, а внаслідок липкості м'якушки виробів і довшому терміну їх зберігання. α -амілаза є термолабільною та стійкою до дії кислоти і інактивується за температури 85-97 °C залежно від рН середовища, тоді як, β -амілаза є кислотолабільна та інактивується за 70-85 °C залежно від рН середовища. Так як, α -амілаза є термолабільною і в результаті підвищення кислотності до 9-15 град знижується і температура її інактивації завдяки чому в перший період випікання менше крохмаль піддається амілолізу [113-114].

Тому для створення належних умов для тістоутворення з суміші житнього та пшеничного борошна використовуються технології, які характеризуються високим кислотонакопиченням, а саме використання густих, рідких, сухих та пастоподібних заквасок [123]. Використання заквасок призводить до накопичення кислотності в тісті на рівні 7,5-10,0 град, що забезпечує зниження активності α -амілази, більш глибокому набуханню та пептизації білків і пентозанів [124].

Технології житньо-пшеничних сортів хліба поділяють на одно- та багатозафазні з застосуванням заквасок (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Технології житньо-пшеничних сортів хліба [125]

Назва напівфабрикату	Характеристика напівфабрикату	Тривалість бродіння тіста
1	2	3
Однофазні		
На сухих або пастоподібних заквасках	Кислотність – 200-500 град Дозування – 1-4% до маси борошна	бродіння тіста – 40-90 хв
На полікомпонентних підкислювачах	Кислотність – 350-500 град Дозування – 1,5-3% до маси борошна за прискорених технологій і 0,2-0,5% до маси борошна за традиційних технологій	бродіння тіста – 40-90 хв
Багатофазні		
На густій традиційній заквасці	містить 25-33% борошна; кислотність – 13-15 град; підйомна сила закваски – 25-30 хв; вологість – 48-50 %	бродіння тіста – 1,5-2 год
На великій густій заквасці	містить 40-60 % борошна; кислотність – до 16 град; підйомна сила закваски – 15-25 хв; вологість – 48-50 %	бродіння тіста – 30-60 хв
На рідкій заквасці без заварки	в тісто з закваскою вноситься 25-35 % борошна від загальної маси; кислотність – 9-13 град; підйомна сила закваски – 25-35 хв; вологість – 68-75 %	бродіння тіста: - у разі внесення 25% борошна – 90-150 хв; - у разі внесення 35% борошна – 60-90 хв;

Продовження табл. 1.3

На рідкій заквасці з заваркою	в тісто з закваскою вноситься 15-20 % борошна від загальної маси; тривалість оцукрення житнього борошна під час заварювання у співвідношенні до води 1:2,5 – 40-90% кислотність – 9-12 град; підйомна сила закваски – 25-35 хв; вологість – 78-85%	бродіння тіста – 90-180 хв
На концентрованій молочно-кислій заквасці і дріжджах	в тісто з закваскою вноситься борошна від загальної маси: - при двофазному – 10-15%; - при трифазному – 5-10% кислотність – 18-24 град; підйомна сила закваски – 25-35 хв; вологість – 60-72%	бродіння тіста: - при двофазному – 120-180 хв; - при трифазному – 60-120 хв

Вистоювання тістових заготовок та випікання здійснюється до готовності і залежить також від маси тістової заготовки.

Приготування тіста для житньо-пшеничних сортів за традиційних технологій вимагає виробництво заквасок, яка включає в себе цикл розведення, тривалість бродіння, які залежать від виду закваски. На відміну від традиційних технологій хліб виготовлений за прискорених володіє невираженим смаком і має нижчу кислотність, але дану технологію можна використовувати на пекарнях різної потужності та закладах громадського харчування.

Фірма «Бакалдрін» (Австрія) пропонує для виробництва житньо-пшеничного хліба використовувати пастоподібну закваску БАЗ, в склад якої входять молочнокислі бактерії, молочна та оцтова кислота в кількості 4-5% до маси борошна [126].

Фірма «Lesaffre» (Франція) пропонує рідкий продукт Рітеза Темна Livendo на основі зброджененого житнього борошна, що використовується для

виробництва житньо-пшеничних та пшенично-житніх видів хлібобулочних виробів, виготовлених за прискореною технологією, з метою збільшення кислотності тіста і готових виробів, а також поліпшення смаку та аромату, кольору та структури м'якушки виробів, їх зовнішнього вигляду. Кислотність закваски – 200 град, дозування 1-4% до маси борошна [127].

Фірма «Leipugin» (Фінляндія) пропонує рідку закваску «Uniform Ferment-Sauer», яка являє собою рідкий продукт з певною кислотністю з оптимальним співвідношенням молочної та оцтової кислот. Процес трифазної ферментації закваски дозволяє отримати хлібобулочні вироби збалансовані за кислотним смаковим профілем, який подібний до самогенерованої кислоти [128].

Український виробник ЄвроПак пропонує рідку житню закваску для надання тісту необхідної кислотності за прискорених технологій та смако-ароматичних характеристик готовим виробам. Рекомендоване дозування 1-5% до маси борошна [129].

На ринку заквасок німецькими фірмами «IREKS GmbH» «Dr. Suwelack» (Німеччина) рідкі житні закваски, які складаються з води, житнє борошно грубого помелу, ферментована молочна кислота, солодовий екстракт, оцтова кислота. Рекомендоване дозування 0,5-5% до маси борошна. Додавати під час замісу тіста в борошно [130].

Для покращання якості житньо-пшеничного хліба виготовлено за прискорених технологій та прискорення технологічного процесу рекомендують здійснювати активацію дріжджів у склад якої входять 10% борошна, 4% дріжджів та води вологістю 70-75%. Вона дозріває протягом 1 год, а тісто бродить протягом 30 хв [131].

Проведений аналіз підтверджує актуальність удосконалення прискорених технологій виготовлення житньо-пшеничних сортів хліба з метою виробництва їх в умовах пекарень та закладів громадського харчування

Висновки за розділом 1

1. Проведено ґрунтовний аналіз наукових публікацій щодо сучасних

напрямків харчування, що орієнтовані на використанні значної частки в раціоні фізіологічно корисних харчових добавок. Враховуючи попит і зростання виробів із борошна, відзначена перспективність покращення їх нутрієнтного складу. Встановлено, що для вирішення поставлених задач, перевага науковців віддається у використанні рослинної сировини та продуктів її переробки. Це зумовлюють її високу біологічну цінність й надає можливість впливати на перебіг технологічних процесів, якість напівфабрикатів та готових виробів.

2. Розглянуті та проаналізовані наукові аспекти підвищення харчової цінності свідчать про шляхи розроблення якісно нових борошняних виробів оздоровчого призначення, що спрямовані на збереження і покращення здоров'я за рахунок регулюючої та нормалізуючої дії на організм людини з урахуванням фізіологічного стану і віку.

3. Огляд результатів досліджень показав актуальність розробки технології хлібобулочних виробів на основі нетрадиційної місцевої сировини з високою харчовою і біологічною цінністю. Виявлено, що рослинні ресурси України мають значні запаси льону, які здебільшого йдуть на експорт та не мають широкого використання. Доведено, що насіння льону та продукти його переробки здатні допомогти вирішити питання дефіциту мікронутрієнтів у харчових раціонах населення та запобігти проблемам, пов'язаних з ними. Проаналізовано історію, ботаніку вирощування, хімічний склад переробки насіння льону, поширених на ринку України. Відзначена перспективність використання в харчових технологіях, як доступної, регіональної сировини, що виробляється в промислових масштабах.

4. Перспективним напрямком сьогодні є удосконалення технології хлібобулочної продукції із використання продуктів переробки льону, що містить широкий спектр фізіологічно-корисних речовин в найбільш доступній та засвоюваній формі. Зважаючи на це, визнано доцільним вивчити можливість застосування пророщених сортів насіння льону в технологіях хлібобулочних виробів, що потребують наукового обґрунтування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 1.

1. Григоренко А., Солоненко І. Концепція державної політики в галузі харчування населення України. URL: http://wvww.culip.com.Ua/m/m_hlthprtct_harch_u.html. (дата звернення: 16.12.2021).
2. Гуліч М. П. Здорове харчування як фактор запобігання захворювань: Політика ВООЗ та вітчизняний досвід. 2023. URL: <https://medpers.dsma.dp.ua/issues/2023/N3/152-162.pdf> (дата звернення: 16.06.2023).
3. United Nations. United Nations World Food Programme (WFP). (2020). URL: <https://sdgs.un.org/un-system-sdg-implementation/united-nations-world-food-programme-wfp-24514>
4. Загальна теорія здоров'я та здоров'язбереження: колективна монографія (2017) / за заг. ред. проф. Ю. Д. Бойчука. Харків: Вид. Рожко С. Г. 488 с.
5. Слива Ю. В. (2021). Наукові основи концепції управління безпечністю харчових продуктів згідно з вимогами міжнародних стандартів», Товарознавчий вісник, 1(14), с. 95-105. doi:10.36910/6775-2310-5283-2021-14-10.
6. Бойко В., Бойко Л. (2022). Продовольча безпека та ризики для аграрного виробництва під час війни в Україні. Економіка та суспільство, 41. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-41-27>.
7. Смоляр В. І. (2007). Основні тенденції в харчуванні населення України. Проблеми харчування. № 4, 3.
8. Цимбаліста Н. В., Давиденко Н. В. (2008) Стан фактичного харчування населення та аліментарно обумовлена захворюваність. Проблеми харчування. № 12. С. 32-35.
9. Орлова Н. Я., Сидоренко О. В. (2006) Проблеми функціонального харчування. Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. Принципи розробки функціональних продуктів // Актуальні питання гігієни харчування та безпечності харчових продуктів. Міжнародні, європейські і національні підходи до вирішення. Київ, 61-62.
10. Roberfroid M. B. Global view on functional foods: European perspectives. British J. Nutrition. 2002. Vol. 88, No 2. P. 133-138.
11. Dodd Christine ER, Tim Grant Aldsworth and Richard A. Stein (2017). Foodborne diseases. Academic Press, 576.
12. Демченко І. (2018) Громадське здоров'я: міжнародно-правові підходи до визначення. Наукові записи Інституту законодавства Верховної Ради України. №2. С. 53-48.

13. Cliver Dean O.; Riemann Hans P. (2002). Foodborne diseases. Gulf Professional Publishing, 424.
14. Дейниченко В. Г., Юдічева О. П. (2014) Біофортифіковані харчові продукти нового покоління: значення для раціонального і безпечного харчування / Матеріали міжнар. наук-практ. конф. «Актуальні проблеми теорії та практики експертизи товарів», ПУЕТ, Полтава, 123-125. URL: <http://ukrmap.su/ukgl1/1371.html> (дата звернення: 14.08.2019).
15. Лист Міністерства охорони здоров'я України від 22.06.2021 №26-04/18273/2-21 щодо організації харчування у закладах освіти. URL: https://rogatyn-osvita.gov.ua/more_news/15-04-14-06-07-2021/ (дата звернення: 14.08.2019).
16. Босецька Н. Г., Бровенко Т. В., Перепелиця В. В. (2022) Практики здорового харчування: європейський досвід. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки», № 1. С. 12-17.
17. Бутенко Л. М., Слободянюк Н. М., Андрощук О. С. (2013). Вплив науки про харчування на технологію якісних та безпечних продуктів. Хлебопекарское и кондитерское дело. № 5. С. 24-25.
18. Корзун В. Н. (2006). Вимоги до якості харчування населення в умовах екологічного неблагополуччя. Екологічний вісник. № 6. С. 10-14.
19. Пахомська О. В. (2019). Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. Наукові праці НУХТ. № 25(2). С. 277-283.
20. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Н. В. (2016). Біологічно активні речовини в харчових технологіях. М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. К.: НУХТ, 455 с.
21. Олійник С.Г., Лисюк Г.М., Кравченко О.І., Самохвалова О.В. (2014) Технології хлібобулочних виробів із продуктами переробки зародків пшениці. Монографія. М-во освіти і науки України, ХДУХТ, Х: 108 с.
22. Краєвська С., Стеценко Н. (2017) Аналіз біохімічного складу сировини при створенні батончиків для людей з глютенною ентеропатією. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», 11-12 жовтня. Тернопіль, С. 136-137.
23. Державна служба статистики України. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України. Київ. 2016. 54 с.

24. Товстановська Т. Г., Полякова, І. О. (2007). Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*, (1), 156-157.
25. Шкурко М. Україна втрачає експортні позиції на світовому ринку льону. (2019) URL: <http://agroportal.ua/ua/news/eksklyuzivny/ukrainaiteryaet-eksportnye-pozitsii-namirovom-rynke-lna/#>.
26. Експорт олійного льону з України впав до 5-річного мінімуму. (2019). URL: <http://www.fhdau.org.ua/pro-lon/eksport-oliynogo-lonu-z-ukrayini-vrav-do-5-richnogo-minimumu>.
27. Bernacchia R. (2014) Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*. № 2(8). P. 29.
28. El-Beltagi H. S. (2007) Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary meta-bolites in seeds of different flax cultivars (*Linum Usitatissimum* L.). *General Applied Plant Physiology*. № 33, 16.
29. Bernacchia R., Preti R., Vinci G. (2014) Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*. №2 (8). P. 2-9.
30. Awatif S., Elozeiri A. Metabolic processes during seed germination. In: Jimenes-Lopez JC (ed.) *Advances in Seed Biology*. UK: IntechOpen; 2017. P. 141-166. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70653>.
31. Rajiv J., Indrani D., Prabhasankar P. et al. Heology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *J Food Sci Technol*. 2012. Vol. 49. P.587-593.
32. Villaño D., Gironés-Vilapana A., García-Viguera C., Moreno D. A. Chapter 12 – Development of functional foods, Editor(s): Charis M. Galanakis, *Innovation Strategies in the Food Industry (Second Edition)*, Academic Press, 2022, P. 193-207. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85203-6.00017-7>.
33. Kaur M., Singh V., Kaur R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2017. Vol. 9. P. 14-20. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2016.12.002>.
34. Дробот В. І., Іржевська О. П., Бондаренко Ю. В. Шрот насіння льону в технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2016. № 10(3). С. 76-81.

35. Eussen S. R. B. M., Verhagen H., Klungel O. H., Garssen J. van Loveren H. Functional foods and dietary supplements: products at the interface between pharma and nutrition. *European journal of pharmacology*. 2011(668). С. 2-9.
36. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. К.: ЦУЛ, 2009. 544 с. ISBN 978-966-364-803-3.
37. NinaUrala, Liisa Lähteenmäki. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Quality and Preference*. Volume 15, Issues 7-8, October-December 2004, Pages 793-803. Режим доступу: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-bakery-products-market> (дата звернення: 16.06.2023).
38. Капрельянц Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса, ОНАХТ. 2003. 312 с.
39. Лисюк Г. М., Олійник С. Г., Кравченко О. І. Технологія пшеничного хліба збагаченого вітамінами. Прогресивні технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Полтава, 2009. С. 62-64.
40. Сильчук Т. А., Кулініч В. І., Цирульнікова В. В., Паливода С. П. Хлібопекарські поліпшувачі для виробництва хліба із суміші житнього та пшеничного борошна. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2013. №12(109). С.8-9.
41. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Гмиря І. В., Буцик Н. А. (2018). Використання подрібненого насіння льону у виробництві хлібобулочних виробів. *Харчова промисловість*. №24. С. 33-39.
42. Стеценко Н. О. Вплив процесу пророщування насіння льону на його біохімічний склад / Н. О. Стеценко, С. П. Краєвська // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: матеріали IV Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 8 вересня 2015 р., м. Київ. К.: НУХТ, 2015. С. 77-78.
43. Лисюк, Г., Фоміна І., Шидакова-Каменюка О. Підвищують вміст білків і зменшують вуглеводів шляхом додання до хлібобулочних виробів ядра насіння соняшника. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2008. № 6. С. 40-41.
44. Дробот В. І., Басок Б. І., Ободович М. О., Семенко О. Ю. Спосіб активації пресованих хлібопекарських дріжджів: Пат. 54219 Україна, МПК С 12 N 1/18; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій (Україна). № 2002064865; заявл. 13.08.2002; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. 8 с.

45. Koistinen Ville M., et al. Metabolic profiling of sourdough fermented wheat and rye bread. *Scientific reports*, 2018, 8.1: 5684.
46. Paligundla P., Lim S. A review of extraction techniques and food applications of flaxseed mucilage. *Foods*. 2022. Vol. 11(12). 1677. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11121677>
https://www.researchgate.net/publication/361211144_A_Review_of_Extraction_Techniques_and_Food_Applications_of_Flaxseed_Mucilage, (дата звернення: 16.07.2022).
47. Wieser H. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.* 2007. Vol. 24(2). P. 115-129. doi: 10.1016/j.fm.2006.07.004. Epub 2006 Sep 7. PMID: 17008153.
48. Дробот В. І., Іжевська О. П. Використання борошна льону для надання хлібу оздоровчих властивостей. Зберігання та переробка зерна. 2017. № 1 (209). С. 47-49.
49. Боднарєнко Ю. В., Білик О. А., Борщова О. А. Використання насіння льону золотого у виробництві органічних хлібних паличок спеціального призначення. *Modern scientific resefrches*. 2020. Issue 11. P. 58-63.164-166.
50. Bondarenko Yo., Mykhonik L., Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Andronovich G., Hetman I. Study of the influence of buckwheat flour and flax seeds on consumption properties of long-stored bakery products. *EUREKA: Life Sciences*. 2019. №4. С. 9-18. DOI 10.21303/2504-5695.2019.00973.
51. Outi E. Mäkinen, Elke K. Arendt. Oat malt as a baking ingredient – A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties / *Journal of Cereal Science*, Volume 56, Issue 3, 2012, Pages 747-753, ISSN 0733-5210, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.08.009>.
52. Wilmonth, J. M. *Gerontology: perspectives and issues [Text]* / J. M. Wilmonth, F. F. Kennet – NY: Springer Publishing Company. 2013. 350 p.
53. Кирпичєнкова О., Оболкіна В. Технології здобного печива з застосуванням морквяного пектиновмісного пюре. Нові ідеї в харчовій науці, нові продукти в харчовій промисловості: матеріали міжнар. наук. конф., 13-17 жовт. 2014. Київ: НУХТ. С. 72.
54. Сімахіна Г., Науменко Н. Інновації у харчових технологіях. Товари і ринки. 2015. № 1. С. 189-201.

55. Сташевський С. В., Стадник І. Я. Розроблення рецептури і приготування рідкої опари з використанням соку червоного буряка. Матеріали І Міжнар. наук. конф. «Інформаційні технології: теоретичні та прикладні проблеми ІТТАР». 16-18 лист., 2021. м. Тернопіль: ТНТУ. С.45-48.
56. Смоляр В. І. Фізіологія та гігієна харчування. Київ: Здоров'я, 2000. 336 с.
57. Joint FAO/WHO ab hoc expert committee. Energy and Protein Requirements. WHO Techn. Rep. Ser. N 522. WHO. FAO. Roma. 1973.
58. Energy and Protein Requirements. Report of a joint FAO/W/UNU Expert Consultation. WHO, Geneva. 1985.
59. Правила організації і ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах [Текст] - М.: Харчова промисловість, 1999. 216 с.
60. Козак В. М. Удосконалення технології і розширення асортименту цукрового печива з використанням вторинних продуктів харчової промисловості: Дис. ... канд. техн. наук / Одеська національна академія харчових технологій. О., 2009. 204 с.
61. Дослідження якості суміші пшеничного та горохового борошна та змін при зберіганні / О. І. Шаповаленко, Г. І. Скорікова, Л. В. Польовик, Є. І. Харченко // *Хранение и переработка зерна*. 2009. №4. С. 49-50.
62. Бортнічук О. В. Удосконалення технології хлібобулочних виробів геродієтичного призначення. Київ, НУХТ, 2018 р. 178 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/28182/1/Bortnichuk.pdf>
63. Хомич Г. П., Наконечна Ю. Г., & Олійник Л. Б. (2022). Використання хеномелесу як джерела органічних кислот у виробництві харчових продуктів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*, (1), 35-41. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2021-1-6>.
64. Önenç, A., Serdaroglu, M., Abdraimov, K. Effect of various additives to marinating baths on some properties of cattle meat. *European Food Research and Technology*. 2004. № 218 (2). P. 114–117. URL: <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0828-7>.

65. Бондар Н. Л. Дослідження технологічних властивостей харчового люпину і розробка способів використання його у хлібопекарській промисловості. Київ, НУХТ, 2006. 148 с. <https://docplayer.net/235715661-Nacionalniy-universitet-harchovih-tehnologiy-bondar-nataliya-petrivna-udk.html>
66. Лисюк, Г., Фоміна І., Шидакова-Каменюка О. Підвищують вміст білків і зменшують вуглеводів шляхом додання до хлібобулочних виробів ядра насіння соняшника. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2008. № 6. С. 40-41.
67. Іоргачова Є. Г., Пшенішнюк О. В., Макарова О. В. Хлібопекарські властивості борошняних композитних сумішей. Зернові продукти і комбікорма. 2005. № 1. С. 25-29.
68. Грищенко А. М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини. Київ, НУХТ, 2011. 20с. <https://dspace.nuft.edu.ua/items/e72a5a11-3469-4719-b921-55e492daf73e>
69. Любич В. В., Железна В. В., Стратуца Я. С. (2022). Перспективи використання тритикале в хлібопекарській промисловості. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (3), 133-143. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.15>.
70. Дробот В. І., Іжевська О. П. Використання борошна льону для надання хлібу оздоровчих властивостей. Зберігання та переробка зерна. 2017. № 1 (209). С. 47-49.
71. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. Зернові продукти і комбікорми. 2015. № 1 (57). С. 42-45.
72. Stetsenko N., Kraevska S. Characteristics of the mucus polysaccharides complex extracted from flax seeds. Scientific journal «ΛΟΓΟΣ. The art of scientific mind». 2018. Vol. 1. P. 165-167.
73. US Department of Agriculture. Agricultural research service. [Internet]. USDA national nutrient database for standard reference. Flaxseed, ground (SR Legacy, 2512375). <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2512375/nutrients>.
74. Мінарченко В. М., Махиня Л. М., Серета І. П. Медична ботаніка. Київ: Медицина. 2009. 328 с.
75. US Department of Agriculture. Agricultural research service. [Internet]. USDA national nutrient database for standard reference. Flaxseed, ground (SR Legacy, 2262075). <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2262075/nutrients>.

76. Kaprelyants L., Pozhitkova L., Buzhylov M. Application of co-bioprocessing techniques (enzymatic hydrolysis and fermentation) for improving the nutritional value of wheat bran as food functional ingredients. *Eurika: Life Sciences*. 2019, №. 5. С. 31-45.
78. Рудавська Г. Б., Тищенко Є. В., Притульська Н. В. Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення. Київ: КНТЕУ. 2002. 370 с.
79. Юдина С. Б. *Технологія продуктів функціонального питания*. М.: ДеЛи принт, 2008. 280 с.
80. Pappalardo G., Lusk J.L. The role of beliefs in purchasing process of functional food. *Food Quality and Preference*, 2016(53). P. 151-158. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.06.009>.
81. Пешук Л. В., Носенко Н. Н. *Біохімія та технологія оліє-жирової сировини*. Київ: Центр учбової літератури. 2011. 296 с.
82. Дробот В. І., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Використання урбечу з насіння льону у виробництві пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2017. С.211-219.
83. Антонюк І. Ю. Харчова та біологічна цінність булочних виробів із добавками мікронізованих зерен пшениці, проса й насіння льону. *Громадське харчування і туристична індустрія у ринкових умовах*. Зб. наук. пр. Київ: КНТЕУ. 2001. С 142-147.
84. Rubilar M., Gutierrez C., Verdugo M., Shene C. Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of soil science and plant nutrition*. 2010, № 3. P. 373-377.
85. Сильчук Т. А. *Наукове обґрунтування та розроблення прискорених технологій хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами*. 2018. 39 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/28459/1/Avtoreferat Sylchuk.pdf>
86. T. Sylchuk, O. Bilyk, V. Kovbasa, V. Zuiko. Investigation of the effect of multicomponent acidulants on the preservation of freshness and aroma of rye-wheat bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. №5 (11). P. 4-9.
87. Сильчук Т. А., Дробот В. І. Дослідження біотехнологічних властивостей тістових напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, № 1. С. 210-215. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht_2017_23_1_26.

88. Сильчук Т. А. Шулак М. Я. Розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого призначення. Научный взгляд в будущее. 2017. Вып. 6. С. 69-75.
89. Краєвська С. П., Король О. Ю., Стеценко Н. О. Застосування насіння луб'яних культур у технологіях безглютенових кондитерських виробів. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Київ: НУБІП, 2018. № 3. С.195-196.
90. Бондаренко Ю. В., Ющенко Г. П., Іжевська О. П. Використання шроту з насіння льону для збагачення пшеничного хліба. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність». 14 трав. 2015. Харків: ХДУХТ. № 1. С. 58-59.
91. Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М. Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних виробів. Наукові праці НУХТ. 2020. № 26(4). С.178-189.
92. Дробот В. И., Михоник Л. А., Грищенко А. Д. Продукты функционального назначения. Мир продуктов, 2009, № 9. С. 6-8.
93. Борисенко О. В., Доценко В. Ф. Теоретичні та практичні аспекти використання тонкодиспергованих концентратів харчових волокон у технології житньо- пшеничного хліба. Наукові праці НУХТ. 2008, № 25. С. 115-119.
94. Gębski, J., Jezewska-Zychowicz, M., Szlachciuk, J., & Sosicka- Gębski, M. Impact of nutritional claims on consumer preferences for bread with varied fibre and salt content. Food Quality and Preference. 2019. Vol. 76. P. 91-99.
95. De Boni A., Pasqualone A., Roma R., & Acciani C. Traditions, health and environment as bread purchase drivers: A choice experiment on high-quality artisanal Italian bread. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 221. P. 249-260.
96. В. І. Дробот, О. П. Іжевська, Ю. В. Бондаренко. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. Зернові продукти і комбікорми. 2015. № 1 (57). С. 42-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/2313-478x.57/2015.39738>
97. Bondarenko Yu., Mykhonik L., Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Andronovich G., Hetman I. The use of golden flax seeds and oats sourbread in the production of wheat bread. Eastern – European journal of enterprise technologies. 2019. Vol. 4(11-100). P.46-55.

98. Toure A., Xueming X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. Institute of Food Technologists. 2010. №9(3). P. 261—269. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x>.
99. Козлова С. Г., Лисюк Г. М., Самохвалова О. В., Гвоздяк Р. І., Воцелко С. К. Спосіб виробництва дріжджового тіста: Пат. 35433 Україна, МПК А 21 D 8/00, 8/02; заявник та патентовласник Харківська державна академія технологій та організації харчування (Україна). № 99105595; заявл. 13.10.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2. 3 с.
100. Карпутіна Н. В., Домарецький В. А., Романова З. М. Сучасні способи розведення чистої культури пивоварних дріжджів. Харчова промисловість. 2012. № 13. С. 10-14.
101. Лебедєва Т. Є., Кананахіна О. М., Соеолова Н. Ю. Хмелевий екстракт як активатор ферментних комплексів пресованих дріжджів. Хранение и переработка зерна. 2013. №11(176). С. 48-52.
102. Пашенко Л. П. Біотехнологічні основи виробництва хлібобулочних виробів. М.: Колос. 2002. 368с.
103. Munoz A. J., Wanichthanarak K., Meza E., Petranovic D. Systems biology of yeast cell death. FEMS Yeast Research. Vol. 12. Issue 2. P. 249-265. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2011.00781>.
104. Ganorkar. P. M., Jain R. K. Flaxseed — a nutritional punch. International Food Research Journal. 2013. № 20(2). P. 519-525.
105. Зубцов В., Миневич И., Цыганова Т. *Liniumusitatissimum* – самый полезный. Хлебопродукты. 2009, №6. С.64-65.
106. Ященко В. С. Перебіг основних процесів у тісті з білковими збагачувачами в умовах підвищеного тиску / В. С. Ященко, Л. Ю. Арсеньєва, С. В. Іванов // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2013. №9 (106). С. 6-9.
107. Toure A., Xueming X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. Institute of Food Technologists. 2010. №9(3). P. 261-269. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x>.
108. Рудік О. Л. Агроєкологічне обґрунтування і розробка базисних елементів технології вирощування льону олійного подвійного використання в умовах півдня України. Автореферат дис. на здобуття наук. ступ. док. с/г наук. Херсон. 2019. 40 с.

109. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник Київ. 2002. 365 с.
110. Самохвалова О. В., Кучерук З. І., Олійник С. Г. та ін. Харчові технології. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчо-концентратів: навч. посібник. Харків. 2019. 284 с.
111. Зуйко В. І. Удосконалення технології житньо-пшеничного хліба для закладів ресторанного господарства. Київ, НУХТ, 2017. 133 с.
112. Bushuk, W. / Rye production and uses worldwide / Bushuk, W. // *Cereal. Chem.* 2001 №46(2) P. 70-73.
113. Poutanen, K. Rye Bread: Added value in the Worlds Bread Basket / Poutanen, K. // *Cereal.Foods World/*. 1997 №4 P. 1410-1419.
114. Bushuk, W. / Rye: Production, Chemistry, and Technology: book / Bushuk, W. 2-nd Edition. American Association of Cereal Chemists, 2001 239 p.
115. Дробот В. І. Продукты функционального назначения / В. І. Дробот, Л. А. Михоник, А. Н. Грищенко // *Мир продуктов*. 2009 №9. С. 6-8.
116. Kraievska S. P., Stetsenko N. O., Korol O. Y. Comparing between the amino acid composition of flax seeds before and after germination. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. Vol. 1. P. 253-257.
117. Краєвська С. П., Стеценко Н. О. Порівняльний аналіз біохімічного складу деяких сортів насіння льону до та після пророщування. Матеріали IV міжнар. наук.-прак. конф. Полтавського національно-технічного університету. Полтава. 2015. С. 223-225.
118. Краєвська С. П., Стеценко Н. О. Зміни жирнокислотного складу насіння льону при зберіганні і пророщуванні. *Харчова промисловість*. 2017. №21. С. 46-52.
119. Wanasundara P. K. J. P. D., Shahidi F., Brosnan M. E. Changes in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed nitrogenous compounds during germination. *Food Chemistry*. 1999. Vol. 65. P. 289-295.
120. Evrim Özkaynak K., Gülden O. The effect of germination time on moisture, total fat content and fatty acid composition of flaxseed sprouts. *The Journal of FOOD*. 2015. Vol. 40 (5). P. 249-254.
121. Priyanka Kajla, Alka Sharma and Dev Raj Sood. Effect of germination on proximate principles, minerals and anti nutrients of flaxseeds. *Asian J. Dairy & Food Res*. 2017. V. 36 (1). P. 52-57.

122. Thomson, D. R. State of art: Bakery fermentation. *Bakers Digest*. 1982. № 3 V.56. P. 46.
123. Білик, О. А., Халікова, Е. Ф., Бондар, В. І. Вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість К+» на тривалість зберігання хлібобулочних виробів. *Збірник наукових праць «Продовольчі ресурси»*. 2014. № 3. С. 47-55.
124. Пшенишнюк Г. Ф., Демченко А. Б., Ковпак Ю. С. Покращення якості житньо-пшеничних виробів на житніх заквасках спонтанного бродіння. *Харчова наука і технологія*. 2012. No 1 (18). С. 82-86.
125. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва: навч. посіб. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Проф.Книга, 2019. 560 с.
126. URL: <https://backaldrin.com.ua/category/products/zakvas/>.
127. URL: <https://lesaffre.ua/products/ridkij-napivfabrikat-dlya-virobnitstva-hliba-riteza-temna-livendo/>.
128. URL: <https://agro-ukraine.com/ru/trade/m-786749/zhidkaya-zakvaska-ferment-sauer-200/>.
129. URL: <https://europek.com.ua/menu/for-bread/sourdoughs-and-malt/ridka-zhytnia-zakvaska/>.
130. URL: <https://arianta.com.ua/product-category/polipshuvachi-ta-sumishi/zakvasky-dlya-hliba/>.
131. Дробот В.І. Технологія хлібопекарських виробництв: навчальний посібник / В.І. Дробот - К.: Логос, 2002. - 365 с.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, ПРЕДМЕТИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Даний розділ присвячено плану аналітичних та експериментальних досліджень при розробці технології житньо-пшеничного хліба “Здравиця” з ПНЛ. Підібрані методики для визначення хімічного складу та показників якості сировини, напівфабрикатів, готової продукції. Експериментальна частина виконувалась в науково-дослідних лабораторіях та установах:

- кафедри технології і організації ресторанного господарства ДТЕУ (Київ);
- Національної академії аграрних наук України (Київ);
- Інституті біохімії імені О.В. Палладіна НАН України (Київ);
- ТОВ “Агрофірма Київська” (Київська обл.).

Удосконалена технологія випробувана у виробничих умовах харчової лабораторії, що підпорядковується Київському професійному технологічному коледжі, м. Київ. Виробничі випробування проводили в умовах виробничих цехів ТОВ «Пекарня Піщанська» та на Мурованокуриловецькому хлібозаводі кооперативної промисловості у смт. Муровані Курилівці, Мурованокуриловецького району Вінницької області.

2.1. Об'єкти і предмети дослідження

Відповідно до поставленої мети розроблена структурна схема проведення наукових досліджень (рис. 2.1). Наведена схема розкриває зміст основних етапів дисертаційної роботи. Виконання теоретичних і експериментальних досліджень полягає у системному підході, адже технологія житньо-пшеничного хліба з ПНЛ є складним багатоетапним процесом. Етапи роботи спрямовано на наукове обґрунтування механізму пророщування насіння льону, дослідження його жирнокислотного, амінокислотного складу, накопичення вітаміну С та токоферолів; з подальшим використанням ПНЛ у технології житньо-пшеничного хліба, (рис. 2.1). Аналітичний огляд літературних джерел подано в розділі 1, власні експериментальні дослідження подано у розділах 3-6.



Рисунок 2.1 - Структурна схема наукових досліджень технології житньо-пшеничного хліба “Здравиця” з ПНЛ

Дослідження насіння льону спрямовані на визначення хімічного складу, технологічних властивостей різних сортів «Вручий», «Евріка», «Оригінал», «Блакитно-Помаранчевий», а також параметрів біоактивації та режимів внесення у тістові системи. Комплекс організаційно-технологічних заходів використання ПНЛ подано на рис. 2.1.

Під час виконання наукової роботи використовували пшеничне борошно першого сорту згідно з ГСТУ 46.004-99. Борошно пшеничне. Технічні умови [1] та житнє обдирне згідно з ДСТУ 8791:2018 [2] з середніми хлібопекарськими властивостями (табл. 2.1.).

Таблиця 2.1 – Характеристика властивостей партій борошна, що використовувалися під час досліджень

Показники	Партії борошна					
	Пшеничне першого сорту			Житнє обдирне		
	1	2	3	4	5	6
Масова частка вологи, %	13,2	13,6	13,4	13,2	13,2	13,6
Автолітична активність борошна, % на СР	29,2	29,5	29,1	45,1	46,2	47,0
Кислотність, град	2,6	2,5	2,8	3,2	3,6	3,4
Кількість та якість клейковини						
Кількість сирої клейковини, %	26,7	27,5	28,2	-	-	-
Пружність, ВДК-2, од.пр	62	74	78	-	-	-
Розтяжність, см	13,5	15,0	16,0	-	-	-

Також у дослідженнях використовувалася сировина:

- насіння льону олійного сортів «Вручий», «Евріка», «Оригінал», «Блакитно-помаранчевий», що вирощені у Київській області, згідно з ДСТУ 4967:2008 [3];

- цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4326:2006 Цукор білий. Технічні умови [4];

- сіль поварена харчова за ДСТУ 3583-2023 [5];

- вода питна за ДСТУ 7525:2014 [6];
- олія соняшникова за ДСТУ 4492:2005 [7];
- дріжджі хлібопекарські пресовані ДСТУ 4812:2007 [8];
- закваски-підкислювачі згідно гігієнічного висновку Державної санітарно-гігієнічної експертизи.

Хімічний склад основної сировини, що використовувалася в дослідженнях наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Хімічний склад борошна пшеничного вищого гатунку, житнього обдирного, насіння льону, пресованих дріжджів та солі [9, 10, 11]

Складові	Борошно пшеничне першого гатунку	Борошно житнє обдирне	Насіння льону	Пресовані дріжджі	Сіль
1	2	3	4	5	6
Вода, г	9.4	11.1	6.8	65	0.2
Енергія, ккал	370	359	545	138	-
Білок, г	11.6	8.4	18	12.5	-
Жири, г	2.73	1.91	37.3	0.4	-
Зола, г	1.56	1.4	3.52	7.6	-
Харчові волокна, г	10.6	13.7	23.1	-	-
Кальцій, мг	15	32	230	27	485
Залізо, мг	1.17	2.54	5.78	3.1	10
Магній, мг	22	95.4	372	64	97
Фосфор, мг	108	280	556	385	-
Калій, мг	107	434	793	560	15
Натрій, мг	2	22.5	37	19	3741
Цинк, мг	0.7	2.33	4.74	-	-
Купрум, мг	0.144	0.338	1.34	-	-
Манган, мг	0.682	2.13	2.4	-	-

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
Селен, мг	33.9	-	136	-	-
Віт. В1, мг	0.12	0.216	0.537	0.6	-
Віт. В2, мг	0.04	1.16	3.76	0.68	-
Віт. В6, мг	0.04	0.164	0.393	-	-
Віт. В9, мг	26	-	41	-	-
Віт. Е, мг	0.06	-	<0.001	-	-
Віт. К, мг	0.3	-	3.7		

Предметом досліджень насіння льону, пророщене насіння льону, фізико-хімічні та біохімічні процеси, показники якості напівфабрикатів і готових виробів.

Рецептура визначає не лише харчову та біологічну цінність готових виробів, але й перебіг процесів, що проходять на стадіях формування якості напівфабрикатів та готових виробів. Таким чином, розробка і використання сучасних методів на перехресті біохімії, колоїдної хімії, фізичної хімії дозволяє отримати нову інформацію про фізико-хімічні і структурно-функціональні властивості напівфабрикатів й готової продукції.

Тістоприготування проводили в лабораторних умовах за прискореним способом. Уніфіковану рецептуру житньо-пшеничного хліба “Рось” для контрольного зразка наведено в табл. 2.3 [12].

Таблиця 2.3 – Рецептuru контрольного зразка житньо-пшеничного хліба

Сировина, кг	Хліб «Рось»
1	2
Борошно житнє обдирне	20,0
Борошно пшеничне першого сорту	80,0

Продовження табл. 2.3

1	2
Поліпшувач	1,0
Дріжджі пресовані хлібопекарські	2,0
Сіль кухонна харчова	2,0
Цукор білий	1,2
Олія соняшникова	0,7
Закваска-підкислювач	0,5
Всього	107,4
Органолептичні показники якості хліба	
Зовнішній вигляд: формових	відповідає формі, в якій випікали, без бокових впливів
Поверхня	відповідає житньо-пшеничному виробу, без забруднень, гладка, без тріщин і підривів з насіннями льону, з оздобленням або без; для упакованих – незначну зморшкуватість; для нарізаних – зі слідами розрізів.
Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого, без підгорілості
Стан м'якушки	Пропечена, без слідів непромісу; з незначною липкістю; дещо ущільнена з включенням насіння льону.
Смак	Властивий цьому виду виробів, без стороннього присмаку з приємним горіховим присмаком
Запах	Властивий цьому виду виробів, без стороннього запаху
Фізико-хімічні показники якості хліба	
Вологість, %, не більше ніж	47,5
Кислотність, град, не більше ніж	8,0
Пористість, %, не менше ніж	46,0

Для дослідження показників технологічного процесу, біохімічних, мікробіологічних змін у тісті, якості готових хлібобулочних виробів проводили лабораторні випікання. Сипкі компоненти попередньо змішували; дріжджі, цукор і сіль розводили у воді температурою 32...35 °С. Тісто замішували з розрахунковою вологістю 47 % у тістомісильній машині періодичної дії Kenwood: у діжу вносили активовані дріжджі (у дослідний зразок), воду, житню заварку, сольовий розчин, суспензію дріжджів та решту компонентів за рецептурою та замішували протягом 15 хв.

Тісто дозріває до готовності, збільшення об'єму в 1,5...2 рази та кислотністю. Дозріле тісто подавали для формування у квадратні форми. Сформовані тістові заготовки укладають на листи, які направляли у шафу для вистоювання до готовності за температури 28...30 °С і відносній вологості 75...85 % становить 60...70 хв. Вистояні тістові заготовки випікали за температури 200-220 °С, 60...75 хв залежно від маси виробів для різних досліджень.

2.2. Методи і методики досліджень

Відбір проб та виділення середньої проби проводили згідно з ДСТУ 8841:2019 [13] та ДСТУ ISO 13690–23 [14].

Дослідження якості сировини

Пшеничне борошно першого сорту та житнє обдирне оцінювали за такими показниками: масова частка вологи, кислотність, масова частка клейковини та її якість ДСТУ ISO 21415-1:2009 [15], автолітичну активність ДСТУ ISO 3093:2009 [16]. Якість пресованих дріжджів оцінювали за органолептичними показниками (колір, смак, консистенція) і фізико-хімічними за ДСТУ 4812:2007 [8].

Визначення вологості та масової частки олії у насінні льону різних сортів проводили стандартними методами, результати у таблиці 2.4. Жирні кислоти були визначені як метилові ефіри жирних кислот за допомогою методу газової хроматографії [17]. Процес екстракції проводили наступним чином: до 7 г

перемеленого насіння льону додали 3 мл води та 30 мл розчину хлороформ-метанолу (1:2), суміш гомогенізували у гомогенізаторі (ємність 60 мл) протягом 2 хв при температурі 20 °С. Гомогенат центрифугували, супернатант декантирували і залишок реекстрагували розчином 38 мл хлороформ-метанол-вода (1:2:0,8) в гомогенізаторі протягом 2 хв. Оболонки відділили центрифугуванням, об'єднані супернатанти розбавили хлороформом (20 мл) та водою (20 мл). Водно-метанольну та хлороформну фазу розділили центрифугуванням. Нижній хлороформний шар концентрували на роторному випарювачі при 35 °С (щоб видалити залишки води, додали бензол та упарювали його у вакуумі). Залишок розчинили в 10 мл хлороформа.

Таблиця 2.4 - Олійність та вологість насіння льону різних сортів

Сорт насіння	Вологість, %	Олійність, %	Олійність, % на СР
Льон довгунець «Вручий»	8,6 ± 0,04	33,82 ± 0,15	37,00 ± 0,15
Льон олійний «Оригінал»	8,7 ± 0,02	38,75 ± 0,16	42,44 ± 0,16
Льон олійний «Блакитно-помаранчевий»	7,6 ± 0,01	43,66 ± 0,18	47,25 ± 0,18
Льон олійний «Еврика»	7,7 ± 0,03	40,77 ± 0,02	44,17 ± 0,02

Омилення жирів проводили за такою методикою: в круглодонну колбу на 100 мл вносили 10 г жиру, 3,9 г КОН гранульованого та 50 мл 96% етилового спирту. Протягом 2,5 годин суміш обережно нагрівали зі зворотним холодильником в атмосфері інертного газу (аргон, гелій), періодично стряхуючи колбу. Далі суміш охолоджували, розбавляли дистильованою водою (1:1), потім нейтралізували 10% H₂SO₄ до рН 7 і далі підкисляли до рН 2. Суміш тричі екстрагували в ділильній воронці на 150 мл етиловим ефіром у співвідношенні 1:0,5. Об'єднані ефірні витяжки двічі промили дистильованою водою, далі сушили безводним сульфатом натрію. Отримали прозорі розчини,

які профільтрували через скляний фільтр Шотта, двічі промиваючи Na_2SO_4 етиловим ефіром.

Отримання метилових ефірів жирних кислот: Аліквоту неомиленого залишку жиру розчинили в бензолі (0,5мл), помістили в скляну ампулу, в яку додали 2 мл 3М HCl у метанолі. Ампулу запаяли на газовій горілці та кип'ятили на водяній бані 50 хв. Далі ампулу відкрили, вміст ампули розчинили водою 1:1 та екстрагували 3 рази перегнаним безводним гексаном. Гексанові витяжки промили дистильованою водою та сушили безводним Na_2SO_4 . Сухі екстракти упарювали на роторному випарювачу, отримали метилові ефіри жирних кислот. Метилові ефіри жирних кислот розчинили у бензолі та нанесли на скляні пластинки. Пластинки помістили в камеру з розчинником (бензолом) та розігнали (45хв). Зону очищених метилових ефірів зняли зі скла та проекстагували гексаном на фільтрі Шотта. Гексан упарили на роторному випарювачу, таким чином отримали хроматографічно чисті метилові ефіри жирних кислот (МЕЖК). МЕЖК розчинили в гексані та хроматографували на хроматографі HRGC 5300 (Італія) на скляній набивній колонці 3,5 м, заповненій ChromosorbW\HP з нанесеною 10 % рідинною фазою Silar 5CP при програмованій температурі 140-250 °C з наростанням 2 /хв.

Ідентифікацію індивідуальних жирних кислот проводили за допомогою стандартів фірми Sigma, Serva. Вміст індивідуальних жирних кислот виражали у відсотках від загальної суми. Вміст та фракційний склад токоферолів олії насіння льону визначали методом іонообмінної хроматографії [18].

Амінокислотний склад досліджених зразків визначали методом іонообмінної хроматографії [18]. Вміст амінокислот після гідролізу з 6 М HCl (для визначення триптофану застосовується лужний гідроліз) визначали за допомогою автоматичного аналізатора АА (ААА Т339, Прага, Чехія). Для того, щоб розрахувати кількість амінокислот у досліджуваному зразку, попередньо до автоматичного аналізатора амінокислот вносили стандартну суміш амінокислот із відомою концентрацією кожної амінокислоти. Амінокислотна композиція виражається у відсотках від загального білка.

Оцінка засвоюваності незамінних амінокислот DIAAS (The digestible indispensable amino acid score – укр. амінокислотне число незамінних амінокислот з урахуванням їх засвоюваності score) є рекомендованим методом оцінки якості білка для регуляторних цілей [19]. Оцінку засвоюваності незамінних амінокислот (DIAAS) розраховували за допомогою формули:

$$\text{DIAAS} = (\text{НАК пр}/\text{НАК ст}) * \text{SID} \quad (2.1)$$

де *SID* (standardized ileal amino acid digestibility) - стандартизоване значення перетравлення незамінної амінокислоти продукту, визначається наприкінці тонкої кишки;

НАК пр. – вміст незамінної амінокислоти в продукті;

НАК ст. – потреба у незамінній амінокислоті для різних вікових груп згідно рекомендацій ФАО / ВООЗ (відповідно до табл. 2.5).

Таблиця 2.5 - Рекомендований вміст амінокислот у білку для різних вікових груп (мг/г)

	His	Ile	Leu	Lys	SAA	AAA	Thr	Trp	Val
Немовлята	21	55	96	69	33	94	44	17	55
Діти (6 міс. - 3 роки)	20	32	66	57	27	52	31	8,5	43
Старші діти, підлітки, дорослі	16	30	61	48	23	41	25	6,6	40

* His – гістидин, Ile – ізолейцин, Leu – лейцин, Lys – лізин, Thr – треонін, Trp – триптофан, Val – валін, SAA - сульфоровмісні амінокислоти; AAA - ароматичні амінокислоти.

Визначення вітаміну С проводили методом високоефективної рідинної хроматографії. Хроматографічний аналіз [20, 21] вітаміну С та Е визначено на високоефективному рідинному хроматографі UltiMate 3000 (Німеччина), Dionex, з фотодіономатречним детектором, на хроматографічній колонці Acclaim 120, C18 (Dionex).

Для визначення водопоглинальної здатності у зважену центрифугувальну пробірку вносили 3 г досліджуваного продукту та 15 мл дистильованої води протягом 1 хв перемішували в лабораторному змішувачі за частоти обертання

робочих органів 50 об/ с, після цього суспензію залишали в термостаті за температури 30, 60 і 90 °С на 20 хв. Потім суспензію центрифугували за 4000 об/60 с протягом 5 хв. Фугат зливали, визначали його масу Φ , вміст у ньому сухих речовин. Розраховували ВПЗ продукту, % СР, за формулою:

$$\text{ВПЗ} = \frac{B - (\Phi - m)}{100M / (100 - W) - m} * 100 \quad (2.2)$$

де B – кількість води, яку вливали до центрифугувальної пробірки, г;

m – кількість сухих речовин у фугаті, г (визначали за формулою

$$m = \Phi * \frac{\text{СР}^\Phi}{100};$$

M – наважка продукту, що вносили у центрифугальну пробірку, г;

Φ – маса фугату, г;

W – масова частка вологи у продукті, %;

СР^Φ – суха речовина в наважці, взятій для визначення, г.

Методи визначення якості напівфабрикатів

Розробку рецептури та технологію житньо-пшеничного хліба з ПНЛ здійснювали відповідно до ДСТУ 3946:2018 Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Настанови щодо розроблення і поставлення на виробництво нових та новітніх харчових продуктів [22].

Масу інгредієнтів, тіста і готових напівфабрикатів встановлювали зважуванням на вагах лабораторних з точністю до 0,01 г.

Під час органолептичної оцінки напівфабрикату розглядали усе замішене тісто. Проводили оцінку поверхні (випукла, плоска або така, що осіла, завітрена, у темній сітці), ступінь підйому і розпушеності, консистенцію (нормальна, слабка, туга), проміс, ступінь сухості (сухі, вологі, такі, що мажуться, липкі, слизькі), структуру, колір, запах, смак. Дозріле тісто повинно мати випуклу поверхню, гарну розпушеність і еластичність, яскраво виражений спиртовий запах.

Бродильну активність визначали за підйимальною силою за стандартною методикою із заміною пшеничного борошна другого сорту на перший сорт [23].

Вологість напівфабрикатів контролювали експрес-методом на приладі Чижової за загальноприйнятою методикою [24].

Газоутворювальну здатність тіста визначали на приладі Яго-Островського за загальною кількістю виділеного CO₂ під час бродіння волюметричним методом за методикою [25].

Зміну об'єму тіста під час його дозрівання визначали наступним чином: 50 г тіста поміщали в градуйований циліндр об'ємом 250 см³, який накривали поліетиленовою плівкою і ставили у термостат з температурою 30±2 °С до 90 хв для бродіння. Заміри зміни об'єму тіста в циліндрі проводили кожні 30 хв.

В'язко-пластичні властивості тіста оцінювали за ступенем розпливання кульки тіста протягом 3 год при температурі 30 °С. Структурно-механічні властивості тіста вивчали на фаринографі Farinograph-AT (фірми Brabender®, Німеччина) [24, 31].

Перебіг біохімічних процесів у тісті визначали за кінетикою накопичення цукрів у ньому прискореним йодометричним методом Шорля [25].

Титровану кислотність контролювали після замішування і в кінці бродіння – за загально прийнятою методикою.

Методи визначення якості готових виробів

Відбір проб житньо-пшеничного хліба здійснювався відповідно до ДСТУ 7044:2009 Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначення органолептичних показників і маси виробів [26] та ДСТУ 7517:2014. “Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови” [27]. Якість готового хліба оцінювали не раніш ніж через 4 год після випікання і не пізніш ніж через 24 год.

Органолептичну оцінку готових виробів проводили згідно ДСТУ 7517:2014 “Хліб пшеничний борошна. Загальні технічні умови” [27]. Комплексну оцінку якості продукції проводили за смаковими характеристиками та зовнішнім виглядом за універсальною системою з п'ятибальною шкалою та коефіцієнтом значущості, для кожного з 9 параметрів

(відповідність форми, стан скоринки, відсутність тріщин, стан м'якушки, пропеченість, однорідність, смак, аромат, відсутність стороннього присмаку).

Під час оцінювання стану пористості м'якушки звертали увагу на величину пор, рівномірність їх розподілу, товщину стінок пор. М'якушка має бути добре пропеченою, еластичною, свіжою.

Формостійкість виробів визначали шляхом розрахунку відношення висоти до діаметру подового хліба (H/D) [25].

Міцність тіста визначали за показником ступеню penetрації на приладі пенетрометра КП-140 із використанням циліндрика діаметром 1мм. Глибину занурення індентора в дослідний зразок визначали за допомогою індикатора годинникового типу ИЧ-50 з ціною поділки 0,01 мм. За одиницю penetрації прийнято занурення на 1 см [28, 29].

Пористість випечених напівфабрикатів досліджували за допомогою приладу Журавльова, згідно з ДСТУ 7045:2009 [25]. Питомий об'єм виробів розраховували як відношення їх об'єму до маси (m^3/kg).

Масову частку вологи готових виробів, кислотність тіста та готових виробів визначали згідно з ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників» [30].

Аромат хліба оцінювали за кількістю бісульфітзв'язуючих сполук за методом Токаревої Р.Р. та Кретовича В.Л. [24].

Форми зв'язку вологи у м'якушці хліба досліджували під час його зберігання проводили термогравіметричним методом на дериватографі Q-1500. Аналіз дериватограм здійснювали за методикою Литвиненко А.М. [25].

Мікроструктуру готових виробів визначали за допомогою електронного скануючого мікроскопа IEOLJSM-200:зразки тіста та готових виробів заморожували, висушували під вакуумом, піддавали зламу, напилювали золу на ділянку зламу розміром 5 мм, після цього мікроскопіювали електронним скануючим мікроскопом IEOLJSM-200.

Кришкуватість хліба та кількість води, яку поглинає м'якушка, визначали за методиками [25].

Оцінка біологічної цінності хліба.

На основі багаторічних медико-біологічних досліджень Всесвітня організація охорони здоров'я запропонувала критерій для визначення якості білку – еталону, збалансованого за незамінними амінокислотами, який найбільше задовольняє потреби організму людини. Один грам «ідеального» білку містить (в мг): триптофану – 10, лейцину – 70, ізолейцину – 40, валіну – 50, треоніну – 40, лізину – 55, метіоніну – 35, фенілаланіну – 60.

Дефіцит незамінних амінокислот залежить як від якісного складу самої сировини, так і від ступеню впливу на білок різних зовнішніх факторів. При жорстких режимах термічної обробки і лужного гідролізу ряд амінокислот руйнується. Показники потенційної біологічної цінності білку:

- кількісний вміст білку;
- амінокислотний скор;
- якісний білковий показник.

Для оцінки ступеня використання білка здійснено розрахунок коефіцієнту розбалансованості амінокислотного складу (КРАС), який є середнім арифметичним різниць СКОРів незамінних амінокислот до СКОРу першої лімітуючої амінокислоти:

$$\text{КРАС} = \sum (I-L) / 8 \quad i=1 \quad (2.3)$$

I – значення амінокислотного СКОРу i-тої амінокислоти, %.

L – значення амінокислотного СКОРу лімітуючої амінокислоти, %.

Розрахунок біологічної цінності здійснювали за формулою

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС} \quad (2.4)$$

Відомо, що для утворення в організмі людини необхідних білкових елементів під час споживання їх у складі їжі, білки повинні забезпечувати взаємно збалансовані кількості незамінних амінокислот. Для характеристики цього показника використовують коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, який характеризує збалансованість незамінних амінокислот по відношенню до фізіологічно необхідної норми (Aiet – еталонного значення ФАО/ВОЗ). Чим вище значення коефіцієнта утилітарності, тим краще

збалансовані амінокислоти у білкових речовинах, тим більш раціонально вони можуть бути використані організмом. Здатність організмом утилізувати амінокислоти визначається мінімальним скором однієї з амінокислот і може бути охарактеризовано значеннями показника утилітарності незамінних амінокислот, який визначається за формулою:

$$\alpha_i = AC_{imin}/AC_i \quad (2.5.)$$

де, α_i – показник утилітарності i -ої аміно-кислоти;

AC_{imin} – мінімальний із СКОРів незамінних амінокислот оцінюваного білка по відношенню до фізіологічно необхідної норми (еталону);

AC_i – СКОР i -ої незамінної амінокислоти по відношенню до фізіологічно необхідної норми (еталону).

Показник утилітарності використовується для розрахунку Коефіцієнта утилітарності амінокислотного складу, досить повно відображає збалансованість незамінних амінокислот по відношенню до еталону:

$$U = \frac{AC_{min}(\sum_{i=1}^8 HAK_{em})}{\sum_{i=1}^8 HAK_{\kappa}} \quad (2.6)$$

AC_{min} – мінімальний зі СКОРів незамінних амінокислот [31].

2.3. Статистична обробка результатів дослідження

Статистичну обробку експериментальних даних, представлених у дисертаційній роботі, проводили для трьох – п'яти вимірювань всіх вивчених властивостей. Закономірності відтворювалися в кожному з паралельних дослідів. Отримані дані обробляли статистично за методом Фішера-Стьюдента при рівні надійності 0,95 за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel 2000 [32, 33].

При оптимізації технологічних параметрів застосовано метод неповного факторного експерименту з складанням рівняння регресії і проведенням оптимізації методом «найменших квадратів» [33] з використанням пакету прикладних математичних обчислень Mathcad.

Оформлення наукової роботи, побудову графіків і діаграм, що відбивають експериментальні дані, робили за допомогою пакету прикладних програм «Microsoft Office» в операційному середовищі Windows. Вплив параметрів на екстрагування були побудовані за методом планового експерименту. Методом планового експерименту встановлені зони раціональних параметрів екстрагування відповідно до напряму процесу. Визначені змінні фактори, критерії оптимізації а також знайдена область визначення факторів. Вибір факторів, які впливають на процес екстрагування водою полісахаридів із насіння льону, проведено за параметричною схемою (рис.2.2).



Рисунок 2.2 - Схема моделі планового експерименту типу ПФЕ 3³.

За основні фактори, що впливають на процес, вибрано: кількість води — G_{H_2O} , см³; температура води — t , °C; тривалість екстрагування — τ , хв. Оцінювали ефективність екстрагування за кількістю сухих речовин, що перейшли в екстракт із 100 г льону в перерахунку на сухі речовини (Y_{cp} , %). Незалежними змінними факторами приймали: кількість води — G_{H_2O} , см³, яку кодували індексом X_1 ; температура води — t , °C, яку кодували індексом X_2 ; тривалість екстрагування — τ , хв, яка кодувалася індексом X_3 .

Достовірність оцінки результатів проведених експериментальних досліджень за ефективного екстрагування за кількістю сухих речовин забезпечувалась мінімальною кількістю вимірювань вище зазначених показників, методика проведення якої викладена в роботі [33].

Після кодування факторів було складено план-матрицю проведення експерименту типу ПФЕ 3^3 для сумарного числа дослідів $N = 3^3$. Таким чином, для дослідження сухих речовин Y_{sr} було вибрано апроксимуючу математичну модель у вигляді функціональної залежності $Y_{sr} = f_Y(x_1; x_2; x_3)$. Функцію відгуку, а саме параметр оптимізації, було прийнято у вигляді повного квадратного полінома, який забезпечує опис реального експериментального процесу:

$$T = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2,$$

де Y_{cp} , - експериментальне значення сухих речовини;

b - коефіцієнти регресії, які відповідають відповідним значенням вхідних факторів x_i ; x_1, x_2, x_3 - вхідні кодовані фактори. Коефіцієнти апроксимуючого полінома, представленого у вигляді повного квадратичного рівняння, за умови ортогональності та симетрії, визначали за відомими формулами [32, 33]. Згідно методики [32, 33] проведено перевірку відтворюваності отриманих значень від експериментального масиву при ідентичному числі повторюваності для кожного проведеного досліді здійснювали за критерієм Кохрена. Одночасно, після перевірки адекватності розподілу випадкових величин реальному процесу проводили оцінку статистичної значущості коефіцієнтів регресії за допомогою t - критерію Ст'юдента. За результатами отриманих розрахунків, які здійснювали за допомогою пакету прикладних статистичних програм обробки, а також аналізу результатів експериментальних досліджень, для персонального комп'ютера записували отримані рівняння регресії та побудовані просторові залежності поверхонь відгуку шуканих величин сухих речовин (Y_{cp} , %). Їх визначали із отриманих значень кількості води — G_{H_2O} , см³, температури води — t , °C, тривалості екстрагування — τ , хв.

Величина похибки для усіх досліджень становила $n=3...5$ %, число повторностей дослідів – $n=5$, вірогідність – $p \geq 0,05$. Експериментальні дані обробляли статистично за методом Фішера-Стьюдента за рівня надійності 0,95. Результати досліджень розраховували як середнє не менше ніж п'яти повторностей. Для обробки експериментальних даних використовували пакет прикладних програм MS Office 2016 версія, у т. ч. MS Excel 2016.

Висновки за розділом 2

1. Для проведення наукового дослідження розроблено послідовну схему експерименту, а саме: теоретичний аналіз літературних джерел за науковою роботою, експериментальне дослідження в умовах наукових установ, практичну апробацію, висвітлення наукових розробок у наукових виданнях.

2. Визначено та охарактеризовано сировину та об'єкти досліджень.

3. Обрано методи для визначення якості основної сировини, напівфабрикатів та готових виробів.

4. Обрано методи статистичного аналізу, за допомогою яких можна математично описати встановленні в ході роботи закономірності, а також оптимізувати технологію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 2.

1. ГСТУ 46.004-99 Борошно пшеничне. Технічні умови.
2. ДСТУ 8791:2018 Борошно житнє хлібопекарське.
3. ДСТУ 4967:2008 Льон олійний.
4. ДСТУ 4623:2006. Цукор білий. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.
5. ДСТУ 3583:2023 Сіль поварена харчова
6. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 30 с.
7. ДСТУ 4492:2005. Олія. Технічні умови
8. ДСТУ 4812:2007 Дріжджі хлібопекарські пресовані. Технічні умови.

9. US Department of Agriculture. Agricultural research service. [Internet]. USDA national nutrient database for standard reference. Wheat flour, white, all-purpose, unenriched (SR Legacy, 169761). [updated 8/08/2023]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169761/nutrients>
10. US Department of Agriculture. Agricultural research service. [Internet]. USDA national nutrient database for standard reference. Flaxseed, ground (SR Legacy, 2262075). <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2262075/nutrients>
11. US Department of Agriculture. Agricultural research service. [Internet]. USDA national nutrient database for standard reference. Flaxseed, ground (SR Legacy, 2512375). <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2512375/nutrients>
12. Рецептури. Технологічні інструкції. Хліб житній, житньо-пшеничний та пшенично-житній Видавництво: Укрхлібпром. 2013. С. 178.
13. ДСТУ 7044:2009 Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначання органолептичних показників і маси виробів.
14. ДСТУ ISO 13690:2003 Зернові, бобові та продукти їх помелу. Відбір проб.
15. ДСТУ ISO 21415:2009 Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначання сирої клейковини ручним способом (ISO 21415-1:2006, IDT)
16. ДСТУ ISO 3093:2009 Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупи з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена
17. ISO 6658:2017 Sensory analysis
18. Іонообмінна хроматографія. URL: https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/biofiziki/Library/ion-chrom_lek3.pdf (дата звернення: 16.02.2022).
19. FAO/WHO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition Report of an FAO. *Expert Consultation FAO Food and nutrition 92*. Rome, Italy. 2013.
20. Valevskaya LO, Sokolovskaya OG, Shulyanskaya AO. Biologichna tsinnist zernovuh superfudiv. *Vcheni zapiski TNTU*. 2020. №31(1). P. 116-120. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-2/21>
21. EN 12822:2000 Foodstuffs - Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography. Measurement of alpha-, beta-, gamma-, and delta-tocopherols.
22. ДСТУ 3946:2018 Система розроблення і поставлення продукції на виробництво. Продукція харчова. Настанови щодо розроблення і поставлення нових та новітніх харчових продуктів.
23. Лебеденко, Т. Є. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум : навч. пос./ Т.Є. Лебеденко, Г.Ф. Пшенишнюк, Н.Ю. Соколова – Одеса:

«Освіта України». – 2014. – 392 с.

24. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. посіб. / за ред. В. І. Дробот. Київ: Кондор. 2015. 972 с
25. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва : навч. посіб. / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньева, О. А. Білик та ін.; за ред. В. І. Дробот. Київ : Центр навч. літ-ри. 2006. 341 с.
26. ДСТУ 7044:2009 Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначення органолептичних показників і маси виробів.
27. ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови.
28. Горальчук А.Б., Пивоваров П.П., Гриченко О.О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Навчальний посібник. Харків: ХДУХТ. 2006. 63 с. https://www.researchgate.net/publication/282649472_.
29. Перепелиця М.П. Структурно-механічні показники тістового напівфабрикату для борошняних кулінарних виробів. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: харч. тех. 2021. №23 (95). С. 7-12. doi: 10.32718/nvlvet-f9502 <https://nvlvet.com.ua/index.php/food>
30. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників.
31. ДСТУ 4111.1-2002 Борошно пшеничне. Фізичні характеристики тіста. Частина 1. Визначення водовбиральності та реологічних властивостей фаринографом (ISO 5530-1:1997, MOD).
32. Парубчак Я.С., Мороз В.І. Алгоритмізація та програмування. MathCAD: навч. посіб. Львів: в-во Львівської політехніки. 2012. 312 с
33. Краєвська С., Єщенко О., Стеценко Н. Використання методу регресійного аналізу для математичного моделювання процесу пророщування насіння льону. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека. 14-15 лист. 2019. Київ : НУХТ. С. 89-91.

РОЗДІЛ 3

ЗМІНА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ ЛЬОНУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ПРОРОЩУВАННЯ

Сучасні тенденції виробництва харчових продуктів спрямовані на виготовлення виробів, збагачених цінними функціональними видами сировини. Такою сировиною є насіння льону. Харчова цінність та функціональні властивості лляного насіння визначаються наявністю трьох груп сполук, які характеризуються специфічною біологічною активністю і функціональними властивостями: поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), розчинні харчові волокна у формі слизу і лігнани, що мають фітоестрогенні властивості.

В літературі та практиці використання насіння льону багато напрацьовано науковців щодо способу застосування насіння льону і продуктів його переробки у виробництві харчових продуктів. Проте доцільно продовжувати ці дослідження з метою найбільшого використання потенціалу насіння льону у виробництві продуктів харчування.

Одним з таких способів є пророщування насіння. У процесі пророщування в насінні льону відбувається розвиток зародку, активізуються ферменти, які в свою чергу перетворюють складні речовини в прості, тобто в легкозасвоювану форму для організму людини [1]. Тому внесення льону в пророщеному стані до складу харчових продуктів призведе до покращання їх харчової та біологічної цінності.

Отже, актуальним є розробити технологію пророщування насіння льону та дослідити зміни в хімічному складі насіння льону під час пророщування.

3.1. Характеристика хімічного складу насіння льону різних сортів

У роботі поставлено за мету розробити технологію пророщування насіння льону для покращання його фізіологічно-функціональних властивостей та збільшення вмісту в ньому фізіологічно-функціональних інгредієнтів, тому важливим є підбір сорту льону для проведення досліджень.

На цей час в Реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, є 14 сортів – як української, так і зарубіжної селекції: «Айсберг», «Блакитно-помаранчевий», «Віра», «Водограй», «Дебют», «Еврика», «Золотистий», «Ківіка», «Лірина», «Надійний», «Орфей», «Південна ніч», «Симпатик», «Славний» [2-4].

Для роботи було відібрано сорти насіння льону, що вирощуються у Київській області (с. Чабани), а саме: «Вручий», «Блакитно-помаранчевий», «Оригінал» та «Еврика».

Результати експериментальних досліджень хімічного складу насіння сортів льону взятих для досліджень наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад насіння льону різних сортів

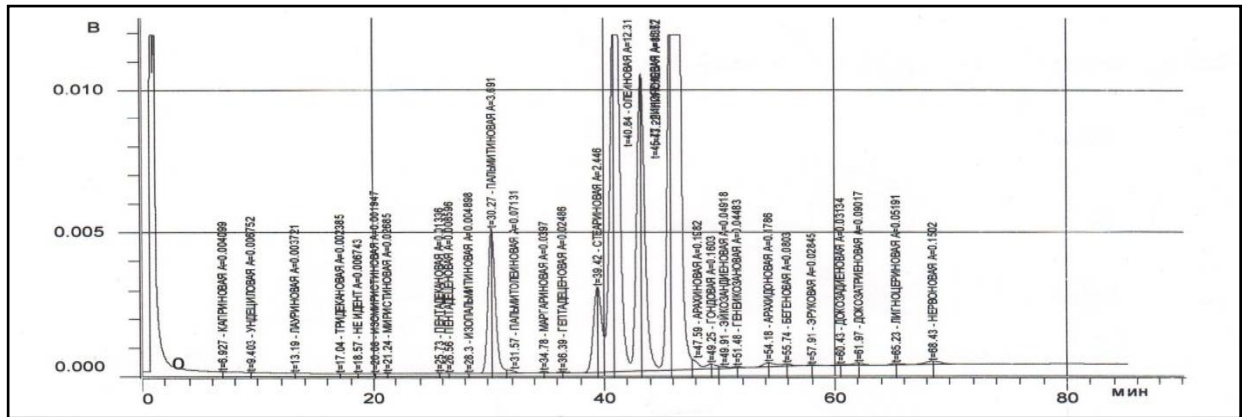
Назва	Волога, %	Жири, %	Білок, %	Вуглеводи, %	Зола, %
«Вручий»	8,6± 0,04	37,00± 0,15	24,28± 0,11	25,42± 0,12	4,7± 0,02
«Оригінал»	8,7± 0,02	42,44± 0,16	26,50± 0,10	18,36± 0,10	4,0± 0,01
«Блакитно-помаранчевий»	7,6± 0,01	47,25± 0,18	23,48± 0,03	17,67± 0,11	4,0± 0,01
«Еврика»	7,7± 0,03	44,17± 0,02	19,77± 0,11	24,53± 0,08	3,8± 0,06

З отриманих даних видно, що всі сорти мають високий вміст білку. Найбільшу кількість білків має насіння льону сорту «Оригінал».

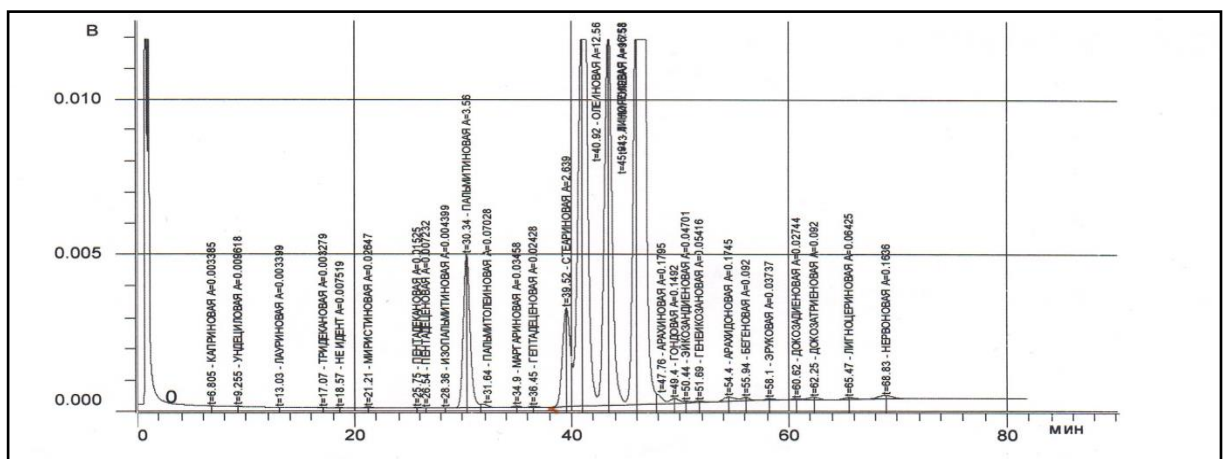
З представлених сортів більшим вмістом вуглеводів вирізняються такі сорти як «Вручий» та «Еврика». Вуглеводи насіння льону представлені знач-

ним вмістом харчових волокон. Зауважимо, що відмінною рисою вуглеводів є вміст саме водорозчинних полісахаридів, вміст яких в середньому становить 75 % від загального вмісту харчових волокон. При контакті з водою вони здатні утворювати слиз на поверхні насіння.

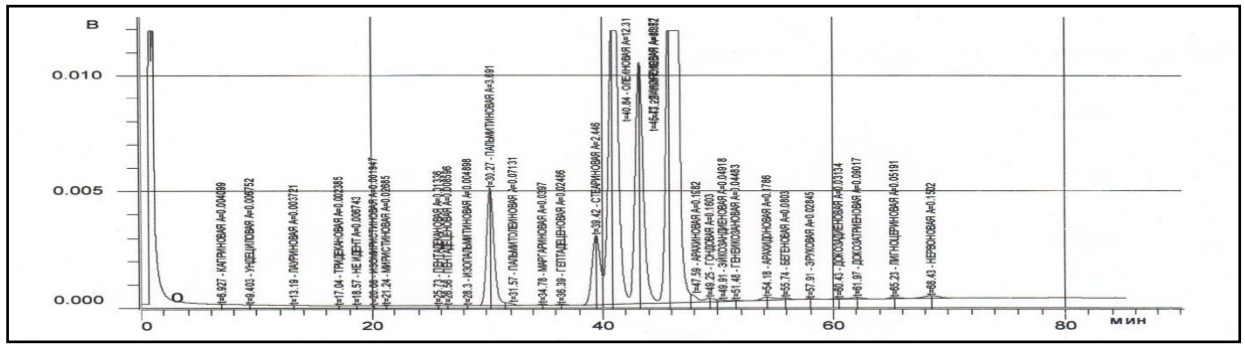
Важливою складовою насіння льону є жир. Серед досліджуваних сортів льону найбільший вміст жиру характерний сорту «Блакитно-помаранчевий», а найменший – сорту «Вручій». Жирнокислотний склад олій насіння льону (рис. 3.1, табл. 3.2) показав, що в досліджуваних сортах найбільшою є частка поліненасичених жирних кислот, сумарний вміст яких може досягати 5050...65 %, серед них переважає α -ліноленова кислота.



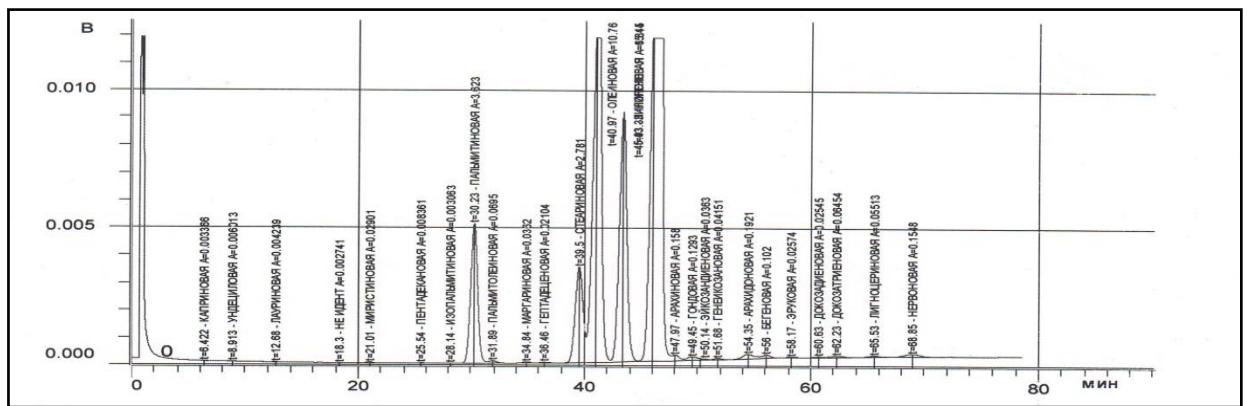
Сорт «Блакитно-помаранчевий»



Сорт «Вручій»



Сорт «Еврика»



Сорт «Оригінал»

Рисунок 3.1 - Хроматограма метилових ефірів жирних кислот насіння льону

Таблиця 3.2 – Вміст жирних кислот у насінні льону різних сортів, %

№	Жирна кислота	«Блакитно-помаранчевий»	«Еврика»	«Оригінал»	«Вручий»
1	2	3	4	5	6
1	Капринова	0,009	0,008	0,007	0,006
2	Ундецилова	0,015	0,015	0,021	0,027
3	Лауринова	0,008	0,011	0,007	0,009
4	Міристинова	0,061	0,072	0,057	0,055
5	Пентадеканова	0,031	0,021	0,033	0,032
6	Ізопальмітинова	0,011	0,007	0,009	0,003

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
7	Пальмітинова	8,230	8,984	7,674	8,232
8	Пальмітолеїнова	0,159	0,172	0,152	0,139
9	Маргарінова	0,089	0,089	0,075	0,072
10	Гептадецена	0,055	0,052	0,052	0,064
11	Стеаринова	5,453	6,89	5,689	6,394
12	Олеїнова	27,455	26,69	27,079	27,459
13	Лінолева	18,623	16,97	21,026	22,109
14	Ліноленова	37,388	37,56	35,749	33,29
15	Арахінова	0,442	0,392	0,387	0,276
16	Гондова	0,357	0,320	0,322	0,209
17	Ейкозандієнова	0,120	0,090	0,101	0,049
18	Генеїкозанова	0,099	0,103	0,117	0,084
19	Арахідонова	0,398	0,476	0,376	0,439
20	Бегенова	0,179	0,253	0,198	0,213
21	Ерукова	0,063	0,064	0,081	0,082
22	Докозандієнова	0,069	0,063	0,059	0,062
23	Докозатрієнова	0,201	0,160	0,198	0,161
24	Лігноцерінова	0,116	0,137	0,139	0,149
25	Нервонова	0,335	0,384	0,353	0,352
26	Тридеканова	0,005	0,003	0,007	0,006
27	Ізоміристинова	0,004	0,002	0,001	0,002
28	Пентадецена	0,029	0,012	0,02	0,01
29	Не ідентиф.	0,0150	0,007	0,02	0,014

Функціональних властивостей насінню льону надає саме вміст у його олії поліненасисених жирних кислот таких як ліноленова, лінолева, олеїнова. Їх сумарний вміст у всіх сортах льону дуже близький.

Для сировини, що містить поліненасичені жирні кислоти, важливим фактором є їх збереженість під час зберігання. Ступінь окиснення ліпідів характеризується перекисним числом, яке є одним з провідних показників якості олій. Тому на наступному етапі досліджень визначали перекисне число ліпідів різних сортів насіння льону протягом трьох місяців їх зберігання. Свіжозібране насіння льону витримували без доступу вологи в закритих екзикаторах при температурі 19...21 °С протягом 180 діб при періодичному перемішуванні. Зміни перекисного числа олій в насінні льону досліджуваних сортів представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Перекисне число олій різних сортів насіння льону залежно від тривалості зберігання n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Термін зберігання, діб	Перекисне число олій, ммоль активного O ₂ на кг			
	«Еврика»	«Блакитно-помаранчевий»	«Оригінал»	«Вручий»
контроль	2,2	2,2	2,1	2,1
30	2,5	2,5	2,4	2,3
60	2,8	2,8	2,5	2,3
90	3,1	3,2	2,8	2,4
120	3,4	3,4	3,1	2,5
150	3,6	3,7	3,3	2,6
180	3,8	4,0	3,5	2,7

Результати досліджень свідчать, що найнижче значення перекисного числа на 180 добу зберігання було характерне для насіння сорту льону «Вручий». Приріст перекисного числа на 180 добу від початку зберігання у олії з насіння сорту «Оригінал» склав 81,8 %, що було на 38,2 % більше, ніж для

сорту «Вручий». Приріст перекисного числа олії сорту «Евріка» перевищило відповідний показник сорту «Вручий» на 44,2 %, а сорту «Блакитно-помаранчевий» – на 53,3 %. Це свідчить, що у процесі зберігання більш стабільним буде жирнокислотний склад саме насіння сорту льону «Вручий».

Вірогідно, що отримана закономірність про більш стабільне збереження жирнокислотного складу насіння льону «Вручий» пов'язане з більшим вмістом в ньому вітаміну Е (табл. 3.4), який є потужним природним антиоксидантом, тому поліненасичені жирні кислоти у насінні сорту «Вручий» будуть найменше окиснюватись під час зберігання.

Таблиця 3.4 – Вміст вітаміну Е у насінні льону різних сортів
n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Показник	Сорт насіння льону			
	«Евріка»	«Блакитно-помаранчевий»	«Оригінал»	«Вручий»
Вміст вітаміну Е, мг/100 г	43,6	41,3	45,4	58,4

Таким чином, аналіз хімічного складу насіння льону показав, що всі досліджувані зразки льону мають близький хімічний склад, однак більш стійким у зберіганні буде сорт льону «Вручий» внаслідок вищого вмісту у ньому вітаміну Е.

3.2 Дослідження зміни хімічного складу насіння льону в процесі пророщування

Пророщування є екологічним і доступним способом для максимальної реалізації біохімічного потенціалу рослинної харчової сировини. У результаті біоактивації власною ферментною системою відбувається збільшення водорозчинних білкових фракцій, накопичення вільних амінокислот і жирних кислот, а також легкокорозчинних редуруючих цукрів, що призводить до підвищення харчової цінності сировини та поліпшення функціональних властивостей.

Брак інформації в літературних джерелах щодо хімічного складу насіння льону після пророщування дав поштовх для проведення таких досліджень.

Пророщування проводили у лабораторних умовах застосовуючи пристрій для пророщування (рис. 3.2)



**Рисунок 3.2 – Пристрій для пророщування насіння льону:
1 – кришка пророщувача; 2 – сито (2 шт.) для насіння; 3 – корпус пророщувача; 4 – основа з водою, електроприводом і насосом подачі води; 5 – розприскувач; 6 – трубка тиску води; 7 – шнур живлення**

Для проведення пророщування насіння льону очищували від пошкоджених насінин та інших сторонніх домішок, промивали водою та замочували у воді (співвідношення насіння льону та води 1:3) протягом 3-5 годин при температурі 20-25 °С до вмісту вологи у насінині 63-65 %. Під час замочування у насінній масі внаслідок контакту водорозчинних полісахаридів з водою утворювалися розчини слизів, які після завершення операції замочування відділяли від насінневої маси через сито. Насінневу масу для пророщування поміщали у прилад (рис. 3.2). В приладі пророщування відбувалося із автоматичною аерацією та зволоженням насінненої маси кожні 3 год для підтримання в ній вологості 63-65 %. Пророщування проводили за температури 18-30 °С протягом 48-72 год до довжини паростків 3 мм.

Пророщування передбачає зволоження насінин. Особливістю насіння льону є те, що його поверхня льону вкрита тонким блискучим шаром зневоднених водорозчинних полісахаридів. При найменшому контакті з водою вони відразу починають переходити у водорозчинний стан утворюючи слизі. Фізі-

ологічна роль слизу оболонки насіння полягає в тому, що сприяє поглинанню води насінною, забезпеченню запасу поживних речовин, також забезпечує її стійкість до умов пророщування. Крім того Масquet зі спіавторами припустили, що додатковою функцією зовнішнього шару слизу може бути створення сили, необхідної для руйнування зовнішньої тангенціальної стінки. Утворений слиз у вигляді гелю згідно досліджень [5-7] спочатку локалізується в клітинних структурах перших трьох шарів оболонки насіння. Гель на зволоженому насінні льону представляє собою суміш водорозчинних полісахаридів, які включають, головним чином, L-лактозу, D-ксилозу, L-рамнозу і D-галактуронову кислоту. Полісахариди слизу утворюють дві основні фракції: нейтральну і кислу. Нейтральна фракція це арабіноксилан, що має (1→4)-β-D-ксиланову основу, до якої бічні ланцюги арабінози та галактози були приєднані в положеннях 2 та/або 3. Нейтральна фракція практично не містить галактуронову кислоту, ксилоза – основа цієї фракції. У кислотній фракції переважає галактуронік кислота і виявлені залишки ксилози. Відносний вміст нейтральної фракції у складі полісахаридів слизу за визначенням авторів [8-9] становить 75 %. За даними [10], слизові речовини насіння льону представляють собою волокнисті речовини (діаметром 18...45 нм [11], які розтягуються у присутності води, формуючи розгалужену сітку. Гідрофільні групи слизових молекул утримують воду в середині клітин цієї сітки, створюючи таким чином ефект «замерзання». За різними опублікованими даними [10, 12], насіння льону здатне утримувати воду в кратності від 7 до 27 одиниць по відношенню до своєї маси. Слід зазначити, що слиз насіння льону багатий такими макро- і мікроелементами, як калій, кальцій, магній, залізо, марганець, мідь, цинк, хром, алюміній, селен, нікель, йод, свинець, бор. Незважаючи на те, що підготовка насіння до пророщування передбачає його попереднє замочування та відділення утвореного слизу, однак під час операції пророщування насіннини відбувається також постійне її зволоження, що зумовлює продовження процесу виділення слизу. Разом зі слизом виділяється декілька типів ферментів, зокрема ксиланаза. З літературних даних відомо, що макси-

мальна активність β -D-ксилозидази досягається після 4 годин гідратації насіння і при цьому формується найнижча в'язкість розчинів полісахаридів. В період від 24 до 48 годин водної гідратації відбувається більш глибоке набрякання насіннини, слизі стають більш тісно пов'язані з клітинними стінками та в цей час відбувається вивільнення α -L-арабінофуранозидази, що зумовлює ще більше зниження в'язкості слизу та збільшення у ньому вмісту глюкози.

Після завершення гідратації водорозчинних полісахаридів починають активно гідратуватися неводорозчинні полісахариди.

Авторами [13-15] описана одночасна взаємодія молекули води з білками та некрохмальними полісахаридами насіння. Нерозчинна фракція некрохмальних полісахаридів насіння льону становить 20...22 % його маси і складається переважно з целюлози, незначної кількості лігніну та геміцелюлоз. Так [14, 16] відзначив, що целюлоза характеризується великою кількістю гідроксильних груп та розвинутою системою тонких субмікроскопічних капілярів. Тому така структура надає високих утримуючих властивостей рідини, яка в процесі пророщування насіння льону постійно приєднується і проникає в комірки і ядра.

Проростання насіння льону, поряд з глибоким набряканням нерозчинних та розчинних харчових волокон, супроводжується інтенсивним протіканням процесів розщеплення та синтезу основних складових насіння, які через набухлу, еластичну поверхню насіннини частково екстрагуються у розчини слизів, що локалізуються навколо насіннини. За результатами дослідження сухого залишку водневого екстракту з насінневої маси. Що піддівалася пророщуванню для всіх сортів (рис. 3.3) було встановлено таку закономірність, що збільшення кількості водорозчинних речовин у в'язкій фазі насінневої маси, що піддається проростанню, відбувається у період до 20 год проростання насіння, ймовірно саме в цей період найбільшу активність проявляють ферменти насіннини. За подальшого пророщування вміст водорозчинних речовин не підвищується.

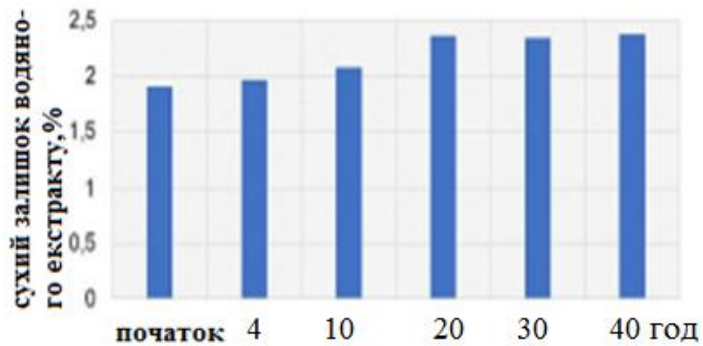


Рисунок 3.3 – Сухий залишок водяних екстрактів насіння льону при різній тривалості пророщування, год

Набухання, гідролітичні процеси, що протікають на стадіях проростання, зумовлюватимуть зміни у хімічному складі насіння.

Відомо, що пророщування зерна злакових культур призводить до підвищення вмісту вітамінів груп Е і В майже в 2 рази, а також до появи вітаміну С, якого немає в нативному зерні. У паростках пророщеного зерна зернових та бобових руйнуються речовини [17, 18] (фітинова кислота), які перешкоджають повноцінному засвоєнню магнію, кальцію, цинку. Сучасні тенденції до максимального використання всіх анатомічних частин зерна злакових культур у харчуванні людини зумовлюють актуальність розроблення нових технологій перероблення зернових з отриманням продуктів на основі цільного зерна, яке є джерелом цінних нутрієнтів [19, 20]. Продукти такого типу необхідні для створення збалансованих харчових раціонів оздоровчого спрямування.

З метою виявлення впливу пророщування на зміну вмісту вітамінів у насінні льону було проведено визначення вмісту у всіх обраних для досліджень сортах льону вітамінів, які є потужними антиоксидантами, Е та С [21].

Визначення вмісту вітаміну Е проводили методом рідинної хроматографії високороздільної здатності, а саме визначали кількість α -, β -, σ -, γ -токоферолів. Результати визначення загального вмісту та фракційного складу токоферолів насіння льону до та після пророщування представлені у таблиці 3.5.

Встановлено, що у складі токоферолу всіх досліджених сортів льону переважають γ -токофероли, а β -токофероли практично відсутні. За загальним вмістом вітаміну Е насіння різних сортів можна розташувати в такий ряд: «Вручий», «Оригінал», «Еврика», «Блакитно-помаранчевий». Слід відзначи-

ти, що вміст α -токоферолів є найбільшим для сорту «Вручий». Він вдвічі перевищує відповідний показник сорту «Блакитно-помаранчевий» та в 2,5 рази більший, ніж для сорту «Евріка».

Отримані результати вказують на значне збільшення вітаміну Е у всіх сортах насіння льону після пророщування. Найвищий рівень вітаміну Е спостерігається у пророслому насінні льону сортів «Вручий». Потрібно зазначити, що вміст переважаючого у всіх сортах льону γ -токоферолу зростає в процесі пророщування у 4,2-5,8 рази. При цьому найбільший вміст γ -токоферолу характерний для сорту «Вручий».

Таблиця 3.5 – Вміст вітаміну Е у насінні льону до і після пророщування, $n=3$, $p \geq 0,95$, δ 3...5 %

Сорт	Вітамін Е, мг/100г					
	Цільне зерно			Проросле зерно		
	α -токоферол	σ -токоферол	γ -токоферол	α -токоферол	σ -токоферол	γ -токоферол
Вручий	11,05±0,05	0,49±0,06	45,22±0,02	35,67±0,06	3,48±0,08	192,56±0,06
Оригінал	8,68±0,07	0,36±0,02	36,35±0,05	22,85±0,06	2,21±0,06	187,23±0,12
Блакитно-помаранчевий	5,34±0,02	0,56±0,03	28,10±0,07	13,31±0,06	1,93±0,02	165,58±0,08
Евріка	4,55±0,01	0,48±0,03	37,32±0,05	14,99±0,06	2,74±0,05	156,78±0,03

Вітамін Е відіграє важливу роль в окислювально-відновлювальних процесах організму, переміщенні електронів дихальним ланцюгом. Біологічна роль токоферолів зумовлена тим, що вони характеризуються антиоксидантними властивостями й запобігають надмірному окисленню ліпідів в організмі й утворенню перекисів ліпідів та накопиченню в тканинах вільних радикалів, які проявляють високу активність і шкідливо впливають на тканини організму. Добова потреба токоферолів у межах 20-30 мг [22]. Отримані нами дані вказують на те, що лише 10 г пророслого насіння льону можуть забезпечити добову потребу дорослої людини у токоферолах.

У процесі пророщування насіння льону спостерігається значне збільшення вмісту вітаміну С у всіх сортах (таблиця 3.6). Вітамін С має антиоксидантну дію, підтримує у здоровому стані кровоносні судини, шкіру й кіст-

кову тканину, нормалізує діяльність імунної, ендокринної та центральної нервової системи [22].

Таблиця 3.6 – Вміст вітаміну С у насінні льону до і після пророщування, n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Сорт	Вітамін С, мг/100г	
	Цільне зерно	Проросле зерно
«Вручий»	0,72	9,61
«Оригінал»	1,24	16,06
«Блакитно-помаранчевий»	0,88	10,40
«Еврика»	1,11	12,23

Отримані результати вказують на збільшення вітаміну С після пророщування в 11,0-13,3 раза, що свідчить про перспективність застосування пророщування для покращання фізіологічно-функціональних характеристик насіння та перспективності його використання у виробництві дієтичних добавок, а також оздоровчих та функціональних харчових продуктів. Найбільший приріст вітаміну С у процесі пророщування був властивий для сорту «Вручий».

Дослідження накопичення вітаміну С у насінні льону сорту «Вручий» (рис. 3.4) показали, що інтенсивне накопичення вітаміну С відбувається протягом 72 год пророщування. Подальше пророщування є не доцільним у зв'язку з тим, що вітамін С не накопичується.

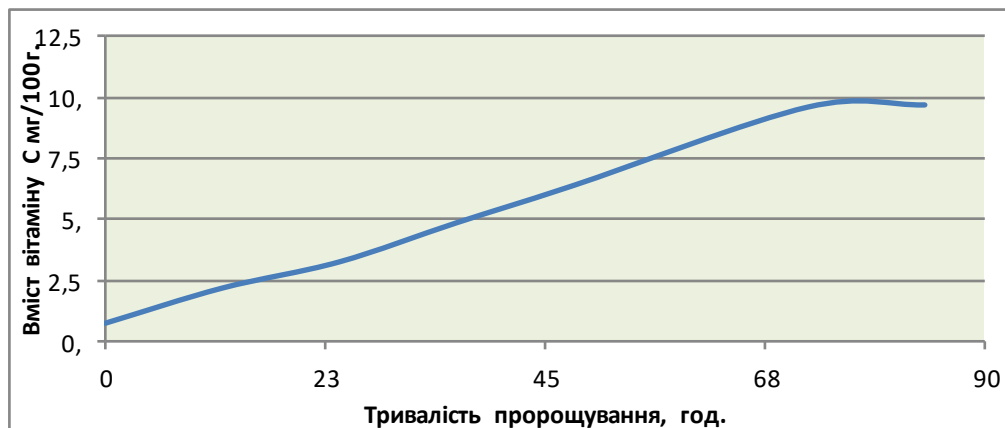


Рисунок 3.4 – Накопичення вітаміну С в насінні льону сорту «Вручий»

На підставі попередніх досліджень було виявлено, що пророщування сприяє ефективному підвищенню вмісту вітамінів Е і С у насінні льону і зокрема було виділено сорт льону «Вручий» як такий, в якому в процесі пророщування накопичується найбільше вітаміну Е та найбільший приріст вітаміну С. Цей сорт характеризувався більш стабільним зберіганням за оцінкою перекисного числа. Тому в подальших дослідженнях буде використано насіння льону саме сорту «Вручий».

Наступний етап дослідження стосувався встановленню впливу пророщування на жирнокислотний склад насіння льону на прикладі сорту «Вручий» (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Жирнокислотний склад олії насіння льону сорту «Вручий» до та після пророщування, %, n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Жирнокислотний склад	Цільне насіння	Пророщене насіння
Лінолева	22,1	19,96
Ліноленова	33,29	27,12
Олеїнова	27,46	24,08
Пальмітинова	8,23	13,84
Стеаринова	6,39	10,8
Пальмітолеїнова	0,14	0,27

Протягом 3 днів пророщування, концентрація жирних кислот дещо змінилася: вміст лінолевої, ліноленової та олеїнової зменшився на 2,14 %, 6,17 % та 3,38 % відповідно від загального вмісту жирних кислот, а вміст пальмітинової, стеаринової та пальмітолеїнової навпаки зріс на 5,61%, 4,41% та 0,13% відповідно від загального вмісту жирних кислот. Така зміна жирнокислотного складу насіння льону сорту «Вручий» може бути пояснена частковим перетворенням однієї жирної кислоти в іншу.

За літературними даними [21, 23] співвідношення ПНЖК ω-6 : ω-3 у раціоні здорової людини має бути 10 : 1, а для лікувально-профілактичного харчування – від 3 : 1 до 5 : 1 [24, 25]. За розрахунками А. П. Левицького [100, 126], на сьогодні змішаний раціон пересічного українця має співвідно-

шення 43,6 : 1, тобто перевищує допустимий рівень ω -6 ПНЖК у 8,7 рази. Співвідношення ПНЖК ω -6 : ω -3 у насінні льону сорту «Вручий» складає 1 : 1,5, а у пророщеному насінні льону 1 : 1,35, що свідчить про незначне переважання ПНЖК ω -3, тому використання насіння льону сприятиме певному поліпшенню збалансованості жирокислотного складу в раціонах харчування населення України.

Біологічна цінність продукту – це показник, призначений для визначення ступеня засвоєння в організмі людини білка з харчового продукту. Оскільки, вміст у насінні льону білка складає понад 20 % від загального складу нутрієнтів, тому насіння льону можна віднести до потенційного джерела білка. Насіння льону у натуральному вигляді є досить стійким до травних ферментів, збільшити його біодоступність можна шляхом пророщування та активування власних ферментних систем. В дослідженнях визначали амінокислотний склад насіння льону до та після пророщування. При цьому вологість насіння зростала з 8,6 % до 65 %. Для порівняння отриманих результатів всі розрахунки проводили на абсолютно суху речовину (табл. 3.8).

З таблиці 3.8 видно, що вміст амінокислот у пророщеному насінні льону зріс порівняно з вхідною сировиною. Приріст амінокислот у пророщеному насінні льону коливається у межах 20-49 %, що свідчить про покращення біохімічного складу.

Таблиця 3.8 – Порівняльний амінокислотний склад насіння льону до та після пророщування, мг /100 г продукту

Назва амінокислоти	Величина показника для насіння льону у перерахунку на суху речовину, мг/100г		
	до пророщування	після пророщування	Приріст, %
1	2	3	4
Білок, г	26,25	33,5	27,62
Гістидин (His)	0,339	0,407	20,06

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4
Ізолейцин (Ile)	0,481	0,644	33,89
Лейцин (Leu)	1,104	1,485	34,51
Лізин (Lys)	0,70	1,026	46,57
Треонін (Thr)	0,658	0,915	39,06
Триптофан (Trp)	0,149	0,209	40,27
Валін (Val)	0,626	0,865	38,18
Сульфоровмісні амінокислоти (SAA)*	0,532	0,649	21,99
Ароматичні амінокислоти (AAA)*	1,253	1,87	49,24

*SAA (Метіонін+цистеїн), AAA (Фенілаланін+тирозин)

За даними таблиці 3.9 видно, що лімітуючою амінокислотою у непорощеному і пророщеному насінні льону є лізин. При розробці нових видів хлібобулочних виробів підвищеної біологічної цінності на основі насіння льону слід враховувати покази лізіна і в рецептурах використовувати інгредієнти з підвищеним вмістом цієї амінокислоти.

Розрахунок показника засвоюваності білка (DIAAS) насіння льону сорту «Вручий» при його використанні для дітей старшого віку, підлітків та дорослих, наведені у таблиці 3.9. Встановлена величина DIAAS (Lys) для білка зерна льону до та після пророщування дорівнює 41,11 % та 47,11 % відповідно. Показник DIAAS після пророщування збільшився на 14,6%. Така зміна свідчить про те, що біологічна цінність білка після пророщування покращилася, тому використання пророщеного насіння льону у рецептурі хліба сприятиме підвищенню вмісту цієї лімітованої амінокислоти.

Розраховане значення DIAAS(Lys) для зерна льону до та після пророщування нижче 74 %, що свідчить про потребу комбінування насіння льону з іншими інгредієнтами з вищим вмістом лізіну (сироватковий білок, соя, ки-

сломо молочні продукти) при конструюванні нових функціональних продуктів харчування.

Таблиця 3.9 – Розрахунок показника DIAAS насіння льону для категорії старші діти, підлітки, дорослі

Назва АК	SID	АК*	Вміст АК мг/1г білка у зерні льону		Величина показника DIAAS для зерна льону, мг/1 г білка	
			до пророщування	після пророщування	до пророщування	після пророщування
Гістидин (His)	76,4	16	12,9	12,2	61,60	58,26
Ізолейцин (Ile)	82,3	30	18,3	19,2	50,20	52,67
Лейцин (Leu)	80,6	61	42	44,3	55,50	58,53
Лізин (Lys)	73,9	48	26,7	30,6	41,11	47,11
Треонін (Thr)	73,5	25	25	27,3	73,50	80,26
Триптофан (Trp)	70,5	6,6	5,7	6,2	60,89	66,23
Валін (Val)	79,8	40	23,8	25,8	47,48	51,47
Сульфоровмісні амінокислоти (SAA)	77,6	23	20,3	19,4	68,49	65,45
Ароматичні амінокислоти (AAA)	84,7	41	47,7	55,8	98,54	115,27

*АК – рекомендований вміст амінокислот у білку для дієтичної оцінки його якості для старших дітей, підлітків та дорослих.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що обраний спосіб пророщування, який полягає у попередньому замочуванні насіння льону протягом 3-5 год з наступним відділенням від насінневої маси водного розчину слизів та подальшим пророщування насіння льону за температури 18-30 °С протягом 48-72 год до довжини паростків 3 мм сприяє покращанню біологічної цінності насіння, значному накопиченню вітамінів-антиоксидантів Е та С. Пророщування насіння льону не доцільно проводити довше, ніж 72 год, адже накопичення вітамінів, зокрема вітаміну С, набуває стабільної величини та не підвищується. Поряд з цим, під час проростання насіння, у рідку фазу насін-

невої маси, що утворюється з водорозчинних полісахаридів, частково екстрагуються водорозчинні білкові речовини, а також у ній накопичується глюкоза внаслідок розщеплення слизів ферментами. Отримані результати є хорошою передумовою застосування пророщеного насіння льону для збагачення хлібобулочних виробів, і зокрема, потребують дослідження щодо можливості його застосування у приготуванні напівфабрикату для активації дріжджів.

3.3 Оптимізація технологічного процесу отримання біоактивованого насіння льону

Для пророщування зерна льону є необхідні три прості умови: волога, доступ кисню, температура. За період пророщування насіння льону в ньому збільшується кількість ферментів, білків, вітамінів, мінеральних речовин. Головною умовою, як визначилося, – є дотримання певних температурних оптимумів, вологості. Оскільки із підвищенням температури або зі зниженням відносної вологості, втрачається в насінні льону життєздатність. Тому було актуально дослідити параметри пророщування і зміну його характеристик. Оптимальним ми вважали пророщування насіння льону до довжини ростка 2,5-3,0 мм. Адже у цей час відмічається максимальна біологічна цінність, що наведено в дослідженнях даного розділу. У процесі досліджень нами встановлено [5, 27, 28], що при вологості 95 % діапазон температур, які забезпечують енергію проростання не нижче за 99 %, складає 25...34 °С. При зменшенні температури до 24 °С, енергія проростання сягає 98 %, при 22 °С – 95 %, а при 20 °С – 91 %. Допустимий діапазон значень енергії проростання становить від 90 до 100 %. Для обґрунтування і оптимізації параметрів пророщування у виробничих умовах нами проведемо математичне моделювання.

Оптимальні параметри процесу пророщування з використанням методів математичного моделювання були встановлені для зерна пшениці [30], вівса [29], тритікале. Нами досліджено [31] вплив температури на час проростання насіння льону, за який росток досягає потрібної довжини. Розглянуто особливо важливі стадії замочування і пророщування, адже пророщування

насіння льону відрізняється від інших зернових пшениці, кукурудзи і вівса. Одночасно виконання комплексних досліджень по оптимізації технологічних параметрів отримання біоактивованого насіння льону у літературі немає.

Для того, щоб мати наукове підґрунтя розробки технологічного процесу проростання насіння льону олійного, нами запропоновано визначення динаміки зволоження для оптимальних строків вологопоглинання і ці параметри можна було б рекомендувати у виробництво. Весь цей процес, безумовно, характеризуватиметься різною швидкістю проникнення екстрагенту. Зважаючи на те, що швидкість проникнення екстрагенту у міжклітинний простір буде значно більшою в порівнянні зі швидкістю проникнення його через клітинні мембрани, то є можливість моделюванням визначити ці швидкості, а відтак об'єми клітинного та міжклітинного середовища.

Насіння льону знаходиться в контактi з рідиною із заданими відповідними граничними умовами. Рівняння, яке в найбільш загальному вигляді описує процес перерозподілу концентрацій у внутрішньому об'ємі твердого тіла, виводиться на основі закону збереження маси і закону Фіка.

До контрольованих та керованих факторів відносяться температура та вологість (рис. 3.5). Під час пророщування температуру змінювали від 16 °С до 30 °С з кроком 2 °С. Подальше підвищення температури можна забезпечити лише шляхом примусового нагрівання, яке вимагає витрат енергії та використання додаткового обладнання. Тому обмежилися діапазоном температур, який не перевищував 30 °С. Вологість задавали та підтримували при таких значеннях: 40 %, 60 %, 70 %, 95 %.

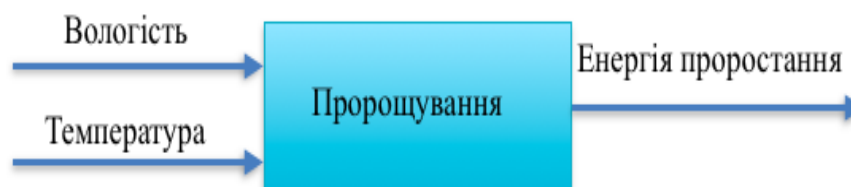


Рисунок 3.5 – Схема перебігу процесу пророщування за факторами та відгуками

Сутністю моделювання є виявлення наявності залежності між енергією проростання P та температурою пророщування t при заданій вологості w у вигляді функціоналу.

$$P(t,w) = f(t,w) \quad (3.1)$$

Параметри моделі визначали з умови мінімізації відносної похибки.

$$\varepsilon = \min_i \left(\frac{|y_i^o - y_i^m|}{y_i^o} \right) * 100\% \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

де y_i^o , y_i^m – середні значення, відповідно, експериментальних вимірювань і результатів моделювання.

Ще одним критерієм якості наближення є коефіцієнт кореляції.

$$R^{o-m} = \frac{\sum_i (y_i^o - \bar{y}^o) * (y_i^m - \bar{y}^m)}{\sqrt{\sum_i (y_i^o - \bar{y}^o)^2} * \sqrt{\sum_i (y_i^m - \bar{y}^m)^2}} \quad (3.3)$$

Значення показує ступінь взаємозв'язку між експериментальними вимірюваннями і результатами моделювання. R представляє собою безрозмірну величину, що змінюється від -1 до 1 . Регресійні залежності енергії проростання від температури (t) при заданій вологості (w) за даними лабораторних експериментів отримали за допомогою програми CureyExpert:

$$P(t,w) = a(w) e^{-\frac{(b(w) - t)^2}{2c(w)^2}} \quad (3.4)$$

Значення коефіцієнтів a , b , c рівняння (3.4) наведені у табл. 3.13.

Оскільки коефіцієнти a , b , c (табл. 3.10.) є функціями температури при сталій вологості, то виконавши апроксимацію коефіцієнтів (додаток В рис. 3, 4, 5): a – лінійним рівнянням

$$a(w) = a_{1i} + a_0 \quad (3.5)$$

Таблиця 3.10 – Значення параметричних коефіцієнтів рішення регресії для процесу пророщування насіння льону

Коефіцієнт	Вологість повітря, %			
	40	60	70	95
a	75,261631	90,211032	92,697209	99,642316
b	27,19227	28,467901	27,062702	27,565525
c	28,849429	25,2223	20,035695	17,643232

b , c – поліномами 4-го ступеня.

$$b(t) = b_4t^4 + b_3t^3 + b_2t^2 + b_1t + b_0 \quad (3.6)$$

$$c(t) = c_4t^4 + c_3t^3 + c_2t^2 + c_1t + c_0 \quad (3.7)$$

Рівняння (3.4)-(3.7) представляють узагальнену модель процесу пророщування насіння льону для довільного діапазону температур та вологостей. Результати обчислювального експерименту за моделлю наведені на рис. 3.6 та 3.7.

Як видно з рис. 3.6 та 3.7 пророщування насіння льону має суттєві відмінності у перебігу процесу, що пов'язано з досить широким діапазоном входних факторів (заданих температури та вологості). Встановлено, що при відносній вологості 95 % діапазон температур, які забезпечують енергію проростання не нижче за 99 %, складає 25...34 °С. При зменшенні температури до 24 °С, відгук становить 98%, при 22°С - 95%, а при 20°С - 91%.

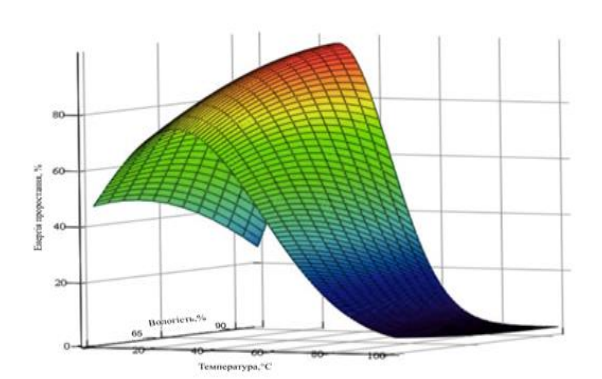


Рисунок 3.6 – Модель процесу пророщування насіння льону для заданого діапазону температур та вологостей

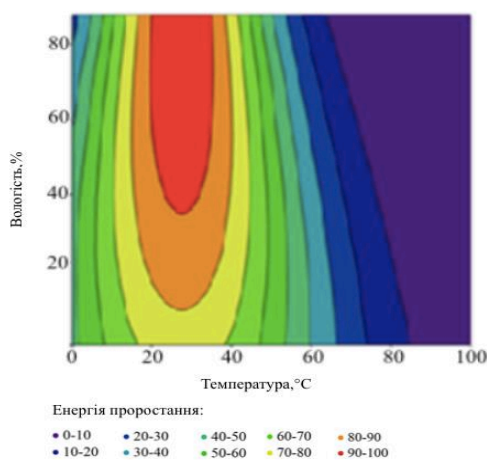


Рисунок 3.7 – Поверхня відгуку моделі процесу пророщування насіння льону для заданого діапазону температур та вологостей

Взявши за основу допустимий діапазон значень енергії проростання 90-100 %, найефективнішими параметрами пророщування насіння льону у виробничих умовах будуть: температура 20-30 °С, якщо вологість навколишнього середовища 95 %. При зменшенні відносної вологості до 70 %, діапазон температур, що забезпечує енергію проростання насіння льону у межах 90-100 %, становитиме 22-32 °С.

Висновки за розділом 3

1. На підставі експериментальних досліджень хімічного складу насіння льону сортів «Вручий», «Блакитно-помаранчевий», «Оригінал» та «Евріка» було встановлено, що всі вони мають близький хімічний склад. Поряд з цим, було відзначено, що сорт льону «Вручий» незважаючи на менший вміст в ньому жиру, має кращу здатність до зберігання, що підтверджено найменшим приростом у його олії перекисного числа під час зберігання. Тому насіння саме цього сорту доцільно використовувати в подальших дослідженнях.

2. Пророщування насіння льону доцільно проводити за наступною схемою: попереднє замочування насіння льону у воді (співвідношення насіння льону та води 1 : 3) протягом 3-5 годин при температурі 20-25 °С до вмісту вологи у насінні 63-65 % з наступним відділенням від насінневої маси розчинів слизів та пророщуванням насінневої маси за температури 18-30 °С протягом 48-72 год до довжини паростків 3 мм.

3. Встановлено, що в процесі пророщування у насінні льону підвищується вміст амінокислот, приріст, яких становить у межах 20-49 %, накопичується вітаміни-антиоксиданти Е та С. Внаслідок пророщування у насінні льону вміст вітаміну С збільшується в 11,0-13,3 раза, а вітаміну Е (γ-токоферолу) у 4,2-5,8 раза. Найвищий вміст вітаміну Е до пророщування та після пророщування був у сорті льону «Вручий», що також є передумовою його підвищеної стійкості під час зберігання.

4. За динамікою накопичення вітаміну С у процесі пророщування насіння льону було встановлено, що тривалість пророщування повинна стано-

вити не більше 72 год.

5. Під час пророщування насіння льону сорту «Вручий» спостерігаються зміни у жирнокислотному складі його олії, а саме вміст лінолевої, лінолевої та олеїнової зменшився на 2,14 %, 6,17 % та 3,38 % відповідно від загального вмісту жирних кислот, а вміст пальмітинової, стеаринової та пальмітолеїнової зріс на 5,61 %, 4,41 % та 0,13 % відповідно від загального вмісту жирних кислот.

6. Встановлено параметри процесу пророщування у виробничих умовах. Процес пророщування насіння льону доцільно здійснювати за температур від 20 до 30 °С, якщо відносна вологість навколишнього середовища 95 %. При зменшенні відносної вологості до 70 %, діапазон температур, що забезпечує енергію проростання насіння льону 90-100 %, становить 22-32 °С.

7. Покращання хімічного складу та біологічної цінності насіння льону у процесі його пророщування є передумовою його застосування у виробництві збагачених хлібобулочних виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 3.

1. Priyanka Kajla, Alka Sharma and Dev Raj Sood. Effect of germination on proximate principles, minerals and antinutrients of flaxseed. *Journal of Dairying, Foods & Home Sciences*. Vol. 36(01). P. 52-58. DOI:10.18805/ajdfr.v36i01.7459.
2. Сай В. А. *Технологія вирощування, збирання та первинної переробки льону олійного*. Луцьк: ЛНТУ, 2012. 168 с.
3. Паливода О. М. Перспективи розвитку льонарства України на основі формування територіально-виробничих кластерів. *Легка промисловість*. 2009. № 4. С. 29-31.
4. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/list-culture-varieties?plant=408>
5. Спосіб отримання біологічно активних продуктів: пат. 119415, Україна. Бандуренко Г. М., Краєвська С. П. А23L 7/20. А23I 7/10. С12С 1/00. А23L 33/00. Номер заявки а 2018 03943. Опубліковано 10.06.2019, бюл. №11. 12 с.
6. Narina S. S., Namama A. A., Bhardwaj H. L. Nutritional and mineral composition of flax sprouts // *Journal of Agricultural Science*. 2012. № 4. P. 1916-1952.

7. Краєвська С. П., Стеценко Н. О. Зміни жирнокислотного складу насіння льону при зберіганні і пророщуванні. *Харчова промисловість*. 2017. № 21. С. 46-52.
8. Pilkington L. (2018). Lignans: A Chemometric Analysis, *Molecules*, Vol. 23, no 7. p. 1666. <https://doi.org/10.3390/molecules23071666>.
9. Semenchenko O. M., Tsurkan O. O., Korablyova O. A., Burmaka O. V., (2012). Study of the amino acid composition of some plants of the family *Yasnotkovyih* (Lamiaceae). *Pharmaceutical Journal*, no. 5. pp. 71-76.
10. Клевцов К. М. Дослідження біохімічних і фізико-хімічних властивостей компонентів насіння льону. *Вісник ХНТУ*. № 4(55). 2015.
11. Мінарченко В. М., Махиня Л. М., Серета І. П. Медична ботаніка. Київ: Медицина, 2009. 328 с.
12. Рудік О. Л. Агроекологічне обґрунтування і розробка базисних елементів технології вирощування льону олійного подвійного використання в умовах півдня України: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук. Херсон. 2019. 40 с.
13. Wanasundara P. K. J. P. D., Shahidi F., Brosnan M. E. Changes in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed nitrogenous compounds during germination // *Food Chemistry*. 1999. V. 65. P. 289-295.
14. Bazhay-Zhezherun S., Bereza-Kindzerska L., Togachynska O. Research of influence of biological activation on the vitamin complex of grain cereal cultures // *Science Rise*. 2017. V. 7(36). P. 59-63.
15. Yang F., Basu T. K., Ooraikul B. Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2001. V. 52(4). P. 319-330.
16. Mut Z., Akay H. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.) // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2010. V. 16(4). P. 459-467.
17. Патент України на винахід UA 95081 C2, A23L 1/0526 (2006.1) A23L 1/172 (2006.01). Вільні від клейковини паростки льону та їх побічний продукт, а також їх виробництво та застосування. / Феглейн Ференц НУ, БЮГРІН А/С ДК. № а200803668; заявл. 06.09.2005; опубл. 11.07.2011. Бюл. № 13/2011.
18. Bewley J. D. Seed germination and dormancy // *The Plant Cell*. 1997. Vol. 9. Issue 7. P. 1055-1066. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>.
19. Тележенко Л. М., Антасова В. В. Вплив пророщування сочевиці на зміну технологічних властивостей та хімічного складу продукту // *Харчова наука і технологія*. 2010. № 4(13). С. 70-72.
20. Фоміна І. М., Івахненко О. О. Вивчення харчової цінності пластівців із пророщеного зерна пшениці // *Наукові праці ОНАХТ*. 2013. Вип. 44. Т. 1. С.10-13.

21. Краєвська С. П., Стеценко Н. О., Бандуренко Г. М. Оцінювання якості білка насіння льону методом diaas. *Зернові продукти і комбікорми* Vol. 18, I. 3. 2018. С. 10-15.
22. Rubilar, M., Gutiérrez, C., Verdugo, M., Shene, C., Sineiro, J. (2010), Flaxseed as a source of functional ingredients, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Vol. 10, no. 3, pp. 373-377.
23. Тележенко Л. М., Антасова В. В. Вплив пророщування сочевиці на зміну технологічних властивостей та хімічного складу продукту // *Харчова наука і технологія*. 2010. № 4(13). С. 70-72.
24. Сабат М. Я., Іскра Р. Я. Фруктани: хімічна структура, біологічні властивості та метаболізм кишковою мікрофлорою. *Біологічні студії*. 2016. Т. 10. №2. С. 203-214.
25. Хотимченко Р. Ю. Фармаконутрициология некрахмальных полисахаридов. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2015. № 2. С. 5-11.
26. Левицкий А. П. Идеальная формула жирового питания / А. П. Левицкий. Одесса: НПА "Одесская Биотехнология", 2002. 62 с.
27. Краєвська С. П., Стеценко Н. О. Дослідження оптимальних умов отримання біоактивованого насіння льону // *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. 2016. С. 97-99.
28. Evrim Özkaynak K., Gülden O. The effect of germination time on moisture, total fat content and fatty acid composition of flaxseed sprouts // *The Journal of FOOD*. 2015. Vol. 40(5). P. 249-254.
29. Тележенко Л. М., Антасова В. В. Вплив пророщування сочевиці на зміну технологічних властивостей та хімічного складу продукту // *Харчова наука і технологія*. 2010. № 4(13). С. 70-72.
30. Фоміна І. М., Івахненко О. О. Вивчення харчової цінності пластівців із пророщеного зерна пшениці // *Наукові праці ОНАХТ*. 2013. Вип. 44. Т. 1. С.10-13.
31. Kraevska S. P., Piddubnyi V. A., Veselovska T. Ye., Stadnyk I. Ya., Bodnaruk O. A. Investigation of composition, properties and extraction parameters of flax seeds mucous-forming polysaccharides. *Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського*. Наукове видання «Обладнання та технології харчових виробництв. № 2(43). 2021. С. 71-79.

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З ПРОРОЩЕНИМ НАСІННЯМ ЛЬОНУ ТА ПЕРЕБІГ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ У ТІСТІ

4.1. Порівняльна оцінка впливу на якість житньо-пшеничного хліба заквасок-підкислювачів, наявних на ринку України

Традиційна технологія житньо-пшеничних сортів хлібобулочних виробів заснована на використанні житніх густих або рідких заквасок і це є досить не практичним для виготовлення хлібобулочних виробів в умовах закладів ресторанного господарства, пекарень різних потужностей. Тому для виробництва даного асортименту оператори ринку поліпшувачів для хлібопекарської промисловості пропонують використовувати закваски-підкислювачі для підкислення тіста до рН 4,9...4,5. До їх складу можуть входити органічні кислоти, висушені житні закваски, лактобактерин, поверхнево-активні речовини, гідроколоїди, аскорбінова кислота та ін. Закваски-підкислювачі можна використовувати разом з хлібопекарськими дріжджами, що є реальним у закладах ресторанного господарства та пекарнях. Закваски-підкислювачі виробляють у вигляді порошків або паст і їх дозування становить від 0,5 до 3 % до маси борошна за умови прискорених способів приготування житньо-пшеничного, житнього та пшенично-житнього хліба і 0,2...0,5 % за традиційних способів.

Для порівняльної оцінки нами обрано пастоподібні закваски-підкислювачі: Рітеза Темна Livendo (Lesaffre, Франція), «Uniferm Ferment-Sauer» (Leiprigin, Фінляндія), рідка житня закваска (IREKS GmbH, Німеччина). Всі закваски-підкислювачі за характеристиками мали кислотність 200 град, тому було обрано дозування 0,5 % до маси борошна. Готували житньо-пшеничне тісто за рецептурою житньо-пшеничного хліба «Рось» (розділ 2) за традиційною технологією на густих заквасках та прискореною технологією, дозування дріжджів пресованих 2,0 % до маси борошна. Для об'єктивної оцінки впливу

заквасок-підкислювачів кількість дріжджів не збільшували згідно рекомендацій до прискорених технологій [1]. Розрахункова вологість тіста – 47 %. Замішування тіста здійснювали на комбайні Kenwood при знижених обертах на початковому етапі змішування сировини та з поступовим збільшенням для утворення однорідного, пластичного та насиченого повітрям тіста і складала 15 хв. Тривалість бродіння тіста складала 50 хв, вистоювання тістових заготовок – 40...60 хв до готовності. Результати лабораторного випікання наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вплив заквасок-підкислювачів на якість житньо-пшеничного хліба «Рось»
n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Показники якості	Контроль (на густій заквасці)	З використанням 0,5 % до маси борошна заквасок-підкислювачів		
		Рітеза Темна Livendo	Uniferm Ferment-Sauer	рідка житня закваска
Зовнішній вигляд	форма відповідає формі для випікання, поверхня гладка			
Стан м'якушки	еластична			
Пористість	рівномірно розподілені пори, тонкостінна			
Смак і аромат	властиві житньо-пшеничному хлібу			
Масова частка вологи, %	46,0	46,0	46,0	46,0
Пористість, %	72	65	64	64
Кислотність, град	5,5	6,5	7,0	6,5
Формостійкість	0,43	0,40	0,40	0,41
Питомий об'єм, см ³ /100 г	228	212	216	213

Якість зразків хліба за органолептичними і фізико-хімічними показниками як контрольного так із заквасками-підкислювачами відповідає вимогам ДСТУ 4583:2006 [2], але показники якості хліба з заквасками-підкислювачами дещо гірші, ніж у контрольного зразку. Спостерігається майже однакове погіршення якості у разі використання заквасок-підкислювачів, отже можна використовувати будь-яку, орієнтуючись на

кислотність і рекомендації виробника. Для подальших досліджень було обрано закваску-підкислювач «Uniform Ferment-Sauer» (Leipurin, Фінляндія).

Проведені дослідження показали, що у разі використання заквасок-підкислювачів зменшується питомий об'єм виробів на 5,3...7,0 % порівняно з контролем, погіршується пористість виробів на 9,7...11,1 % порівняно з контролем. Тому виникає необхідність у разі використання заквасок-підкислювачів покращувати живлення дріжджів для більшого накопичення вуглекислого газу за рахунок фази активації дріжджів.

4.2. Розроблення фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону

Одним із відомих заходів по скороченню тривалості технологічного процесу та покращення якості виробів є активація дріжджів, як стадія адаптації дріжджових клітин до мальтозно-борошняного середовища, що сприяє поліпшенню їх біологічних властивостей. Відповідно адаптовані дріжджові клітини сприяють інтенсифікації процесу та покращенню якості готової продукції хлібобулочних виробів. Тому зміна складу поживного середовища, концентрації розчинних речовин сприятиме забезпеченню підтримання структури і функції дріжджової клітини та активності її ферментів [4-6]. На розвиток мікроорганізмів впливають фізичні фактори такі як температура, вологість, тиск, а також склад поживного середовища, яке живить клітину дріжджів, а саме вуглеводний склад поживного середовища.

На основі даних щодо способів активації дріжджів [4-8] та досліджень процесу пророщування насіння льону (ПНЛ) у воді [3], нами розглянуто новий спосіб використання ПНЛ сорту «Вручий», який обрано для подальших досліджень у науковій роботі, для фази активації дріжджів. Компоненти насіння льону такі як: полісахариди (належать до галактуронанів, мають кислу природу); фенолокіслоти і етери коніферилового та синапового спиртів із феруловою кислотою; Se (має секретолітичну, обволікаючу і протизапальну дію) є збагачувачем поживного

середовища для активації пресованих дріжджів, та покращують їх біотехнологічні властивості.

Для визначення оптимального дозування пророщеного насіння льону для кращого живлення дріжджів на етапі їх активації проводили дослідження з впливу ПНЛ на накопичення клітин дріжджів, підйомну силу дріжджів та газоутворення протягом 180 хв (максимальна тривалість бродіння тіста та вистоювання тістових заготовок). У дослідженнях використовували дозування ПНЛ – 5, 7, 10 та 13 %, дріжджів пресованих – 2 % до маси борошна. Параметри активації дріжджів: температура 30...40 °С, тривалість замішування – 3...6 хв. Вологість фази активації дріжджів для всіх зразків становила 75...78 %, при цьому було враховано вологість пророщеного насіння льону 63...65 %. У контрольний зразок не вносили пророщене насіння льону.

У разі визначення оптимальної кількості ПНЛ за впливом на стан мікрофлори готували витяжки з фази активації дріжджів та висівали їх на поживне середовище. Результати дослідження з накопичення дріжджових клітин у разі внесення ПНЛ у фазу активації наведено на рис. 4.1.

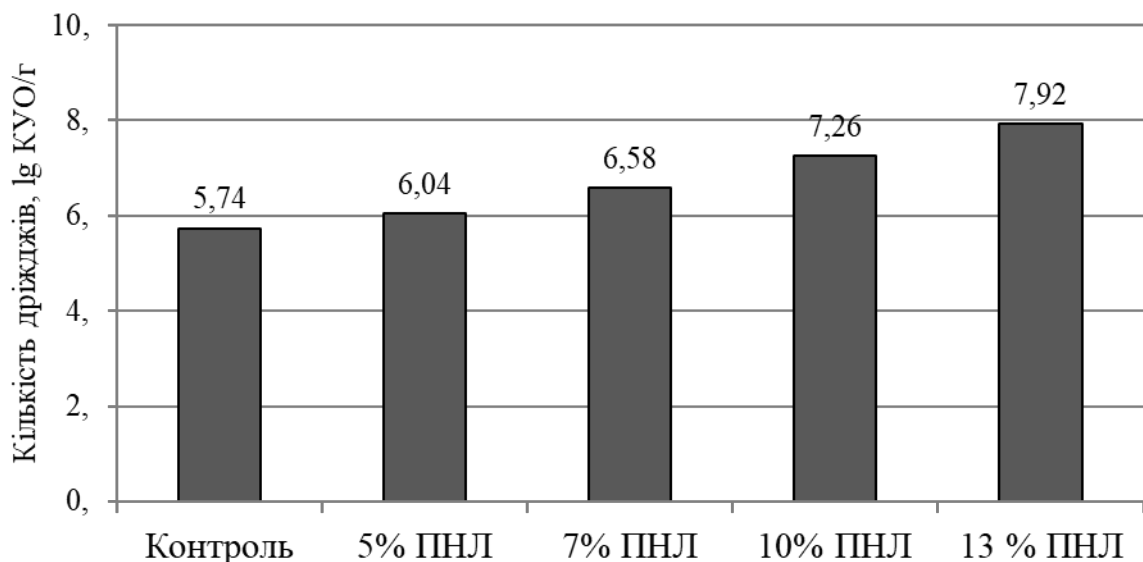


Рисунок 4.1 – Кількість дріжджів висіяних з фази активації на поживне середовище

Аналіз результатів досліджень показав, що зі збільшенням дозування ПНЛ збільшується приріст дріжджових клітин, так максимальне накопичення

спостерігається за дозування 13 % до маси борошна. Отже, використання ПНЛ покращує накопичення дріжджових клітин у фазі активації.

Для хлібопечення важливе не тільки накопичення дріжджових клітин але і їх бродильна активність, тому наступне дослідження стосувалося визначення підйимальної сили за стандартною методикою із заміною пшеничного борошна другого сорту на перший сорт з додаванням 5, 7, 10 та 13 % до маси борошна ПНЛ. Зимазна активність визначалася за першим підйомом тіста, мальтазна ативність за другим і третім. Результати експерименту наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вплив пророщеного насіння льону на підйомну силу дріжджів пресованих n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Етап дослідження	Контроль	Внесено пророщеного насіння льону, % до маси борошна			
		5	7	10	13
Перший підйом, хв	52	50	47	45	46
Другий підйом, хв	29	28	26	23	25
Третій підйом, хв	35	30	27	26	28
Загальна тривалість другого та третього підйомів, хв	64	58	53	49	53

Аналіз результатів досліджень показує, що внесення ПНЛ пришвидшує перший підйом тіста, при цьому спостерігається, що за дозування ПНЛ 13 % до маси борошна інтенсивність збільшення швидкості зменшується. Збільшення швидкості підйимальної сили дріжджів відбувається не тільки за рахунок наявності певної кількості глюкози і фруктози, а й за рахунок підживлення середовища іншими полісахаридами – лігнанами, які містить насіння льону, а також амінокислотами, вітамінами, макро-, мікроелементами. Результати дослідження мальтазної активності підтверджуються закономірностями, отриманими за визначення зимазної активності, тобто швидкість підйому тіста збільшується на 9...23,4 % у разі збільшення дозування ПНЛ від 5 до 10 % до маси борошна і починає

погіршуватися у разі дозування – 13 % до маси борошна; це може бути зумовлено більшою кількістю дріжджових клітин, що брунькуються і при цьому не здійснюють бродильну активність. Тому подальші дослідження обмежилися дозуванням ПНЛ до 10 % до маси борошна.

На проходження активації дріжджів впливає не тільки поживне середовище, а і температура середовища та тривалість активації. Тому для встановлення технологічних параметрів фази активації дріжджів здійснювали оптимізацію.

Методом планування експерименту нами визначено оптимальні параметри процесу активації дріжджів. Контролювали підйомну силу дріжджів, від зміни температури: з 20 до 40 °С та тривалості: (10...30)·60 с процесу. Відповідно встановлено характеристики наступних параметрів:

x_1 – температура, °С;

x_2 – тривалість активації, $t \cdot 60$ с;

x_3 – кількість пророщеного насіння льону, % до маси борошна.

В якості функцій відклику, прийнято: Y – підйомна сила дріжджів, $t \cdot 60$ с.

Для вирішення даного завдання використовували методику експериментально-статистичного моделювання для вирішення задач типу «Технологія-властивість». Багатофакторний експеримент здійснювали за D-оптимальним планом для повних поліномів другого ступеню. Основний, нижній та верхній рівень і інтервали варіювання наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Рівні та інтервали факторів модифікації

Рівні	Фактори		
	Температура T , °С	Тривалість обробки, $t \cdot 60$, с	ПНЛ, %;
	X_1	X_2	X_3
Основний (X_i)	30	25	10
Інтервал варіювання (Dx)	5	5	3
Верхній ($X_{i \max}$)	35	30	13
Нижній ($X_{i \min}$)	25	20	7

Матриця планування експерименту і результати проведених досліджень представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Умови проведення експериментів, план повнофакторного експерименту ПФЕ²³ та значення вихідного параметру

№	План повнофакторного експерименту			Умови проведення експериментів			Середнє значення функції відгуку $Y_{\text{ср}} \times 1 \text{ см}^3 / 100 \text{ г}$	
	п/п	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ т-ра рідинної фази тіста, °С	X ₂ Тривалість обробки, t*60,с		
1	1	1	1	35	30	13	60	59
2	-1	1	1	25	30	13	63	62
3	1	-1	1	35	20	13	61	56
4	1	1	-1	35	30	7	57	54
5	-1	-1	-1	25	20	7	59	50
6	1	-1	-1	35	20	7	56	55
7	-1	1	-1	25	30	7	52	51
8	-1	-1	1	25	20	13	49	53
9	0	0	0	30	25	10	45	47
10	0	0	1	30	25	13	51	55
11	0	1	0	30	30	10	50	54
12	1	0	0	35	25	10	53	55
13	-1	0	0	25	25	10	51	52
14	0	-1	0	30	25	10	53	53
15	0	0	-1	30	25	7	48	49

За результатами обробки експериментальних даних, було одержано адекватне рівняння регресії у вигляді трьох факторної квадратичної функції:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = 44,88 + 0,005 \cdot x_1^2 + 0,002 \cdot x_2^2 + 0,025 \cdot x_3^2 \quad (4.1)$$

Відношення дисперсії неадекватності до дисперсії експерименту становить $F=1,12$, критична величина розподілення Фішера $F_{\phi}=2,327$ дають змогу отриманому рівнянню регресії адекватно описувати даний процес й

може бути використане для вибору оптимальних параметрів активації пресованих дріжджів у разі використання пророщеного насіння льону.

Для встановлення мінімального значення підйомної сили дріжджів здійснено мінімізацію знайденого рівняння регресії, що зображено на скріншоті.

$$Y(x_1, x_2, x_3) := 44.88 + 0.005 \cdot x_1^2 + 0.002 \cdot x_2^2 + 0.025 \cdot x_3^2$$

Given

$$25 \leq x_1 \leq 35$$

$$30 \leq x_2 \leq 35$$

$$7 \leq x_3 \leq 13$$

$$\text{Minimize}(Y, x_1, x_2, x_3) = \begin{pmatrix} 30 \\ 25 \\ 10 \end{pmatrix}$$

+

Встановлено, що мінімальне значення підйомної сили дріжджів $Y=47$ досягається при координатах оптимуму:

В кодованому вигляді

$$X_1 = 0$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = -0$$

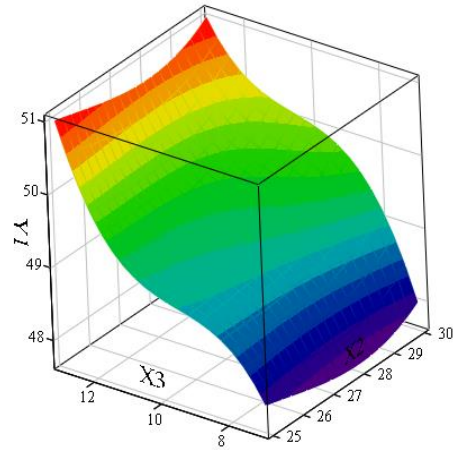
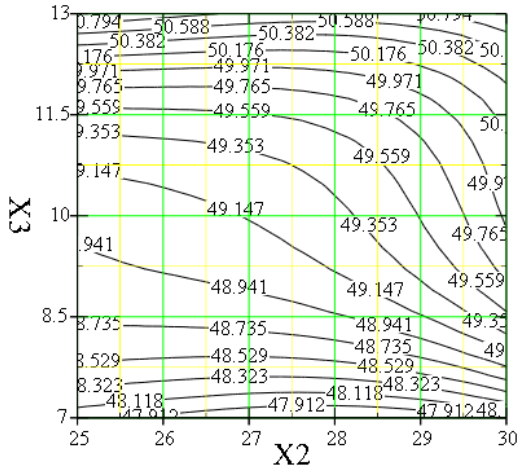
В натуральному вигляді

$$X_1 = 30$$

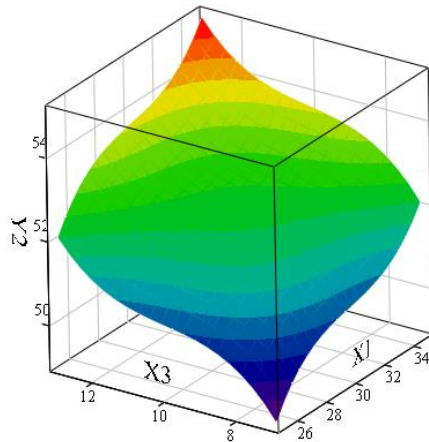
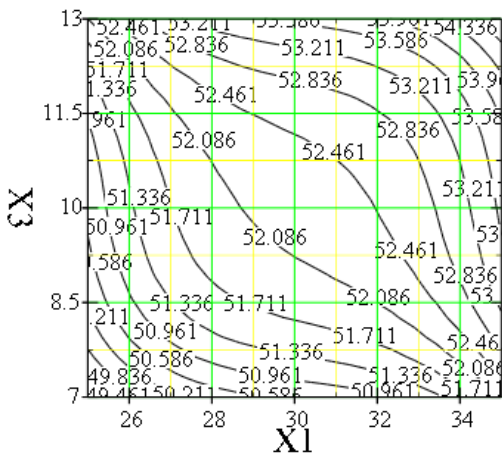
$$X_2 = 25$$

$$X_3 = 10$$

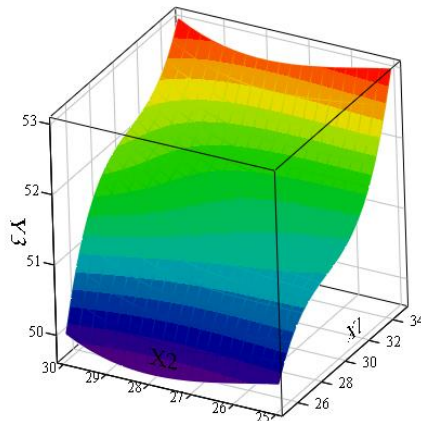
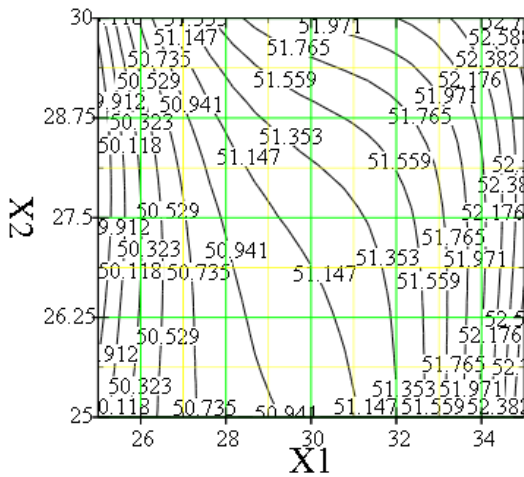
Стабілізуючи фактори на оптимальному рівні отримуємо графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоперхонь відгуку для підйомної сили дріжджів. Це дозволяє вибрати більший спектр параметрів технологічного процесу для отримання активованих дріжджів з максимально можливим дозуванням пророщеного насіння льону.



a) $X_1=0$



a) $X_2=0$



a) $X_3=-1$

Рисунок 4.2 – Графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоповерхонь відгуку для підйомної сили дріжджів на оптимальних рівнях

Аналіз поверхонь відгуку та ізоліній свідчить, що додавання ПНЛ сприяє покращенню підйомної сили дріжджів. Час попередньої активації досягає свого максимуму вже після 20·60 с та з періодом обробки частково змінюється. Аналізуючи отриману залежність, можна зробити висновок, що підйомна сила досягає порогового значення при параметрах активації: температури $28\pm 2^\circ\text{C}$, тривалості обробки t 30·60 с та дози ПНЛ 10...15 % від маси борошна.

В результаті експериментальних досліджень встановлено технологічні параметри фази активації дріжджів у разі використання ПНЛ у кількості 10 % до маси борошна.

На рис. 4.3 наведено параметричну схему фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону вологістю 63...65%.

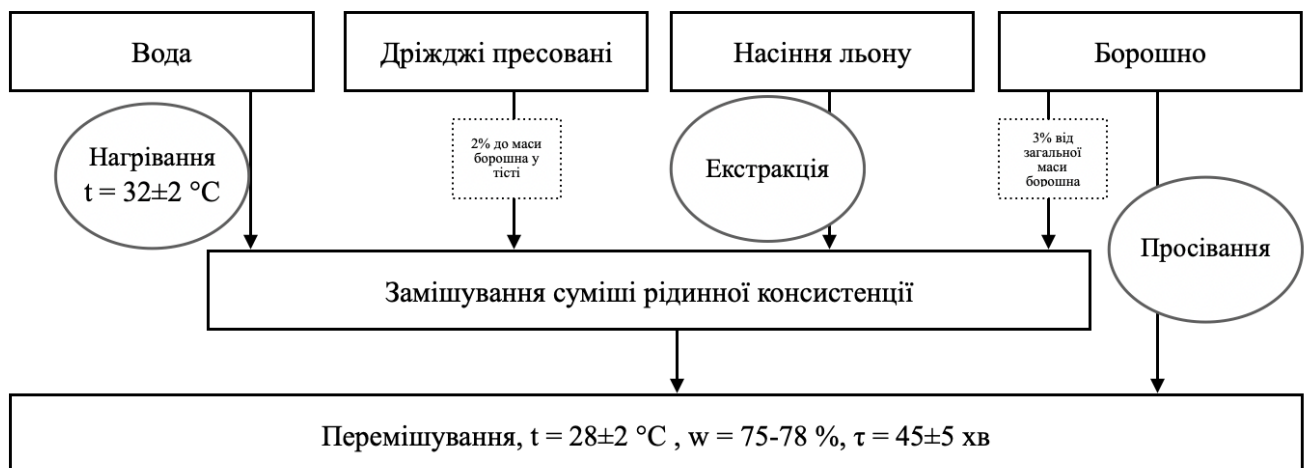


Рисунок 4.3 – Параметрична схема фази активація дріжджів

Зважаючи на вподобання сучасних споживачів у закладах ресторанного господарства, щодо надання переваги оригінальним заварним сортам хлібам, збагачених різними видами насіння, у роботі прийнято рішення застосовувати пророщене насіння льону у рецептурі виробу в якому житнє борошно піддають заварюванню та оцукрюванню [10]. Такий хліб було передбачено готувати із застосуванням фази активації дріжджів з використанням пророщеного льону та пшеничного

борошна і використанням закваски-підкислювача «Uniferm Ferment-Sauer» (Leipurin, Фінляндія).

Зважаючи на те, що виготовлений виріб повинен мати функціональні властивості завдяки збагаченню цінними складовими льону було передбачено проведення дослідження, щодо додаткового внесення пророслого насіння льону сорту «Вручий», що характеризується високим вмістом білка, поліненасичених жирних кислот, калію, кальцію та вітамінів, зокрема токоферолів, які доказово мають позитивний вплив на здоров'я людини, додатково у рецептуру тісто.

Всі дослідні зразки готували на фазі активації, що містила 10 % пророщеного насіння льону вологістю 63...65 %, в тісто було передбачено додатково вносити ПНЛ в кількості 10, 15 та 20 % до маси борошна. Контрольний зразок готували без додаткового внесення пророщеного насіння льону в тісто. Тісто для контролю готували вологістю 47 %. Для визначення вологості тіста з пророщеним насінням льону досліджували водопоглинальну здатність суміші пшеничного борошна з пророщеним насінням льону з урахуванням вологості пророщеного насіння льону (рис. 4.4).

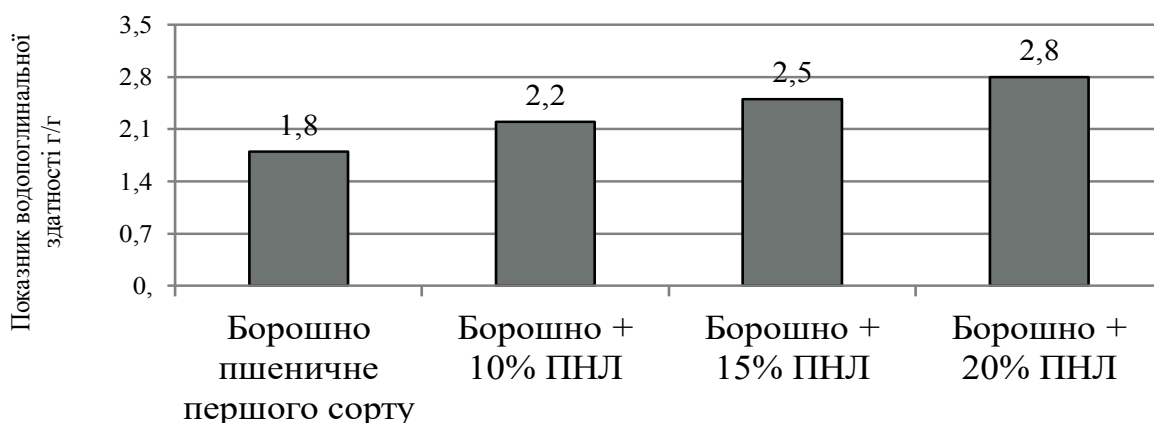


Рисунок 4.4 – Водопоглинальна здатність суміші пророщеного насіння льону та пшеничного борошна

Аналіз результатів досліджень показав, що зі збільшенням дозування пророщеного насіння льону збільшується водопоглинальна здатність суміші. Тому доцільно збільшувати вологість тіста з ПНЛ на 1...2 %.

Тісто готували за прискороною технологією, а саме в дослідних зразках пророщене насіння льону змішували з борошном, далі вносили фазу активації, попередньо заварену та оцукрену заварку всю іншу сировину і перемішували за повільних обертів протягом 4 хв для ретельного перемішування інгредієнтів на напівфабрикатів, далі замішування тіста здійснювали за швидких обертів протягом 10...15 хв до утворення структури тіста. Результати лабораторного випікання наведено в табл. 4.5 та на рис. 4.4.

Аналіз результатів досліджень показав, що внесення пророщеного насіння льону не впливає на початкову кислотність тіста, кінцева кислотність зменшується порівняно зі збільшенням дозування пророщеного насіння льону, але при цьому знаходиться в межах рекомендованої кислотності для житньо-пшеничних сортів до 11,0 град.

Таблиця 4.5 – Вплив пророщеного насіння льону на показники якості тіста та хліба, n=3, p \geq 0,95, σ =3...5 %

Показник	Контроль	Внесено % пророщеного насіння льону до маси борошна		
		10,0	15,0	25,0
1	2	3	4	5
Тісто				
Тривалість бродіння, хв	170			
Вологість тіста, %	47,0	47,5	48,0	48,5
Кислотність, град				
початкова	4,5	4,5	4,5	4,5
кінцева	6,2	5,6	5,4	5,2
Тривалість вистоювання, хв	60	55	50	45
Газоутворення у тісті за час бродіння та вистоювання, см ³ /100 г тіста	870	904	924	954
Розпливання тіста, мм	86	87	89	92
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,46	2,38	2,31	2,20

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4	5
Хліб				
Питомий об'єм, см ³ /г	2,64	2,43	2,32	2,08
Пористість, %	69	67	64	61
Кислотність, град	5,3	4,4	4,0	4,0
Формостійкість, h/d	0,42	0,40	0,39	0,37
Кришкуватість через 48 год зберігання, %	4,2	4,6	5,3	6,1
Зовнішній вигляд: - форма	правильна			
- поверхня скоринки	гладка з включенням насіння льону		нерівна з включенням насіння льону	
Колір скоринки	золотисто-коричнюватий			
Стан м'якушки: - колір	золотисто-жовтий з включенням насіння льону		жовтий з включенням насіння льону	
рівномірність забарвлення	рівномірне		не рівномірне, з'являється мармуровість	
- еластичність	еластична		менше еластична	
- стан пористості	середня			
	рівномірна з включенням насіння льону		менш рівномірна з включенням насіння льону	нерівномірна з включенням насіння льону
	тонкостінна		з товстими стінками чим в контролі	
	не липка			
Смак та аромат	властивий пшеничному хлібу з легким приємним горіховим присмаком		властивий пшеничному хлібу з вираженим олійним та горіховим присмаком	

Спостерігається зменшення тривалості вистоювання тістових заготовок у разі додаткового внесення пророщеного насіння льону в тісто на 8,3...25,0 % в міру збільшення його дозування. На нашу думку це пов'язано з зі зменшенням питомого об'єму тіста, а саме з погіршенням газоутримувальної здатності і неможливості утримувати діоксид вуглецю, за рахунок розукріплення клейковинного каркасу насінинами льону і зменшення показника пружно-еластичних властивостей тіста завдяки в'язких розчинів, які утворюються за контакту полісахаридів, що знаходяться на поверхні пророщеного насіння льону, і води.

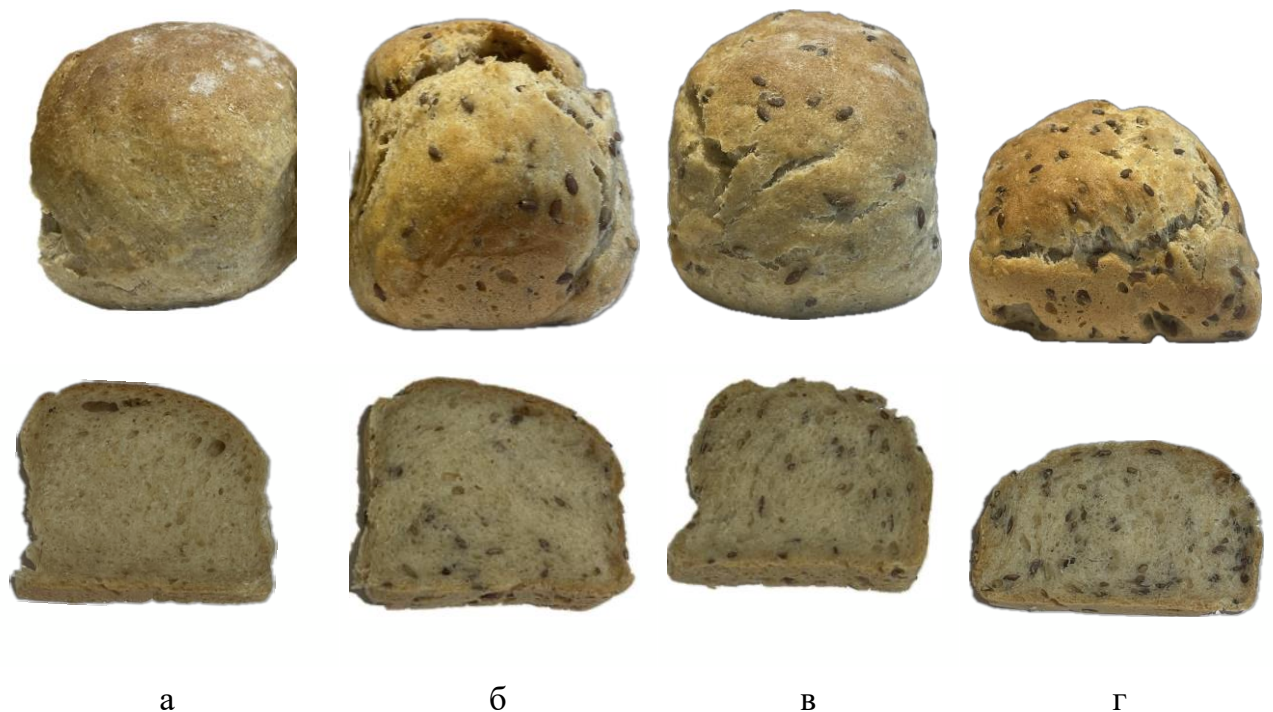


Рисунок 4.4 – Зразки житньо-пшеничного хліба: а) – контроль (без добавок); б) – житньо-пшеничний хліб з 10 % ПНЛ; в) – житньо-пшеничний хліб з 15 % ПНЛ; г) – житньо-пшеничний хліб з 25 % ПНЛ до маси борошна

Спостерігається збільшення розпливання тіста з пророщеним насінням льону зі збільшенням його дозування, це корелює зі зменшенням показника формостійкості готових виробів. Тому рекомендуємо виготовляти дані вироби формовими, але у разі використання подових виробів рекомендується

на першому етапі виробу випікати за високих температур 270...300 °С для формування скоринки виробів та закріплення формостійкості.

Результати досліджень свідчать про менше накопичення діоксиду вуглецю у зразках з додатковим внесенням пророщеного насіння льону у тісто порівняно з контролем на 3,1...8,8 %. Очевидно, це пов'язано з збільшенням в тістовій системі полісахаридів льону, які огортають клітину дріжджів у разі набухання та зменшують їх бродильну активність.

Збільшення розпливання тіста, зменшення газоутворювальної та газотримувальної здатностей у разі додаткового внесення пророщеного насіння льону призвело до зменшення питомого об'єму хліба на 7,9...21,2 % порівняно з контролем в залежності від дозування пророщеного насіння льону, також спостерігається погіршення пористості та формостійкості. Збільшення дозування пророщеного насіння льону призводить до підвищення кришкуватості у виробках після 48 год зберігання на 9,5, 26,2 і 45,2 % у разі додання пророщеного насіння льону відповідно 10, 15 і 20 % до маси борошна.

Органолептичне дослідження зразків хліба показало, що додавання до рецептури житньо-пшеничного хліба пророщеного насіння льону призводить до помітного включення насіння як у скоринці так і в м'якушці виробів, що збільшується зі збільшенням внесення пророщеного насіння льону. У разі дозування 20 % до маси борошна пророщене насіння льону значно погіршує стан зовнішнього вигляду та стан м'якушки. Готові вироби набувають приємного горіхового присмаку, але у разі дозування пророщеного насіння льону у кількості 20 % до маси борошна спостерігається виражений олійно-горіховий присмак.

Таким чином, для максимального збагачення житньо-пшеничного хліба нутрієнтами, вітамінами та мінеральними речовинами зі збереженням органолептичних та фізико-хімічних показників якості рекомендуємо вносити пророщене насіння льону у кількості 10 % до маси борошна з фазою активації дріжджів та 15 % до маси борошна безпосередньо в тісто, а при

цьому необхідно дослідити та встановити технологічні параметри для зменшення крихкуватості та товстостінності скоринки і збільшення об'єму виробів.

4.3. Оптимізація технологічних процесів виробництва житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону

Для визначення оптимальних режимів виробництва житньо-пшеничного хліба з внесенням 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону (10 % з фазою активації дріжджів і 15 % безпосередньо в тісто) проведено планування повнофакторного експерименту ПФЕ 2^3 та пошук екстремуму за методом Бокса-Уілсона. Із застосуванням методу апріорного ранжування факторів нами обрано наступні фактори оптимізації:

X_1 – температура напівфабрикату, °С;

X_2 – вологість тіста, %;

X_3 – тривалість бродіння тіста, хв.

Критерієм оптимізації обрано питомий об'єм хліба, $\text{м}^3/100 \text{ г}$ (Y). Основний, нижній та верхній рівень і інтервали варіювання наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Рівні та інтервали факторів модифікації

Рівні	Фактори		
	X_1 т-ра напівфабрикатів, °С	X_2 вологість тіста, %	X_3 тривалість бродіння, $\tau \cdot 60, \text{с}$
	X_1	X_2	X_3
Основний (X_i)	30	48	60
Інтервал варіювання (Dx)	5	2	5
Верхній ($X_{i \max}$)	35	50	65
Нижній ($X_{i \min}$)	25	46	55

Проведення математичного моделювання впливу основних факторів оптимізації на технологію приготування досліджуваних зразків тіста

проводили при замішуванні тіста на тістомісильній машині (див. розділ 2, рис. 2.5). Умова проведення експериментів, план повнофакторного експерименту ПФЕ 2^3 та значення вихідного параметру Y тіста житньо-пшеничного хліба з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону надано у табл. 4.7.

Таблиця 4.5 – Умови проведення експериментів, план повнофакторного експерименту ПФЕ 2^3 та значення вихідного параметру

№	План повнофакторного експерименту			Умови проведення експериментів			Середнє значення функції відгуку $U_{ср} \times 1 \text{ см}^3 / 100 \text{ г}$	
	X_1	X_2	X_3	X_1 т-ра напівфабрикатів, $^{\circ}\text{C}$	X_2 вологість тіста, %	X_3 тривалість бродіння, $\tau * 60, \text{с}$		
1	1	1	1	35	50	65	2,97	2,98
2	-1	1	1	25	50	65	3	3,03
3	1	-1	1	35	46	65	2,95	2,97
4	1	1	-1	35	50	55	2,94	3,01
5	-1	-1	-1	25	46	55	3	3,06
6	1	-1	-1	35	46	55	3,04	3,00
7	-1	1	-1	25	50	55	3,06	3,06
8	-1	-1	1	25	46	65	2,98	3,03
9	0	0	0	30	48	60	3,12	3,13
10	0	0	1	30	48	65	3,09	3,08
11	0	1	0	30	50	60	3,02	3,02
12	1	0	0	35	48	60	2,93	2,99
13	-1	0	0	25	48	60	3,07	3,04
14	0	-1	0	30	46	60	2,99	3,00
15	0	0	-1	30	48	55	3,11	3,11

За результатами обробки експериментальних даних, було одержано адекватне рівняння регресії у вигляді трьох факторної степеневі функції:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = 4,176 \cdot x_1^{-0,052} \cdot x_2^{0,027} \cdot x_3^{-0,06} \quad (4.2)$$

Відношення дисперсії неадекватності до дисперсії експерименту становить $F=1,24$, критична величина розподілення Фішера $F_{\Phi}=3,327$ дають змогу отриманому рівнянню регресії адекватно описувати даний процес й може бути використане для вибору оптимальних параметрів виробництва хлібобулочних виробів з визначеною температурою тіста, вологістю тіста та тривалістю бродіння.

Для встановлення максимального значення питомого об'єму було здійснено мінімізацію знайденого рівняння регресії, що зображено на скріншоті.

Given

$$25 \leq x_1 \leq 35$$

$$46 \leq x_2 \leq 50$$

$$55 \leq x_3 \leq 65$$

$$\text{Maximize}(Y, x_1, x_2, x_3) = \begin{pmatrix} 30 \\ 48 \\ 60 \end{pmatrix}$$

Встановлено, що максимальне значення питомого об'єму $Y=3,13$ досягається при координатах оптимуму:

В кодованому вигляді

$$X_1=0$$

$$X_2=0$$

$$X_3=-0$$

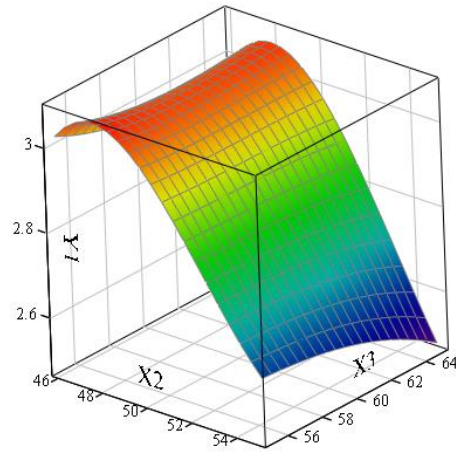
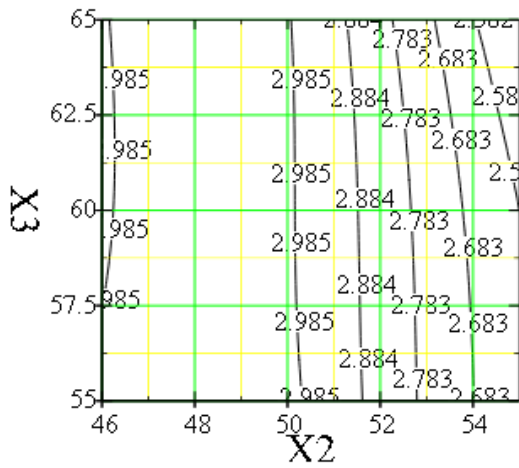
В натуральному вигляді

$$X_1=30$$

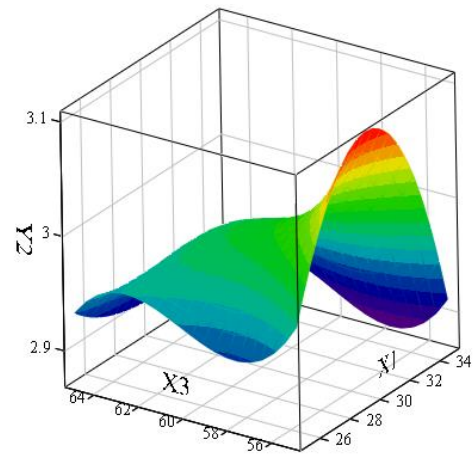
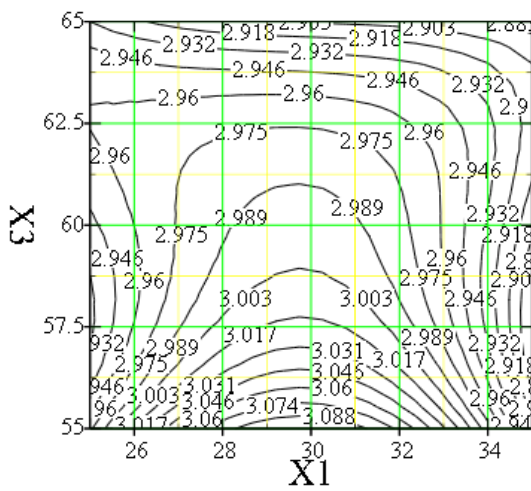
$$X_2=48$$

$$X_3=60$$

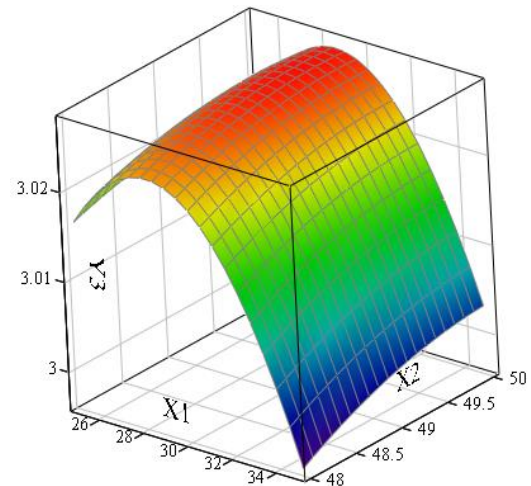
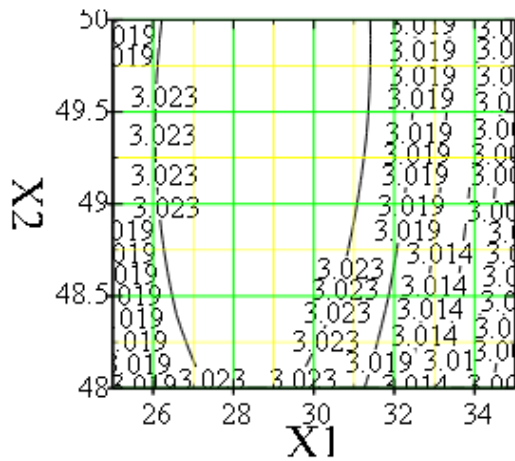
Стабілізуючи фактори на оптимальному рівні отримуємо графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоповерхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів (рис. 4.5). Це дозволяє вибрати більший спектр параметрів технологічного процесу для отримання хлібобулочних виробів хорошої якості з максимально можливим дозуванням шроту насіння льону.



a) $X_1=0$



a) $X_2=0$



a) $X_3=-1$

Рисунок 4.5 – Графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоповерхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів на оптимальних рівнях

За результатами аналізу поверхонь віддуку та ізоліній, рекомендується виготовляти житньо-пшеничний хліб з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону при вологості тіста 48...49 %, а отже за такої вологості краще виготовляти формовий виріб, температурою тіста $t=30...32$ °C та тривалістю бродіння 60...62 хв.

У зв'язку з рекомендацією випікати вироби формовими було доцільно дослідити та встановити оптимальні режими випікання.

4.4. Встановлення параметрів випікання житньо-пшеничного хліба з додаванням пророщеного насіння льону

У випіканні значну роль відіграє термовологопровідність, яка є частковою поверхнею теплового напруження заготовки тіста. Знаючи теплопровідність, густину і теплоємність заготовки, що характеризують теплофізичні властивості, можна розрахувати теплові потоки. Адже борошняні вироби є досить чутливим матеріалом. Тому вплив рівня t_0 на перебіг хімічних реакцій в тістовій заготовці визначає ефективність процесу і якість хлібобулочних виробів. Порушення технологічного процесу призводить до погіршення смаку, кольору, запаху, виникнення пригару виробу, адгезію до поду печі та псування його зовнішнього вигляду. Зміна температури по висоті тістової заготовки зумовлює перебіг у різних її шарах процеси, які призводять до утворення скоринки і м'якушки хліба.

Отже, прогрівання вологої заготовки тіста полягає в температурному впливі на колоїдну капілярно-пористу структуру. Тому фізичним фактором при випіканні є рух теплових потоків й вологи в тісті-хлібі.

Рух вологи перебуває у вигляді молекулярного перенесення пари (j_n) і у вигляді перенесення рідини (j_p), що обумовлене перепадом потенціалу. Потенціал вологи виникає за рахунок створення в заготовці тіста градієнта температури:

$$q = -(\lambda + a \cdot \rho_0 \cdot \delta \cdot J_p) \cdot gradt - a \cdot \rho_0 \cdot J_n \cdot gradU, \quad (4.3)$$

де q – густина сумарного потоку теплоти, Вт/м²;

λ – коефіцієнт теплопровідності вологого тіста-хліба, Вт/М×К;

$gradt$ – градієнт температури, К/м;

J_n – ентальпія вологи, що переміщується всередині тіста-хліба у вигляді пари, кДж/кг;

J_p – ентальпія рідини, кДж/кг;

a – коефіцієнт температуропровідності (потенціалопровідність) тіста-хліба, м²/с;

ρ_0 – вага абсолютно сухого тіста-хліба в одиниці об'єму вологого тіста-хліба, кг/м³;

δ – коефіцієнт термовологопровідності, %/град.

Додавання пророщеного насіння льону показало (із попередніх досліджень) утворення товстостінної структури м'якушки за різними шарами, які утворювалися під час росту тістової заготовки. З часом випікання проходить ущільнення в центральних шарах із-за досягнення температури кипіння. Наш погляд цікавим є встановлення впливу пророщеного насіння льону на перенесення тепла вологою у вигляді рідини і пари (рис. 4.6) в якості контролю обрано житньо-пшеничний хліб «Рось» виготовлений за прискореною технологією.

Густину потоку теплоти для початкового періоду процесу випікання, можна написати в загальному вигляді:

$$q = -(\lambda + J \cdot a \cdot \rho_0 \cdot \delta) \cdot gradt = -\lambda_{екв} \cdot gradt, \quad (4.4)$$

де $\lambda_{екв}$ – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності тіста-м'якуша, що враховує вплив масообміну на теплообмін, Вт/м×К;

$$\lambda_{екв} = \lambda + J \cdot a \cdot \rho_0 \cdot \delta. \quad (4.5)$$

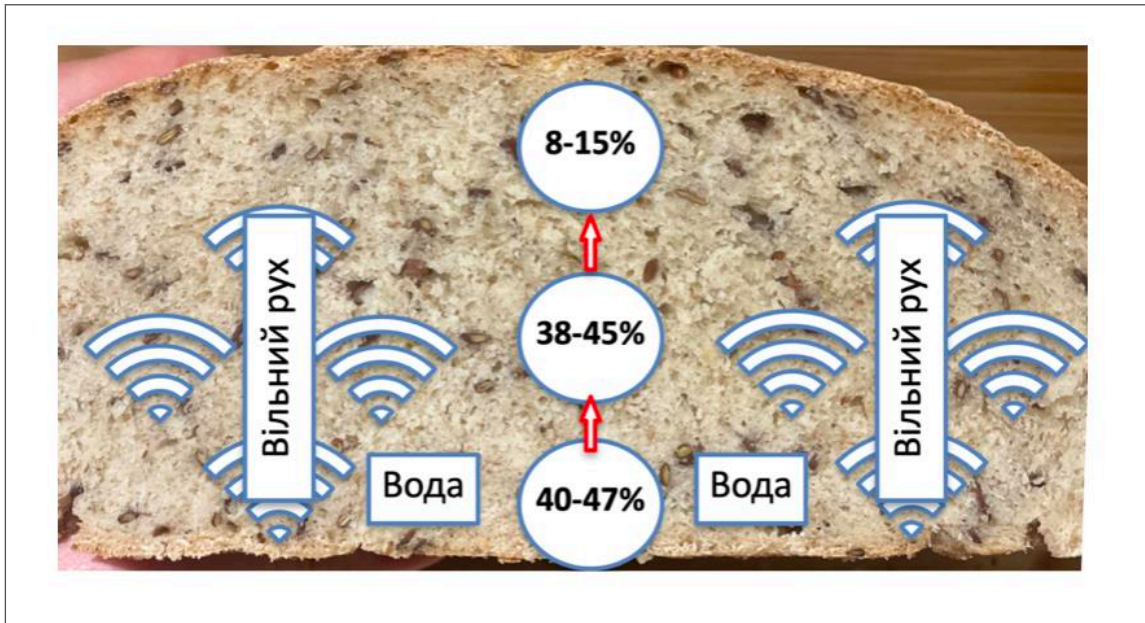
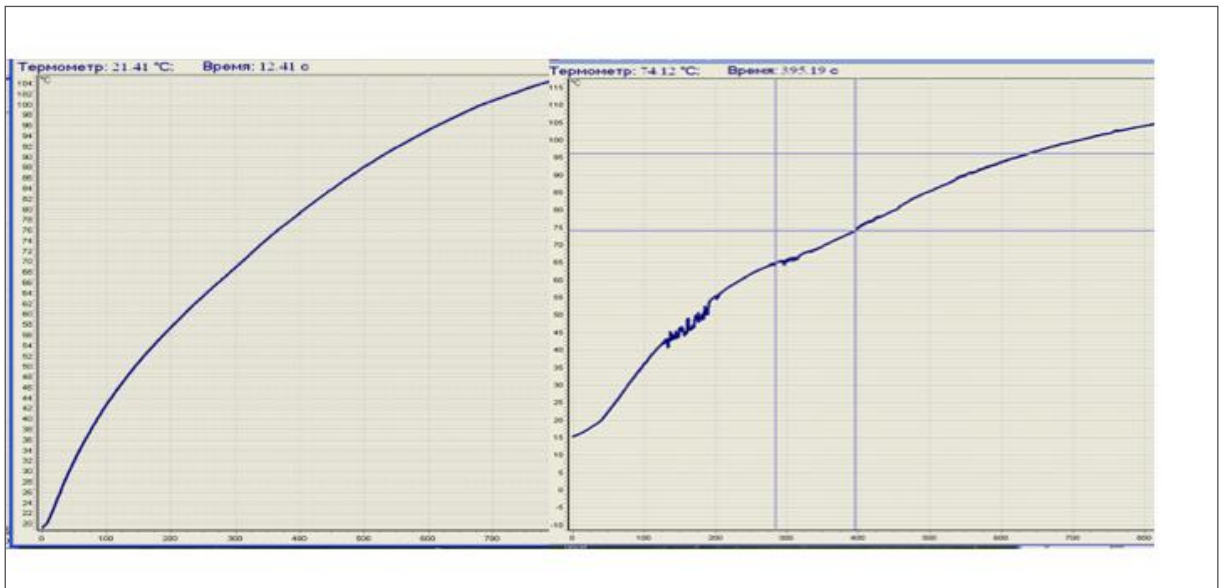


Рисунок 4.6 – Схема розподілу руху вологи та температурних перепадів внутрішньої оболонки h тіста-хліба при випічці

При обчисленні витрати теплоти на випікання тістової заготовки ми встановлювали значення перед випічкою t_0 , м'якушки по закінченні випічки t_m і скоринки t_k . Всі ці параметри впливають на формування об'єму хлібобулочних виробів під час випікання. Формування об'єму зразків залежить від зміни температури, адже на цю зміну може впливати пророщене насіння льону. Для розрахунку зміни об'єму тіста-хліба пошарово в часі ми використали методику, описану в 2 розділі. Вона включає залежність величини температур шару, віддаленість шару від скоринки та час випікання. Дані величин одержані з утвореного температурного поля, визначеного на установці термостатичної шафи SLN 32 ECO при допомозі універсального вимірювального комп'ютерного приладу. Термостатична шафа SLN 32 ECO дозволила отримати криві залежності теплофізичних властивостей тіста-хліба від часу з автоматизованим запуском та зупинкою процесу вимірювання. На рис. 4.7 подано графіки зміни температур досліджуваних зразків. Крім цього нас цікавив вплив зміни витрати тепла з часом при випіканні досліджуваних зразків хліба на зміну вологості. Залежність від часу подано на рис. 4.7.

Аналіз кривих показав відмінності в прогріванні досліджуваних зразків, але при цьому відбувається, без перешкод, рух вологи при заданих температурах прогрівання зразків тіста-хліба. Досить чітко видно зміну температури під час термообробки. Контрольний зразок прогрівається скоріше у порівнянні із житньо-пшеничним хлібом в рецептуру якого входить 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону на 5хв.



a)

б)

Рисунок 4.7 – Вікно програми: динаміки температури у тісті-хлібі під час термічної обробки а) – контроль (без добавок); б) – житньо-пшеничний хліб з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону

Розрахунковим шляхом визначили температуру прогрівання заготовок. На основі отриманих даних визначили зусилля потоку. Оскільки градієнт температур у тісті-хлібі визначається за нашими експериментальними вимірами, то тепловий потік можна розрахувати як добуток коефіцієнта теплопровідності тіста на градієнт температур на поверхні. На основі рівняння (4.4) використано метод кінцевих різниць оцінки теплового потоку $q(t)$ на границі розділу шарів. Одержані дані витрати тепла під час випікання зразків зведено у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Витрати тепла при випіканні досліджуваних зразків хліба

Показники	Витрати тепла при випіканні тіста-хліба	
	контроль	житньо-пшеничний хліб з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
На прогрів заготовки ($q_{пр}$)	170,50±1,12	196,5±1,23
На випаровування ($q_{вип}$)	223,93±1,142	260,06±1,92
Сумарні витрати ($q_{пр} + q_{вип}$)	394,43±2,54	456,56±3,15

Зміна вологості тіста-хліба з часом на різних рівнях випікання зростає від низу до верхнього рівня утвореної скоринки. Протягом періоду часу випікання від 50 до 60 хв, середня температура для контролю була 170 °С, а досліджуваного зразка була на 9 °С більша і час тривав на 13,4 % довше.

В результаті прогрівання заготовки тіста, із даних рис. 4.7 і таблиці 4.8 відбувається плавне теплове розширення газів і випаровування легкокиплячих компонентів і вологи, що знаходяться в порах. Відповідно збільшується початковий об'єм і пористість м'якуша із закріпленням його структури в напрямку від поверхні до центру. Зміна витрати тепла відчутна в результаті зміни щільності окремих шарів тіста-хліба при внесенні ПНЛ. Значний вплив на цей процес здійснює не тільки тепловий режим, але і додавання ПНЛ.

Зміна зовнішньої форми і висоти виробів пов'язана із зміною щільності теплового потоку по висоті, що є наслідком двох причин: зміни пористості і вологості окремих шарів тіста-хліба під дією термовологопровідності і переміщення випареної вологи. При цьому різко прискорюється прогрівання не лише шару м'якуша, що прилягає до скоринки, але і відбувається зміна характеру температури центральної частини м'якуша. Результати випікання зразків формового виробу (рис. 4.8) підтвердили незначне потовщення стінок і зменшення розмірів пор в хлібові з пророщеним насінням льону. Очевидно це пов'язано з великою кількістю в'язких розчинів полісахаридів, що утворюються у разі внесення з пророщеним насінням льону полісахаридів,

які при контакті з водою утворюються і пропікаються повільніше, ніж тісто без пророщеного насіння льону.



Рисунок 4.8 – Зразки житньо-пшеничного хліба: а) – контроль (без добавок); б) – житньо-пшеничний хліб з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону

Таким чином, на підставі проведено модельного дослідження щодо встановлення зміни параметрів випікання житньо-пшеничного хліба з додаванням пророщеного насіння льону було встановлено, що додавання пророщеного насіння льону зумовлює подовження тривалості випікання тістових заготовок на 13,4 %, що необхідно враховувати під час організації випікання такого хліба в умовах виробництва.

4.5. Розроблення рецептури та технологічної інструкції з виробництва житньо-пшеничного хліба

Результати експериментальних досліджень показали, що максимально можливим внесенням в рецептуру житньо-пшеничного хліба пророщеного

насіння льону вологістю 63...65 % є 25 % до маси борошна, при цьому 10 % з фазою активації дріжджів, а 15 % безпосередньо в тісто, також для забезпечення смаку та аромату доцільно використовувати в рецептуру заварку, цукор та олію.

Для покращення якості житньо-пшеничного хліба з внесенням в рецептуру 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону за прискореного способу тістоприготування, а саме використання заквасок-підкислювачів доцільно тісто готувати вологістю 48...49 % замішування здійснювалося тривалістю до 15 хв залежно від якості борошна.

На підставі експериментальних досліджень розроблено рецептуру житньо-пшеничного хліба «Здравиця». Завдяки пробним лабораторним випіканням визначено показники технологічного процесу, якість виробів виготовлених за даною рецептурою. Рецептура хліба та показники якості хліба «Здравиця» наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Рецептура житньо-пшеничного хліба «Здравиця» (сировина у % до маси борошна) та показники якості

Сировина, кг	Хліб «Здравиця»
1	2
Борошно житнє обдирне	20,0
Борошно пшеничне першого сорту	80,0
Пророщене насіння льону	25,0
Дріжджі пресовані	2,0
Сіль кухонна харчова	2,0
Цукор білий	1,2
Олія соняшникова	0,7
Закваска-підкислювач	0,5
Всього	131,4

Продовження таблиці 4.9

1	2
Органолептичні показники якості хліба	
Зовнішній вигляд: формових	відповідає формі, в якій випікали, без бокових впливів
Поверхня	відповідає житньо-пшеничному виробу, без забруднень, гладка, без тріщин і підривів з насіннями льону, з оздобленням або без; для упакованих – незначну зморшкуватість; для нарізаних – зі слідами розрізів
Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого, без підгорілості
Стан м'якушки	пропечена, без слідів непромісу; з незначною липкістю; дещо ущільнена з включенням насіння льону.
Смак	властивий цьому виду виробів, без стороннього присмаку з приємним горіховим присмаком
Запах	властивий цьому виду виробів, без стороннього запаху
Фізико-хімічні показники якості хліба	
Вологість, %, не більше ніж	47,5
Кислотність, град, не більше ніж	8,0
Пористість, %, не менше ніж	46,0

Показники технологічного процесу виготовлення хліба «Здравиця» наведено в таблиці 4.10.

Параметричну схему виробництва житньо-пшеничного хліба «Здравиця» наведено на рис. 4.9, та апаратурно-технологічну схему представлено на рис. 4.10.

Таблиця 4.10 – Показники технологічного процесу виготовлення хліб «Здравиця»

Показники	Фаза активації тіста	Заварка	Тісто
Борошно житнє обдирне, кг	-	20,0	-
Борошно пшеничне першого сорту, кг	3,0	-	77,0
Пророщене насіння льону, кг	10,0	-	15,0
Дріжджі пресовані, кг	2,0	-	-
Сіль кухонна харчова, кг	-	-	2,0
Цукор білий, кг	-	-	1,2
Олія соняшникова, кг	-	-	0,7
Закваска-підкислювач, кг	-	-	0,5
Фаза активації дріжджів, кг			15,0
Заварка, кг			20,0
Вода, кг	за розрахунком		
Вологість, %	75-78	74-76	48-49
Температура початкова, °С	28-30	63-65	30...32
Тривалість бродіння, хв	30-65	-	60-62
Тривалість оцукрювання, хв	-	90-120	-
Кислотність кінцева, не більше град	-	-	12,0

Підготовка сировини до виробництва проводиться згідно з «Правилами організації та ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах» [11].

Усі інгредієнти зважують (4) відповідно до рецептури, борошно просіюють (7). Попередньо готують житню заварку (заливають житнє борошно 63...65 °С водою) та проводять активацію дріжджів: сухі пресовані дріжджі розводять у воді при температурі 32...35 °С, додають цукор, пшеничне борошно та 10 % ПНЛ, перемішують протягом 3...6 хв.

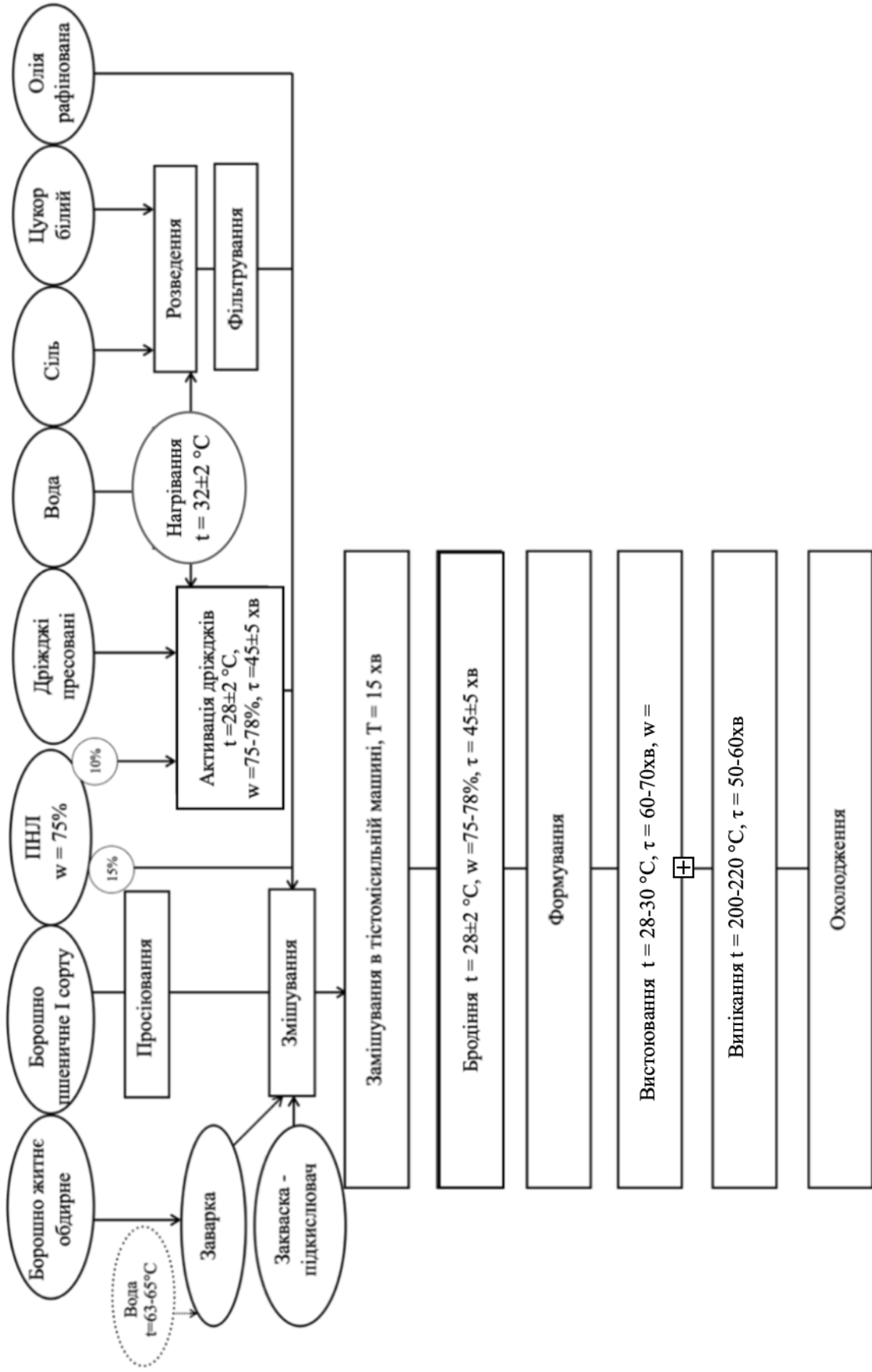


Рисунок. 4.9 - Параметрична схема виробництва житнього-пшеничного хліба "Здравиця"

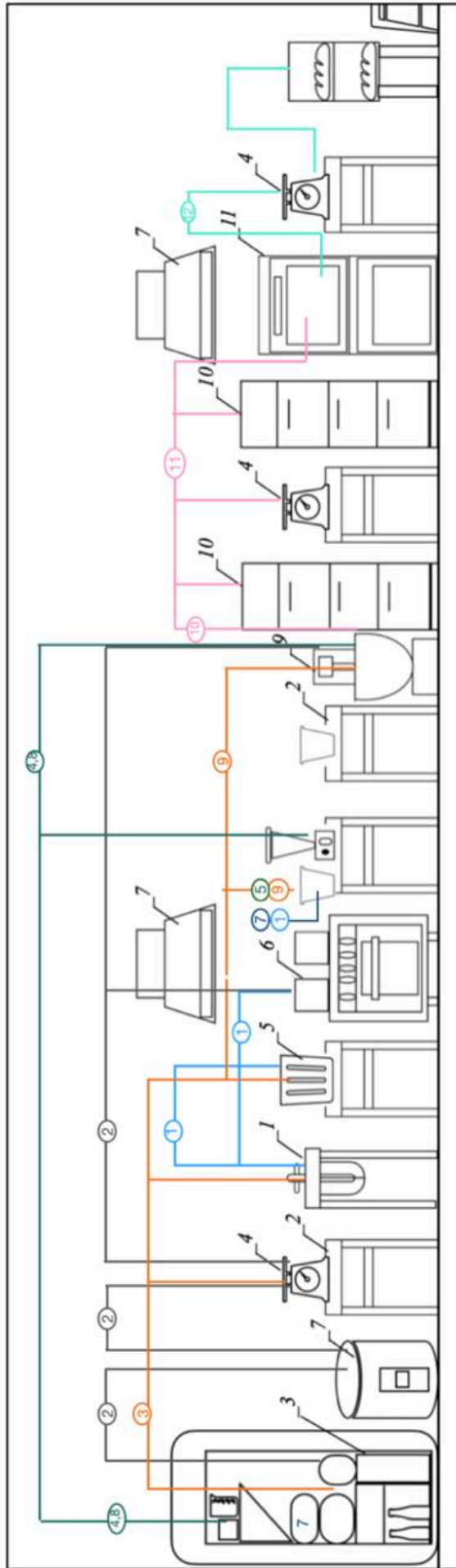


Рисунок 4.10 Апаратурно-технологічна схема виготовлення житньо-пшеничного хліба “Здравиця”

Позн.	Назва
-1-	Вода
-2-	Борошно житнє обдирне, пшеничне I сорту
-3-	Льон сорту “Вручий”
-4-	Сіль
-5-	Дріжджі пресовані
-6-	Полікомпонентний підкислювач
-7-	Цукор-пісок
-8-	Олія соняшникова
-9-	ПНЛ
-10-	Тістовий напівфабрикат
-11-	Формовий виріб
-12-	Пшенично-життій хліб “Здравиця”

Позн.	Найменування обладнання	Тип, марка
1	Мийка	ВРНК 500
2	Виробничий стіл	ТЕСН-800
3	Підтоварник	ПТ-3
4	Ваги	СВН - 5
5	Пророцувач	FL3000
6	Електрична плита	Е7Р4
7	Витяжна вентиляція	F200
8	Просювач	Кумкава FLM
9	Тістомісильна машина	SP200
10	Вистоювальна шафа	ЕШЮ 2
11	Піч для випікання	ЕШЮ 2

До суміші просіяного борошна додають підготовлені розчини солі, цукру, закваску-підкислювач та олію. Тісто замішують з розрахунковою вологістю 47 % у двохшвидкісній тістомісильній машині періодичної дії (9): у діжу з активованими дріжджами вносять воду, житню заварку, сольовий розчин, суспензію дріжджів, 15 % ПНЛ та решту компонентів за рецептурою та замішують протягом 15 хв.

Тісто дозріває у діжах 30...65 хв. Готовність тіста визначають за збільшеним об'ємом в 1,5-2 рази та кислотністю. Дозріле тісто подається для формування на робочу поверхню (2). Тістовим заготовкам для хліба «Здравиця» надають квадратної форми. Сформовані тістові заготовки укладають на листи контейнера, який направляють у шафу (10) для вистоювання до готовності за температури 28...30 °С і відносній вологості 75...85 % становить 60...70 хв.

Вистояні тістові заготовки для хліба «Здравиця» випікають в печі ЕШЮ (11) за температури 200...220 °С, 60...75 хв залежно від маси виробів. Температурний режим, тривалість вистоювання та випікання виробів можуть змінюватись залежно від виду обладнання, умов його експлуатації та якості сировини. Розроблена технологія житньо-пшеничного хліба «Здравиця» апробовані в умовах виробничих цехів пекарні «Піщанська» та «Мурованокурилицевському хлібозаводі».

4.6. Дослідження впливу пророщеного насіння льону на структурно-механічні властивості тіста

Хлібобулочні вироби належної якості можна отримати у разі приготування тіста з певними структурно-механічними властивостями та створення умов для проходження біохімічних і мікробіологічних процесів в ньому. Аналіз структурно-механічних властивостей тіста дозволяє прогнозувати, який буде формуватися об'єм виробів, пористість та структура м'якушки готових виробів.

Основну роль у формуванні структурно-механічних властивостей тіста відіграє клейковина, яка утворюється в результаті набухання не розчинних білків пшеничного борошна гліадину та глютеніну з утворенням губчасто-сітчастої структури – клейковинного каркасу. Від стану клейковинного каркасу залежить еластичність, пружність та здатність утримувати діоксид вуглецю тіста і формостійкість тістових заготовок.

Для встановлення впливу пророщеного насіння льону на кількість сирової клейковини та якість замішували тісто для житньо-пшеничного хліба «Здравиця» за рецептурою наведеною в табл. 4.7 в якості контролю було тісто для житньо-пшеничного хліба «Рось» (розділ 2 табл. 2.2). Результати досліджень наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Показники якості клейковини, $n=3$, $p \geq 0,95$, $\delta 3...5\%$

Показники	Контроль	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
Кількість сирової клейковини, %	24,3	20,5
Гідратаційна здатність, %	163	206
Пружність за приладом ИДК, од. прил.	56	62
Розтяжність, см	13	10
Еластичність	хороша	задовільна
Колір	світлий з сіруватим відтінком	сіра
Характеристика структури	хороша	рихла

Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону призводить до зниження кількості клейковини у тісті на 19,5 % порівняно з контролем. Вірогідно це зумовлено меншим поглинанням води білковими речовинами борошна внаслідок конкурентного поглинання частини води насінням льону. Крім того в пророслому льоні активізуються ряд ферментів, зокрема протео-

літичних, які частково екстрагуються у рідку фазу тіста та діючи на клейковину також впливають на зменшення її кількості.

Дослідження якості клейковини показало, що внесення пророщеного зерна льону зумовлює формування рихлої структури клейковини внаслідок чого вона має коротку розтяжність та задовільну еластичність, на відміну від контрольного зразка з клейковиною середньою за розтяжністю та хорошою.

Дослідження пружних властивостей клейковини показало, що клейковина дослідного зразка має 10,7 % меншу пружність, ніж в контролі. Вірогідно це пов'язано зі зміною структури клейковини, а саме, що вона має рихлу не зв'язану масу. Поряд з цим клейковина дослідного зразка має на 26,0 % вищу гідратаційну здатність, причиною цього можуть бути розчини полісахаридів, які під час замішування тіста продовжують екстрагуватися з поверхні насіннини у рідку фазу тіста та вклинюються в структуру клейковини у вигляді в'язких розчинів, це з одного боку зумовлює формування рихлої структури клейковини, а з іншого додаткове утримання в цій структурі вологи у вигляді розчинів слизів.

Для визначення впливу пророщеного насіння льону на пружно-еластичні властивості житньо-пшеничного тіста досліджували зміну водопоглинальної здатності, стійкості та еластичності тіста за допомогою фаринографу фірми «Brabender» (Німеччина) за ДСТУ 4111.1-2002 [12]. Результати досліджень наведено в таблиці 4.13.

Аналіз результатів досліджень показав, що при досягненні однакової консистенції тіста внесення пророщеного зерна льону підвищує водопоглинальну здатність тіста на 4,5 % та подовжує тривалість його утворення на 3,9 хв. Ймовірно причиною цього є те що внесення пророслого насіння льону потребує більшого часу для включення насінин у структуру тіста. При цьому було відзначено, що значно зростає стійкість тіста яка становить 24 хв для дослідного зразка проти 5,4 хв для контрольного зразка. Напевно, це пов'язано з тим, що розчини полісахаридів, які екстрагуються в рідку фазу тіста загущуючи тісто підвищують його стійкість. Також спостерігається

збільшення розрідження тіста на 6,9 % порівняно з контролем у зв'язку з погіршенням клейковини що було встановлено попередніми дослідями, яка є рихлою та нееластичною.

Таблиця 4.13 – Вплив пророщеного насіння льону на пружно-еластичні властивості тіста, n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Показники	Контроль	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
Консистенція, од. приладу	452	458
Водопоглинальна здатність, %	56,8	61,3
Час утворення тіста, хв	3,3	7,2
Розрідження тіста через 12 хв замішування, од приладу	72	77
Стійкість тіста, хв	5,4	24

Для визначення впливу пророщеного насіння льону на в'язко-пластичні властивості тіста проводили дослідження з визначення його ефективної в'язкості та формоутримувальної здатності за питомим об'ємом тіста в процесі бродіння. Влив пророщеного зерна льону на в'язко-пластичні властивості за розпливанням кульки тіста в процесі його ферментації протягом трьох годин за температури 30 °С (рис. 4.11).

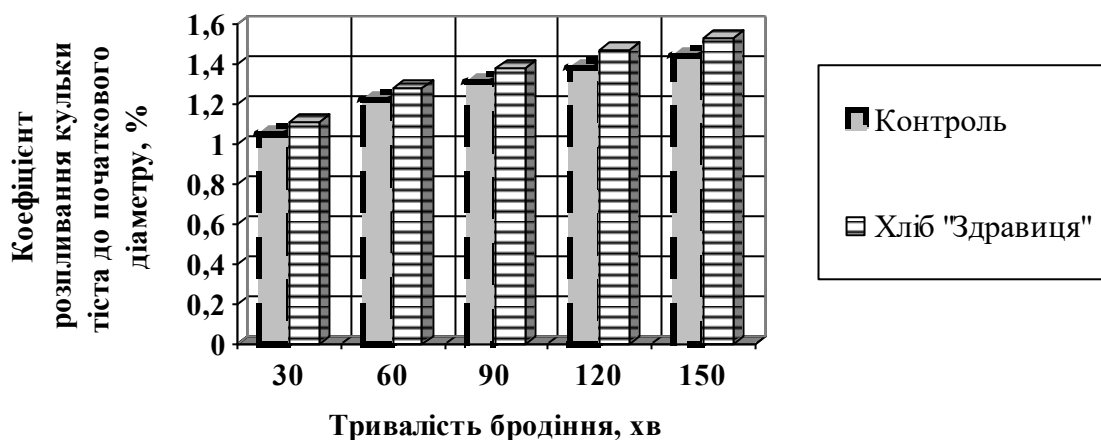


Рисунок 4.11 – Формоутримувальна здатність тіста під час бродіння

Результати досліджень показали, що у разі внесення в рецептур житньо-пшеничного хліба пророщеного насіння льону вологістю 65 % в кількості 25 % до маси борошна формоутримувальна здатність зменшується на 5,9 % порівняно з контролем. Це пов'язано з погіршенням якості клейковини, яка за своєї рихлості та нееластичності не в змозі утримувати вуглекислий газ виділений дріжджами під час бродіння і вистоювання та розрідженням тіста за рахунок збільшення вмісту пентозанів, які відграють роль у формуванні в'язкості системи, з її збільшенням підвищується в'язкість розчину, але кількості та якості клейковини не вистачає утримувати дані розчини. Тому для отримання виробів належної якості рекомендується виготовляти формовими.

Для підтвердження отриманих результатів здійснювали дослідження впливу пророщеного насіння льону на зміну питомого об'єму тіста протягом 150 хв бродіння (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 – Зміна питомого об'єму тіста в процесі бродіння

Аналіз результатів досліджень показав, що у разі додання пророщеного насіння льону збільшується питомий об'єм тіста на 5,7 % порівняно з контролем, що підтверджує наші рекомендації по виробництву житньо-пшеничного хліба «Здравиця» у формах.

4.7. Дослідження впливу пророщеного насіння льону на біохімічні та мікробіологічні процеси в тіста

Для підтвердження встановлених показників впливу пророщеного насіння льону на питомий об'єм виробів та пористість подальші дослідження стосувалися визначенню газоутворювальної здатності та динаміки газоутворення.

Визначення кількості виділеного вуглекислого газу, протягом 180 хв (тривалість бродіння, вистоювання та початкова стадія випікання) на приладі АГ-1М [13]. Результати представлені на рис. 4.13.

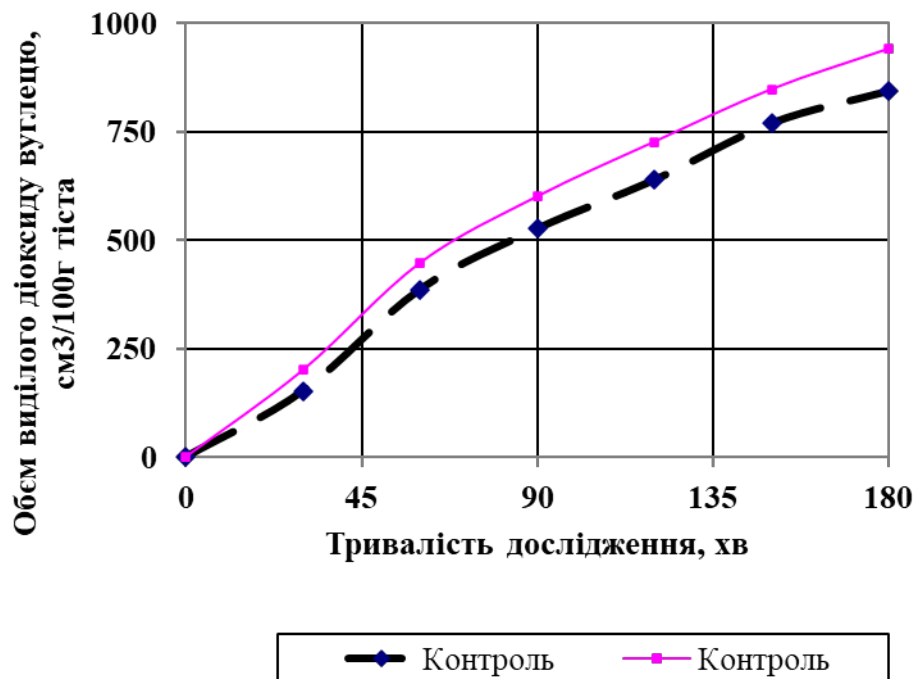


Рисунок 4.13 – Характеристика сумарного виділення діоксиду вуглецю

Встановлено, що виділення вуглекислого газу за 180 хв бродіння в дослідному зразку хліба «Здравиця» виділяється на 11,5 % більше порівняно з контролем. Підвищене виділення вуглекислого газу у дослідному зразку свідчить про інтенсифікацію процесу бродіння та підтверджує ефективність застосування фази активації дріжджів з додаванням пророщеного насіння льону. Вірогідно, що під час активації дріжджові клітини адаптуються до анаеробних умов борошняного середовища завдяки вмісту пшеничного борошна у фазі активації, а внесення пророщеного насіння льону сприяє

покращенню живильного складу рідкої фази внаслідок часткового екстрагування з пророщеного насіння льону через напівпрониклу набухлу оболонку амінокислот. Поряд із цим у рідку фазу активації дріжджів переходять розчини водорозчинних полісахаридів, які в наслідок дії ферментів, що активізуються під час пророщення, накопичують глюкозу, яка додатковим джерелом живлення для дріжджів на етапі активації. Тому тісто замішане на фазі активації для хліба «Здравиця» буде містити дріжджі з більш високою бродильною активністю, які інтенсивну зброджують як власні цукри борошна так і цукри, що накопичуються під час приготування заварки.

Дослідження динаміки виділення вуглекислого газу (рис. 4.14) показали, що пік виділення вуглекислого газу у дослідному зразку спостерігається на 80 хв ферментації на відміну від контролю, для якого цей пік формується на 60 хв. Це свідчить, що внесення пророщеного насіння льону у тісто додатково збагачує рідку фазу тіста поживними речовинами, що сприяє забезпеченості дріжджів живленням.

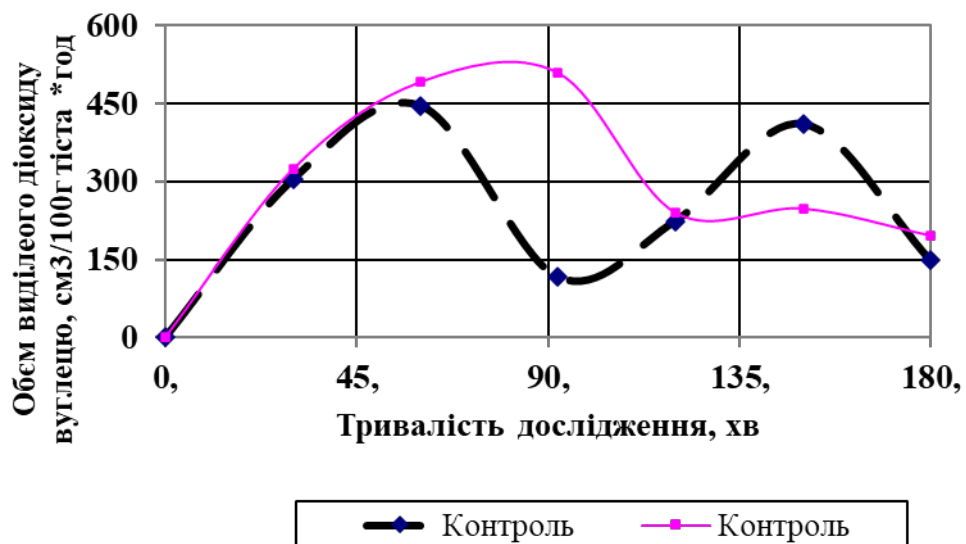


Рисунок 4.14 – Динаміка газоутворення в тісті

Аналіз кривих дозволяє прийняти рішення, що тривалість бродіння тіста потрібно припинити за 20...30 хв до досягнення піку виділення вуглекислого газу. Тому для дослідного зразка хліба «Здравиця» доцільно

припинити бродіння на 60 хв, щоб максимальне виділення вуглекислого газу припадало на період вистоювання.

Дослідження підйимальної сили тіста (рис. 4.19) підтвердили, висновки щодо інтенсифікації процесів бродіння в дослідному зразку, отримані за дослідження газоутворення, адже було встановлено, що тривалість підйому кульки тіста для хліба «Здравиця» на 6 хв менша, ніж для контролю. В літературі є дані, що розчини полісахаридів насіння льону у тістовій системі огортають дріжджові клітини у внаслідок своєї в'язкої структури чим можуть зменшувати доступність поживних речовин до дріжджів.

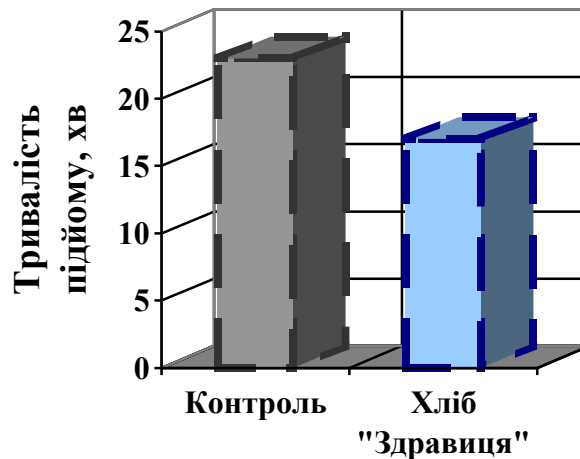


Рисунок 4.14 – Підйимальна сила тіста

Однак, в процесі пророщення є підготовчий етап насіння, який полягає у його замоченні та наступному відділенні розчинів полісахаридів, які є саме найбільш в'язкими на цьому етапі. В подальшому пророщені полісахариди насіння льону продовжать екстрагуватися у вигляді слизів, але з насіннини також екстрагуються ферменти ксиланази, які розщеплюючи водорозчинні полісахариди зменшують їх в'язкість і вірогідно розчини, що утворюються внаслідок їх нижчої в'язкості не погіршують доступність до дріжджової клітини поживних речовин.

Відомо, що процес бродіння залежить не тільки від підйимальної сили дріжджів, а і від вмісту редукувальних цукрів. Тому було доцільно дослідити

баланс утворення та збродження цукрів у разі додання до рецептури житньо-пшеничного тіста пророщеного насіння льону. Тісто готували без дріжджів та з доданням 2 % дріжджів. В дослідному зразку активовану фазу не робили, а пророщене насіння льону вносили відразу в тісто. Експеримент проводили відразу після замішування тіста та через 90 хв автолізу або бродіння за температури 32 °С. Вміст цукрів досліджували методом Шорля. Результати досліджень наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Накопичення і збродження цукрів у процесі бродіння тіста, % на СР, n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Показники	Контроль	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
Бездріжджове тісто		
Вміст цукрів після замішування	3,40	3,86
Через 90 хв ферментації	5,12	7,22
Утворилось цукрів	1,72	3,36
Дріжджове тісто		
Після замішування	3,48	3,88
Через 90 хв ферментації	4,16	5,46
Зброджено цукрів	1,04	1,78
Хліб		
Скоринка	10,6	11,9
М'якушка	3,4	4,8

Внесення в тісто пророщеного насіння льону забезпечує отримання більшої кількості мальтози порівняно з контролем, яке пов'язано з активізацією ферментів під час пророщення насіння льону. Більша кількість незброджених цукрів забезпечує інтенсивніше газоутворення та забезпечує гарну пористість і великий об'єм виробів. У скоринці виробів накопичується цукрів більше, ніж у м'якушці, що пов'язано з інтенсивнішою реакцією

меланоїдиноутворення завдяки цукрам, які утворюються з крохмалю скоринки внаслідок її контакту з середовищем високої температури та підвищеною вологістю в печі, за яких відбувається інтенсивніший гідроліз крохмалю.

Висновки за розділом 4

1. За експериментальними дослідженнями розроблено рецептурний склад фази активації дріжджів, вологістю 75...78 %: 3 % борошна від загальної кількості борошна в тісті, 2 % пресованих дріжджів до маси борошна в тісті, 10 % пророщеного насіння льону до маси борошна в тісті, що встановлено на підставі покращання підйимальної сили напівфабрикату. Встановлено параметри активації дріжджів: температура – 30...40 °С, тривалість замішування – 3...6 хв, тривалість активації – 30...65 хв.

2. Для додаткового збагачення житньо-пшеничного хліба, який виготовлений за прискореною технологією із застосуванням фази активації дріжджів з пророщеним насінням льону, було встановлено, що безпосередньо в тісто доцільно вносити 15 % пророщеного насіння льону вологістю 63...65 %. На підставі експериментальних досліджень зі встановленим дозуванням пророщеного насіння льону було розроблено рецептуру житньо-пшеничного хліба «Здравиця» із загальним вмістом пророщеного насіння льону 25 % до маси борошна.

3. Удосконалено технологію житньо-пшеничного хліба з додаванням пророщеного насіння льону, яка передбачає приготування фази активації дріжджів, заварки із житнього борошна та тіста. Методом оптимізації встановлено, що тісто доцільно готувати 48...49 % та тривалістю бродіння 60...70 хв.

4. Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону, призводить до зниження кількості клейковини у тісті на 19,5 % порівняно з контролем та погіршує якість клейковини зумовлюючи формування рихлої, короткорваної та нееластичної маси.

5. Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону подовжує тривалість утворення тіста та його стійкість однак, при цьому, на 5,9 % зменшується формоутримувальна здатність та покращується газоутримувальна здатність порівняно з контролем на 5,7 %. Тому для забезпечення отримання виробів належної якості рекомендовано виробляти формовими.

6. Встановлено, що застосування фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону інтенсифікує процеси бродіння в тісті, що підтверджено більшим на 11,5 % виділенням вуглекислого газу та скороченням тривалості підйому кульки на 6 хв. За динамікою виділення вуглекислого газу було встановлено що тривалість бродіння тіста повинна становити 60 хв для забезпечення максимального виділення вуглекислого газу під час вистоювання тістових заготовок.

7. Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону сприяє утворенню цукрів у процесі бродіння, які позитивно впливають на проходження реакції меланоїдиноутворення та інтенсифікації процесу бродіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 4

1. Сильчук Т. А., Кулініч В. І., Цирульнікова В. В., Паливода С. П. Хлібопекарські поліпшувачі для виробництва хліба із суміші житнього та пшеничного борошна. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2013. №12(109). С.8-9.
2. ДСТУ 4583:2006 Хліб із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна. Загальні технічні умови.
Kraevska S. P., Piddubnyi V. A., Veselovska T. Ye., Stadnyk I. Ya., Vodnaruk O. A. Investigation of composition, properties and extraction parameters of flax seeds mucous-forming polysaccharides. Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. Наукове видання «Обладнання та технології харчових виробництв № 2 (43). 2021 Тематичний збірник наукових праць. 71-79.
3. Hammond J. Yeast growth and nutrition. *Brewing Yeast Fermentation Performance*. Oxford, UK: Oxford Brookes University Press, 2000. P. 77-85.

4. Дробот В. І., Басок Б. І., Ободович М. О., Семенко О. Ю. Спосіб активації пресованих хлібопекарських дріжджів: Пат. 54219 Україна, МПК С 12 N 1/18; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій (Україна). № 2002064865; заявл. 13.08.2002; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. 8 с.
5. Лебеденко Т. Е., Каминский А. Я., Щелакова Р. П., Соколова Н. Ю. Современные подходы к выбору способа приготовления пшеничного хлеба. Пищевая наука и технология. 2010. № 1 (10). С. 46–52.
6. Munoz A. J., Wanichthanarak K., Meza E., Petranovic D., (2012), Systems biology of yeast cell death, FEMS Yeast Research, Vol. 12, no. 2, pp. 249-265. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2011.00781>
7. Bondarenko Yu., Mykhonik L., Bilyk O., Kochubei-Lytvynenko O., Andronovich G., Hetman I. The use of golden flax seeds and oats sourbread in the production of wheat bread. Eastern – European journal of enterprise technologies. 2019. 4(11-100). P.46-55.
8. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням. К.: НТУУ, «КП», 1998. 408 с.
9. Фоміна І. М., Івахненко О. О. Вивчення харчової цінності пластівців із пророщеного зерна пшениці // Наукові праці ОНАХТ. 2013. Вип.44. Т.1. С.10-13.
10. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности. К.: Урожай, 1988. 152 с.
11. Правила організації і ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах [Текст] / М.: Харчова промисловість, 1999. 216 с.
12. ДСТУ 4111.1-2002 Борошно пшеничне. Фізичні характеристики тіста. Частина 1. Визначення водовбиральності та реологічних властивостей фаринографом (ISO 5530-1:1997, MOD).
13. Priyanka Kajla, Alka Sharma and Dev Raj Sood. Effect of germination on proximate principles, minerals and anti nutrients of flaxseeds. *Asian J. Dairy & Food Res.* 2017. V. 36 (1). P. 52-57.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОРОЩЕНОГО НАСІННЯ ЛЬОНУ НА СПОЖИВЧІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Хлібобулочні вироби є основними продуктами харчування, які придатні до збагачення, споживання яких в Україні становить 250...350 г на добу. На відміну від багатьох інших продуктів, хлібобулочні вироби можуть забезпечити організм людини значною кількістю енергії та майже всіма життєво необхідними нутрієнтами, а саме: білками, вуглеводами, вітамінами, мінеральними речовинами, а булочні та здобні вироби ще й жирами. При добовій потребі людини в енергії 2850 ккал споживання 350 г хлібобулочних виробів дає можливість забезпечити організм людини біля 30 % від загальної кількості калорій, в тому числі в 28 % від добової потреби в білках, біля 40 % – у вуглеводах, 31 % – у вітаміні В, 48 % – у залізі [1].

У період розвитку науки більшої популярності у технології хлібобулочних виробів набуває використання нетрадиційної сировини задля створення хлібобулочних виробів, що мають функціональні властивості. До такого виду сировини є пророщене насіння льону, завдяки своєму цінному хімічному складу (розділ 3).

До споживчих властивостей хлібобулочних виробів належать органолептичні та фізико-хімічні показники якості, мікробіологічна чистота, безпечність і харчова цінність тобто здатність забезпечувати організм людини поживними речовинами для функціонування організму.

Для обґрунтування припущень про покращення харчової цінності житньо-пшеничного хліба “Здравиця” з 25 % пророщеного насіння льону (розділ 4) нами проведено комплексні дослідження якості готових виробів, що включають органолептичні, фізико-хімічні згідно з ДСТУ 4583:2006 “Хліб із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна. Загальні технічні умови” [2]. Споживчу цінність хлібобулочних виробів оцінювали за їх харчовою та біологічною цінністю та мікробіологічною чистотою.

5.1. Вплив пророщеного зерна льону на органолептичні та фізико-хімічні показники якості

Метою даного дослідження було визначення впливу пророщеного насіння льону на органолептичні та фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничного хліба. Результати органолептичного аналізу наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Органолептичні та фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничного хліба $n=3, p \geq 0,95, \delta 3...5 \%$

Показник	Житньо-пшеничний хліб		Норма для житньо-пшеничного хліба за ДСТУ 4583:2006
	контроль	“Здравиця” з 25 % до маси борошна пророщеного зерна льону	
Стан поверхні	Гладка, без тріщин і підривів	Гладка, без тріщин і підривів з насіннями льону	Відповідає виду виробу, без забруднення, дозволено невеликі тріщини та підриви
Колір скоринки	Світло-коричневий		Від світло-коричневого до темно-коричневого, без підгорілості
Стан м'якушки	Колір світло-коричневий, забарвлення рівне	Колір коричнуватий, наближений до золотистого, із рівномірним забарвленням і розподілом ПНЛ	Пропечена, без слідів непромісу; у заварних сортів хліба — з незначною липкістю; у виробів з фруктами сушеними, горіхами, ядрами насіння, зерновими та круп'яними добавками тощо — дещо ущільнена
	М'якушка дрібнопориста, частково нерівномірна. Пористість середня за розмірами товщини стінок		Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів.
Смак і аромат	Властивий хлібу		
	з приємним присмаком і ароматом властивими житньо-пшеничному хлібу	з приємним горіховим присмаком та більш вираженим солодовим ароматом	без стороннього присмаку та запаху
Вологість, %, не більше ніж	44,3	47,5	53,0
Кислотність, град, не більше ніж	5,9	4,6	12,0
Пористість, %, не менше ніж	68	70	46,0

За результатами досліджень встановлено, що дослідний зразок хліба має правильну форму з гладкою поверхнею та дрібною пористістю м'якушки як в контрольному зразку. Поряд з цим відзначено, що м'якушка дослідного зразка має більш інтенсивне забарвлення ніж в контролі з включенням пророслого насіння льону. Смак і аромат цього зразка більш виражені ніж в контролі та мають приємний горіховий присмак. Аналіз стану м'якушки після 4 год остигання показав, що липкість, яка була властива м'якушці після випікання, відсутня. Органолептичні показники якості готової продукції відповідають вимогам стандарту ДСТУ 4583:2006 [2].

Для визначення впливу використання пророслого зерна льону на споживчі властивості житньо-пшеничного хліба здійснювали органолептичну оцінку за п'ятибальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості. Оцінка якості виробів здійснювалася за сумою балів, а величину коефіцієнта вагомості за методом експертної оцінки. Сума коефіцієнтів вагомості становить одиницю.

Органолептичну оцінку проводили за участю працівників Мурованокуриловецького хлібозаводу кооперативної промисловості. Результати обробленні за допомогою програми статистика (табл. 5.2).

За експертною оцінкою (табл. 5.2) встановлено, що розроблений виріб отримав оцінку 4,75, а контрольний зразок 4,65. Це дає можливість констатувати, що використання пророслого насіння льону не змінює органолептичні показники, а навіть покращує.

Експертна органолептична оцінка показала, що введення в рецептуру житньо-пшеничного хліба 25 % до маси борошна пророслого зерна позитивно впливає на смак і аромат виробів, покращується колір, еластичність, дещо збільшується об'єм виробів та розжовуваність. Це пояснюється тим, що пророслені зерна льону стимулюють активність дріжджової мікрофлори в тісті підвищуючи інтенсивність накопичення аромато- та смакостворюючих речовин і газоутворення.

Таблиця 5.2 - Органолептична оцінка хлібобулочних виробів,
 $n=3, p \geq 0,95, \delta 3...5 \%$

Показник	Коефіцієнт вагомості	Контроль	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
Форма	0,1	4,7	4,8
Об'єм виробу	0,15	4,6	4,6
Поверхня скоринки	0,05	4,6	4,7
Колір скоринки	0,05	4,8	4,9
Колір м'якушки	0,05	4,7	4,8
Пропеченість м'якушки	0,1	4,6	4,7
Пористість м'якушки	0,05	4,7	4,7
Смак	0,12	4,7	4,9
Аромат	0,13	4,7	4,9
Розжовуваність м'якушки	0,1	4,6	4,7
Еластичність м'якушки	0,1	4,5	4,6
Середній бал		4,65	4,75
Оцінка якості		відмінно	відмінно

Після експертної оцінки, яка встановила позитивний вплив пророщеного насіння льону на смак і аромат, які є одними із основних споживчих властивостей, так як від цих характеристик залежить засвоєння нутрієнтів хлібобулочних виробів організмом, подальші дослідження стосувалися визначенню утворення карбонільних сполук. Дані сполуки впливають на смак і аромат і їх утворення залежить від складу рецептури, продуктів взаємодії цукрів, карбонільних сполук з амінокислотами та білками [3].

У разі внесення в тістову систему пророщеного насіння льону змінюється вміст основним нутрієнтів, а саме білкових речовин, вуглеводів і жиру, що має позначитися на процесі утворення аромату.

Дослідження впливу пророщеного насіння льону вміст карбонільних сполук у житньо-пшеничному хлібі проводили методом Р.Р. Токаревої та В.А. Кретовича [4]. Зміни в накопиченні та звітрювання бісульфітзв'язуючих речовин досліджували через 4 та 48 год зберігання, так як розроблений виріб рекомендовано для закладів громадського харчування, що будуть пропонувати споживачам на місці їх виготовлення.

Таблиця 5.3 – Вміст бісульфітзв'язуючих речовин, мг – екв/100 г хліба,
n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Тривалість зберігання	Контроль	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
М'якушка		
4 год	9,64	12,91
48 год	6,53	11,20
Скоринка		
4 год	11,52	14,83
48 год	7,23	12,05

Дослідження показали (табл. 5.3), що за умови внесення в тісто пророщеного насіння льону вміст бісульфітзв'язуючих речовин у м'якушці та скоринці хлібобулочних виробів збільшується. Це пояснюється тим, що за рахунок внесення пророщеного насіння льону вносяться додатково білкові сполуки та незначна кількість редукувальних цукрів, що сприяють збільшенню вмісту карбонільних сполук, за рахунок більш інтенсивного проходження реакції меланоїдиноутворення. Так, у м'якушці і скоринці виробів збільшується вміст карбонільних сполук після випікання в 1,3 рази, а після 48 год зберігання – в 1,7 раз незважаючи на тривалість зберігання.

5.2. Вивчення впливу пророщеного насіння льону на процес черствіння хліба

У процесі зберігання погіршується якість харчових продуктів: хліб стає твердішим, крихкуватим, зменшується його еластичність, втрачаються смак і аромат, знижуються споживчі властивості. Зміна властивостей хліба пов'язана з процесами усихання та черствіння, які обумовлені втратами вологи, старінням клейстеризованого крохмалю і денатурацією білків, зміною форм зв'язку води. У цій частині досліджень визначали зміну вмісту води, структурно-механічних і гідрофільних властивостей м'якушки хліба під час його зберігання. Дослідження проводили після повного остигання виробів 4 години, а потім через 48 год зберігання. Під час проведення дослідження на вплив пророщеного насіння льону на черствіння хліба визначали структурно-механічні властивості м'якушки за пенетрометром КП-140 і оцінювали свіжість хліба за ступенем деформації (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Показники деформації м'якушки виробів у період зберігання, n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Зразки хліба, термін зберігання	Вид деформації, одиниць приладу			Збереження свіжості, %
	загальна	пластична	пружна	
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	67	46	21	100
Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	75	58	17	100
48 год зберігання				
Контроль (без добавок)	38	27	11	56,7
Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	52	39	13	69,3

Встановлено, що загальна деформація м'якушки зразків із пророщеним насінням льону після випікання є вищою на 11,9 %, а після зберігання 48 год – 36,8 % порівняно з контролем. Також показник збереження свіжості у

виробах з прощеним насінням льону після зберігання є вищим на 22,2 % порівняно з контролем, що є підтвердженням позитивного впливу пророщеного насіння льону на процес збереження свіжості хліба. Очевидно це пов'язано з більшою набухлістю пророщеної насінини льону і це призводить до активнішого потрапляння полісахаридів, що у розчині рівномірніше розподіляються у тістовій системі, взаємодіючи при цьому з білками борошна утворюючи комплекси, які укріплюють стінки пор готових виробів та обумовлюють посилення зв'язку насінини зі стінками пор в процесі випікання.

Для підтвердження отриманих результатів досліджували зміни крихкуватості та гідрофільних властивостей (рис. 5.1).

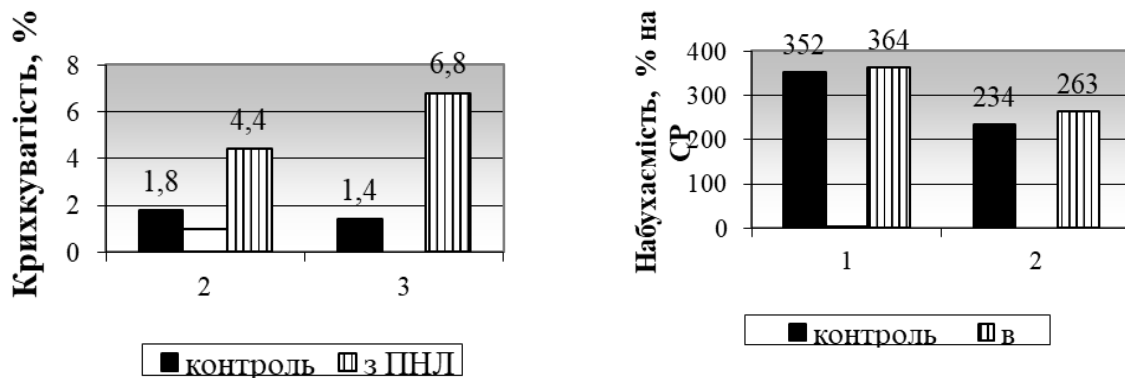


Рисунок 5.1 – Зміна крихкуватості та набухаємості житньо-пшеничного хліба з внесенням пророщеного насіння льону

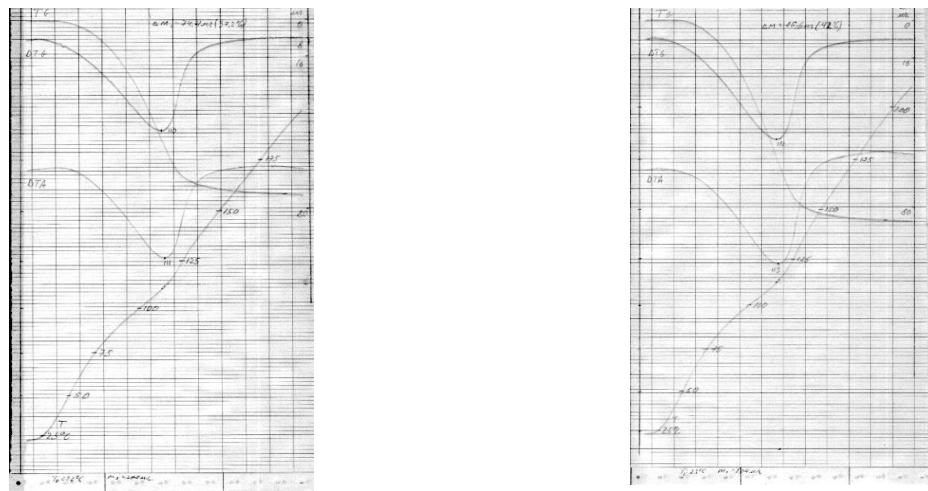
Результати досліджень показали, що внесення пророщеного насіння льону збільшує гідрофільні властивості м'якушки в порівнянні з контрольним зразком та сприяє зменшенню крихкуватості порівняно з контролем у якого спостерігалася менша ступінь зв'язку біополімерів борошна між собою, що зумовлювало утворення більшої кількості крихт. Так, при внесенні пророщеного насіння льону крихкуватість виробів була на 54,5 % менша за значення крихкуватості контролю.

Основну роль у збереженні свіжості хлібобулочних виробів відіграє у якій формі зв'язана волога у готовому виробі. Основними формами зв'язку вологи у хлібі є осмотично (набухання) та адсорбційно зв'язана волога.

Адсорбційна волога має більшу енергію зв'язку на відміну від осмотичної, яка вважається вільною [5].

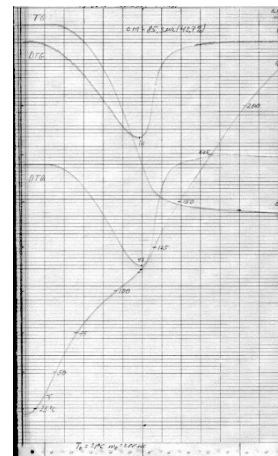
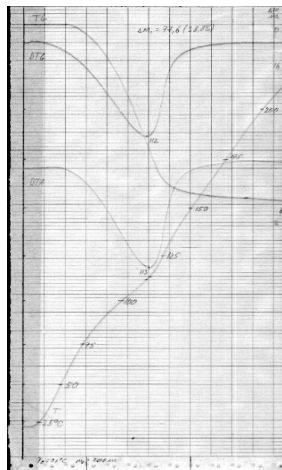
Під час остигання та зберігання хлібобулочних виробів відбувається перерозподіл зв'язаної і вільної вологи, а саме вільна випаровується і за цією зміною можна судити про ступінь черствіння [5].

Визначення проводили термогравіметричним способом за допомогою дериватографа Q-1500. Аналіз термогравіметричних кривих дав можливість одержати кількісні характеристики розподілу вологи у м'якушці виробів і зміни її стану у процесі зберігання через 4 та 48 год (рис. 5.2 табл. 5.5).



Контроль без добавок через 4 год

Хліб «Здравиця» через 4 год



Контроль без добавок через 48 год

Хліб «Здравиця» з 25 % через 48 год

Рисунок 5.2 – Дериватограми житньо-пшеничного хліба в процесі зберігання

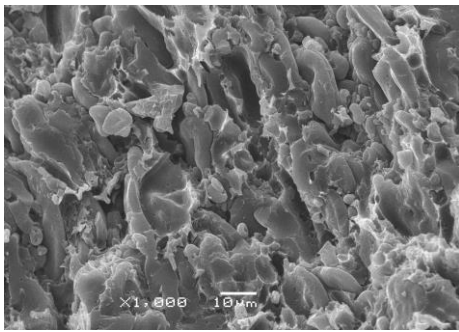
Таблиця 5.5 – Вміст вільної та зв'язаної вологи у м'якушці хліба, %

Зразки хліба	Тривалість зберігання, год	Масова частка вологи, % до загальної кількості		Втрата зв'язаної вологи, %
		вільна	зв'язана	
Контроль (без добавок)	4	74,5	25,5	4,6
	48	79,1	20,9	
Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	4	72,8	27,2	2,4
	48	75,2	24,8	

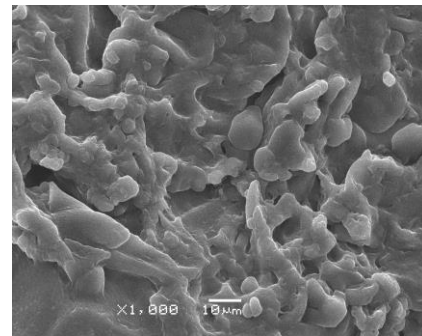
З таблиці 5.5. видно, що початковий вміст зв'язаної вологи в виробах з пророщеним насінням льону більший чим в контролі на 6,6 % після 48 год зберігання на 18,7 %, а втрата зв'язаної вологи менша у 2 рази порівняно з контролем. Таким чином, є підстава стверджувати, що використання в технології житньо-пшеничних сортів хліба пророщеного насіння льону сприяє уповільненню процесу черствіння.

Це твердження підтверджується мікроскопуванням виробів після 48 год зберігання, які зберігалися в не упакованому вигляді. Підготовка зразків здійснювали за такою послідовністю: заморожування, ліофільне висушування і напилювання у вакуум-камері вуглецю на шматок висушеної проби. Сканування зразків здійснювалося за допомогою електронного скануючого мікроскопа JEOLJSM-200 за збільшення в 1000 разів і фотографували найбільш наглядні ділянки.

У зразку з пророщеним насінням льону м'якушка складається з суцільної маси коагульованих під час випікання білків, в середині яких вкраплені набухлі, частково клейстеризовані зерна крохмалю та набухле насіння льону, і тільки де-не-де проглядаються прошарки повітря.



Контроль



Хліб «Здравиця» через 48 год

Рисунок 5.3 – Мікроструктура м'якушки хлібобулочних виробів після 48 год зберігання

Отже, використання пророщеного насіння льону подовжує свіжість виробів, що зберігаються протягом 48 год без пакування.

5.3. Дослідження впливу пророщеного насіння льону на безпечність готових продуктів.

До споживчих властивостей хлібобулочних виробів відноситься їх мікробіологічна чистота та відсутній вміст токсичних речовин. Тому доцільно було дослідити вплив пророщеного насіння льону на мікробіологічні показники готових виробів після 48 год зберігання. Досліджувані зразки зберігали за температури 20 ± 2 °C і відносній вологості 75 ± 2 % в неупакованому вигляді. Отримані результати наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Вплив пророщеного насіння льону на мікробіологічні показники після 48 год зберігання хлібобулочних виробів,
 $n=3, p \geq 0,95, \delta 3 \dots 5$ %

Мікробіологічні показники	Контроль без добавок		Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону		Вимоги НД
	4 год	48 год	4 год	48 год	
1	2	3	4	5	6
Кількість МАФАМ, КУО в 1 г, не більше ніж (ДСТУ 8446:2015)	$2.3 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^1$	$5,2 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$

Продовження таблиці 5.6

1	2	3
БГКП (колі-форми) в 0,1 г (ДСТУ 8447:2015)	не виявлено	не дозволено
Staphylococcus aureus в 1 г (ДСТУ 8447:2015)	не виявлено	не дозволено
Патогенні мікроорганізми, у т.ч. бактерії Salmonella в 25 г (ДСТУ 8447:2015)	не виявлено	не дозволено
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше ніж (ДСТУ 8447:2015)	не виявлено	не дозволено

Результати досліджень показали, що усі мікробіологічні показники хліба “Здравиця” з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону були в межах допустимих норм після 48 год зберігання. Отримані результати дослідження свідчить про те, що високий вміст водорозчинних вітамінів, а саме токоферолів (57.93 мг/100г) і вітаміну С (2.4мг/100г) проявляє антиоксидантний ефект, сповільнюючи ріст патогенної мікрофлори.

Подальші дослідження стосувалися дослідження впливу пророщеного насіння льону на показники безпечності, а саме вміст токсичних елементів, мікотоксинів та радіонуклідів. Отримані результати наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Вплив пророщеного насіння льону на вміст токсичних речовин, n=3, p≥0,95, δ 3...5 %

Показник	Вимоги [92, 93]	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
1	2	3
Токсичні елементи, мг/кг		
Свинець	< 0,3	0,02
Кадмій	< 0,05	0,007
Миш'як	< 0,1	не виявлено
Ртуть	< 0,01	не виявлено

Продовження таблиці 5.7

1	2	3
Цинк	< 25,0	19,5
Мідь	< 5,0	3,1
Мікотоксини, мг/кг		
Афлотоксин В1	< 0,005	не виявлено
Дезоксиніваленол	< 0,5	не виявлено
Зеараленол	< 1,0	не виявлено
Радіонукліди, Бк/кг		
Cs-137	< 20,0	0,5
Sr-90	< 5,0	3,1

Результати досліджень показали, що у разі використання для покращання харчової цінності пророщеного насіння льону не відбувається накопичення токсичних елементів, мікотоксинів та радіонуклідів.

Отже, розроблений виріб відповідає мікробіологічній чистоті та безпечності.

5.4. Вплив пророщеного насіння льону на харчову цінність

В розділі 3 було встановлено позитивний вплив пророщення насіння льону на його хімічний склад. З цією метою було проведено розрахунки вмісту основних поживних речовин у розроблено житньо-пшеничному хлібіві «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону. Проводили дослідження з амінокислотного і жирнокислотного складу виробу хроматографічним методом. Здійснювали розрахунок також ступеню забезпечення хлібом «Здравиця» середньодобової потреби організму людини в нутрієнтах, макро- та мікронутрієнтах. Під час здійснення розрахунків користувалися довідниковими даними з хімічного складу житньо-пшеничного хліба з пшеничного (80 %) і суміші житнього (20 %) [6, 7],

установленими нормами добової потреби поживних речовин [8], а також дослідженнями з розділу 3. Для розрахунків було прийнято добову норму споживання хлібобулочних виробів – 277 г, яка прийнята Законом України «Про прожитковий мінімум...».

Таблиця 5.8 – Хімічний склад і енергетична цінність 100 г хлібобулочних виробів

Харчові речовини, %	Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	Зміна відносно рівня контролю %
Білки, г	6,21	7,54	+21,4
Жири, г	0,85	6,54	+669
Вуглеводи, г	37,50	34,2	-8,8
Харчові волокна, г	2,70	2,96	+9,6
Зола, г	0,39	0,83	+112,8
Енергетична цінність, ккал	173,0	217,2	25,5

Аналіз проведених розрахунків показав, що при внесенні в хліб 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону порівняно з контролем збільшується вміст жиру майже у 7 раз, вміст білка на 21,4 %, дещо збільшується вміст харчових волокон та суттєво збільшується вміст мінеральних речовин у 2,5 рази, при цьому зменшують вміст вуглеводів та збільшується енергетична цінність на 25,5 %.

Розрахунок забезпечення добової потреби організму в харчових волокнах при споживанні середньої добової норми хліба з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону наведено в табл. 5.9.

Розрахунок ступеню забезпеченості потреби організму людини для жінки віком 18-29 років та першої групи інтенсивності праці [9, 10] основними нутрієнтами, у разі споживання добової кількості хліб «Здравиця» збільшується порівняно зі споживання хліба без додання пророщеного насіння льону.

Таблиця 5.9 – Забезпечення добової потреби організму в основних нутрієнтах за рахунок споживання житньо-пшеничного хліба

Складові	Середня добова потреба	Міститься у 277 г хліба		Покриття добової потреби, %	
		Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
Білки, г	55,0	17,20	20,88	31,3	37,9
Жири, г	56,0	2,35	18,11	4,2	32,3
Вуглеводи, г	320,0	103,88	94,73	32,5	29,6
Харчові волокна, г	30,0	7,48	8,20	24,9	27,3

Подальші дослідження стосувалися визначення амінокислотного складу методом іоннобмінної хроматографії хліба «Здравиця» та здійснено порівняння з амінокислотним скором хліба без добавок. Порівняльний аналіз наведено в табл. 5.10.

В результаті проведених досліджень (табл. 5.10) встановлено, що сумарна кількість амінокислот у житньо-пшеничного хліба “Здравиця” з 25 % пророщеного насіння льону більше порівняно з контролем на 40,7 %, що корелює зі вмістом білка. Також встановлено що у всіх зразках хліба наявні всі незамінні та замінні амінокислоти.

Таблиця 5.10 – Порівняльний аналіз амінокислотного складу хлібобулочних виробів

Амінокислота	Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	Зміна відносно рівня контролю %
1	2	3	4
Аланін	0,328 ± 0,01	0,299 ± 0,01	-8,8
Аргінін	0,325 ± 0,01	0,325 ± 0,01	0
Аспаргінова кислота	0,405 ± 0,01	0,442 ± 0,01	+9,1

Продовження таблиці 5.10

1	2	3	4
Валін	0,325 ± 0,01	0,379 ± 0,01	+16,6
Гістидин	0,12 ± 0,01	0,182 ± 0,01	+51,7
Гліцин	0,182 ± 0,01	0,302 ± 0,01	+65,9
Глютамінова кислота	1,603 ± 0,01	2,603 ± 0,01	+62,4
Ізолейцин	0,219 ± 0,01	0,319 ± 0,01	+45,7
Лейцин	0,579 ± 0,01	0,579 ± 0,01	0
Лізін	0,213 ± 0,01	0,233 ± 0,01	+9,3
Метіонін	0,109 ± 0,01	0,139 ± 0,01	+27,5
Пролін	0,809 ± 0,01	0,909 ± 0,01	+12,4
Серін	0,417 ± 0,01	0,417 ± 0,01	0
Тірозин	0,213 ± 0,01	0,213 ± 0,01	0
Треонин	0,225 ± 0,01	0,255 ± 0,01	0
Тріптофан	0,096 ± 0,01	0,096 ± 0,01	0
Фенілаланін	0,311 ± 0,01	0,411 ± 0,01	+32,1
Цистин	0,163 ± 0,01	0,173 ± 0,01	+6,1
Сума амінокислот	6,161 ± 0,18	8,76 ± 0,18	+42,2

З погляду біологічної цінності важливою характеристикою є оцінювання білків за амінокислотним скором незамінних амінокислот, який вказує відношення вмісту амінокислоти у білку досліджуваного зразку хліба до їх вмісту в умовно «ідеальному білку», що збалансований за незамінними амінокислотами, який найбільше задовільняє потребу організму людини [11, 12, 13, 14].

Для порівняння оцінки біологічної цінності хліба з житньо-пшеничного борошна з хлібом «Здравиця», що містить 25 % пророщеного насіння льону розраховували кількісний вміст амінокислоти в білку та їх

амінокислотний скор, при цьому враховували суму метіоніну разом з цистеїну, а фенолаланін з тирозином (табл. 5.11).

Таблиця 5.11 – Параметри амінокислотної збалансованості білків житньо-пшеничного хліба

Незамінні амінокислоти	Еталон ФАР/ВООЗ мг/г білка	Вміст, мг/г		Амінокислотний скор, %	
		контроль	хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	контроль	хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
Валін	0,50	0,33	0,38	65	76
Ізолейцин	0,40	0,22	0,32	55	80
Лейцин	0,70	0,58	0,59	83	84
Лізин	0,55	0,21	0,38	39	69
Метионін+Цистеїн	0,35	0,27	0,36	78	103
Треонін	0,40	0,23	0,28	56	70
Триптофан	0,10	0,10	0,12	96	124
Фенілаланін+Тирозин	0,60	0,52	0,72	87	121

Аналіз отриманих даних показує, що лімітованою амінокислотою у обох зразках є лізин, але у хлібі “Здравиця” за рахунок внесення 25 % пророщеного насіння льону цей показник покращується на 30% порівняно із контролем.

Після визначення амінокислотного складу було доцільно провести розрахунок коефіцієнта розбалансованості амінокислотного складу та визначити біологічну цінність досліджуваних зразків. Отримані результати наведено в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Показники біологічної цінності білків житньо-пшеничного хліба

Показник	Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону
КРАС, %	31	21
Біологічна цінність, %	69	79
Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, U	0,57	0,80

Визначення коефіцієнта розбалансованості амінокислотного складу (КРАС) за формулою (2.3). Отримане значення КРАС для контролю і хліба “Здравиця” – 31 та 21 % відповідно. На підставі значення КРАС визначили біологічну цінність за формулою (2.4). Отримане значення біологічної цінності для контролю і хліба “Здравиця” 69 та 79 % відповідно, дані свідчать про підвищення біологічної цінності хліба “Здравиця” з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону на 10 % порівняно із контролем. Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу характеризує ступінь збалансованості незамінних амінокислот по відношенню до фізіологічно необхідної норми і використовується для порівняння білкового складу і для хліба “Здравиця” з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону він вищий на 23% порівняно із контролем.

З літературних джерел та досліджень, які наведені в розділі 3 встановлено, що пророщене насіння льону містить майже у 6 разів більшу кількість жирів порівняно з житнім та пшеничним борошном тому було доцільно встановити вміст та зміни в жирнокислотному складі житньо-пшеничного хліба «Здравиця» в складі якого міститься 25 % пророщеного насіння льону. Дослідження здійснювали хроматографічним методом, встановлений жирнокислотний склад наведено в табл. 5.13.

Таблиця 5.13 – Порівняльний аналіз жирнокислотного складу житньо-пшеничного хліба

Кислоти	Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	Зміна відносно рівня контролю %
1	2	3	4
Насичені			
Масляна С 4:0	0,029 ± 0,01	0,071 ± 0,01	+144,8
Каприлова С 8:0	0,026 ± 0,01	0,060 ± 0,01	+130,8
Лауринова С 12:0	0,043 ± 0,01	0,039 ± 0,01	-9,3
Тридеканова С 13:0	0,330 ± 0,01	0,137 ± 0,01	-58,5
Міристинова С 14:0	0,186 ± 0,01	0,191 ± 0,01	+2,6
Пентадицилова С 15:0	0,028 ± 0,01	0,106 ± 0,01	+278,6
Пальмітинова С 16:0	13,791 ± 0,01	14,585 ± 0,01	+5,8
Маргарінова С 17:0	0,107 ± 0,01	0,073 ± 0,01	-31,8
Стерінова С 18:0	1,456 ± 0,01	2,838 ± 0,01	+94,9
Генейкозанова С 21:0	0,062 ± 0,01	0,104 ± 0,01	+67,7
Бегенова С 22:0	0,070 ± 0,01	0 ± 0,01	-100,0
Трикозанова С 23:0	0,264 ± 0,01	0,281 ± 0,01	+6,4
Лігноцеринова С 24:0	0,114 ± 0,01	0,152 ± 0,01	+33,3
Всього	15,996 ± 0,13	18,637 ± 0,13	+16,5
Мононенасичені			
Міристолеїнова С 14:1	0,084 ± 0,01	0,070 ± 0,01	-16,7
Ізопальматолейнова С 16:1	0,577 ± 0,01	1,025 ± 0,01	+77,6

Продовження таблиці 5.13

1	2	3	4
Гептадецена С 17:1	0,078 ± 0,01	0,067 ± 0,01	-14,1
Олеїнова С 18:1	14,180 ± 0,01	25,41 ± 0,01	+79,2
Ейкозенова С 20:1	2,274 ± 0,01	7,181 ± 0,01	+215,8
Тетракозенова С 24:1	0,020 ± 0,01	0,021 ± 0,01	+5,0
Всього	17,193 ± 0,06	33,605 ± 0,06	+95,5
Поліненасичені			
Лінолева С 18:2	43,826 ± 0,01	58,847 ± 0,01	+34,3
Υ-ліноленова С 18:3	0,154 ± 0,01	0,289 ± 0,01	+87,7
Ліноленова кон'югована С 18:2	0,401 ± 0,01	0,885 ± 0,01	+120,7
α-ліноленова С 18:3	0 ± 0,01	0,026 ± 0,01	+100,0
Ейкозадієнова С 20:2	0,267 ± 0,01	0,398 ± 0,01	+49,1
Ейкозатриєнова С 20:3	0 ± 0,01	0 ± 0,01	0
Ерукова С 20:3+22:1	0 ± 0,01	0,282 ± 0,01	+100,0
Тетракозагексаєнова С 20:4	0,093 ± 0,01	0 ± 0,01	-100,0
Докозادیєнова С 22:2	0,245 ± 0,01	0,222 ± 0,01	-9,4
Ейкозапентаєнова 20:5	0,003 ± 0,01	0,004 ± 0,01	+33,3
Докозагексаєнова С 22:6	0,088 ± 0,01	0,345 ± 0,01	+292,0
Всього	50,077 ± 0,11	60,87 ± 0,11	+21,6

Аналіз отриманих результатів показав, що загальна кількість жирних кислот зросла, так вміст поліненасичених жирних кислот зріс порівняно з контролем на 21,60 %. Такий підвищений вміст поліненасичених жирних кислот у хлібі «Здравиця» свідчить про ефективність його застосування для профілактики та лікування аліментарно-залежних хвороб.

Подальші дослідження стосувалися визначення вмісту мінеральних речовин та вітамінів. Отримані результати наведено в табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Порівняльний аналіз вмісту мінеральних речовин та вітамінів житньо-пшеничному хлібі, $n=3$, $p \geq 0,95$, $\delta 3...5$ %

Показник	Контроль без добавок	Хліб «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону	Зміна відносно рівня контролю %
Кальцій, мг	51,14	103,11	+101,4
Залізо, мг	2,35	3,35	+42,5
Магній, мг	57,76	137,72	+138,5
Фосфор, мг	180,27	273,91	+51,9
Калій, мг	243,74	380,86	+56,3
Натрій, мг	234,83	241,47	+2,8
Цинк, мг	1,35	2,20	+62,9
Селен, мкг	20,34	49,26	42,2
Вітамін В ₁ , мг	0,16	0,26	+62,5
Вітамін В ₂ , мг	0,49	1,31	+167,3
Вітамін В ₆ , мг	0,09	0,17	+88,9
Вітамін В ₉ , мг	15,60	21,95	+40,7
Вітамін Е, мг	0,04	57,93	+100
Вітамін С, мг	0	2,4	+100

Отримані дані свідчать про те, що при додаванні 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону вміст усіх мікро- та макронутрієнтів зростає, так вміст кальцію — у 2 рази, селену – у 2,4 рази, вітамінів групи В – в 1,5 рази, а

вітаміни Е та С з практично нульового вмісту збільшується до 57,93 мг та 2,4 мг відповідно.

Висновки за розділом 5

1. За органолептичною оцінкою встановлено, що хліб «Здравиця» має кращі органолептичні показники, порівняно з хлібом зі суміші житньо-пшеничного борошна: збільшується об'єм виробів, покращується колір виробів, еластичність м'якушки та смак і аромат, що підтверджується експериментальними дослідженнями, а саме покращання аромату відбувається за рахунок збільшення вмісту бісульфітзв'язуючих сполук після випікання так і після 48 год зберігання в скоринці та м'якушці у 1,3...1,7 разів порівняно з контролем.

2. На основі органолептичного аналізу та експериментального підтвердження, встановлено, що використання 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону в рецептуру житньо-пшеничного хліба подовжує ступінь свіжості, що підтверджено кращими пружно-еластичними характеристиками м'якушки та переходом «вільної» вологи в бік міцно зв'язаної вологи, так у хлібі «Здравиця» після 48 год зберігання вміст зв'язаної вологи на 18,7 % більша порівняно з контролем. Це пов'язано, з утворенням комплексів білків з полісахаридами пророщеного насіння льону, які укріплюють стінки готових виробів.

3. Встановлено, що використання пророщеного насіння льону сприяє підвищенню кількості токоферолів, які в свою чергу призупиняють ріст мікроорганізмів у хлібі, що позитивно впливає на мікробіологічну чистоту.

4. Доведено, що хліб «Здравиця» має більш цінний хімічний склад, ніж контрольний зразок, вміст усіх мікро- та макронутрієнтів зростає, так вміст кальцію -- у 2 рази, селену – у 2,4 рази, вітамінів групи В – в 1,5 рази, а вітаміни Е та С з практично нульового вмісту збільшується до 57,93 мг та 2,4 мг відповідно і збільшується енергетична цінність на 25,5 % порівняно з контролем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 4.

1. NinaUrala, Liisa Lähteenmäki. Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Quality and Preference*. Vol. 15. Issues 7–8. 2004. P. 793-803.
2. ДСТУ-П 4583:2006 Хліб з житнього та суміші житнього та пшеничного борошна. Технічні умови.
3. Білик, О. А., Халікова, Е. Ф., Бондар, В. І. Вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість К+» на тривалість зберігання хлібобулочних виробів. *Збірник наукових праць “Продовольчі ресурси”*. 2014. № 3. С. 47-55.
4. Дробот В. І., Арсеньева Л. Ю., Білик О. А. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва. Київ: Центр навчальної літератури. 2006. 176 с.
5. Медвідь І.М., Шидловська О.Б., Доценко В.Ф. Дослідження впливу гідроколоїдів на структурно-механічні властивості тіста та якість безглютенового хліба. *Вчені записки ТНУ ім В.І. Вернадського*. 2019. Том 30 (69) Ч. 2 (4). 2019. С. 76-91. doi <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.4-2/17>
6. John M. De Man, John W. Finley, W. Jeffrey Hurst, Chang Yong Lee. *Principles of Food Chemistry*. Fourth Edition. Springer International Publishing. 2018. 607 p.
7. Перепелиця О.П., Кочубей-Литвиненко О.В., Іщенко В.М., Петренко Т.В. Хімічний склад харчових продуктів. Навч. посіб. Київ: НУХТ. 2019. 102 с.
8. Закон України “Про прожитковий мінімум” від 19 грудня 2017 року № 2249-VIII.
9. Смоляр В.І. Фізіологія та гігієна харчування. Київ: Здоров'я. 2000. 336 с.
10. Reference intakes explained. URL: <https://familyserviceshub.havering.gov.uk/kb5/havering/directory/advice.page?id=pO8pY5Qu4aY#> (дата звернення: 13.07.2023).
11. Joint FAO/WHO ad hoc expert committee. Energy and Protein Requirements. *WHO Techn. Rep. Ser. N 522*. WHO. FAO. Roma. 1973.
12. Energy and Protein Requirements. Report of a joint FAO/W/UNU Expert Consultation. WHO, Geneva. 1985.
13. Пешук Л. В., Горбач О. Я. Розробка комплексної білково-мінерально-вуглеводної добавки на основі білків тваринного походження. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23 (6). С. 182-191.

14. Chen P. E. Structural Features of the Glutamate Binding Site in Recombinant NR1/NR2A N-Methyl-D-aspartate Receptors Determined by Site-Directed Mutagenesis and Molecular Modeling. *Molecular Pharmacology*. 2005. Vol. 67. Issue 5. P. 1470–1484. doi: 10.1124/mol.104.008185

РОЗДІЛ 6

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Практичне впровадження результатів дослідження

Дисертаційну роботу виконано згідно з планами наукових досліджень у рамках держбюджетної і бюджетної тематики Національного університету харчових технологій «Створення функціональних харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення» номер державної реєстрації №0118U003778 та продовжено відповідно до теми Державного торговельно-економічного університету «Інноваційні технології харчових продуктів спеціального призначення», номер державної реєстрації №0119U100296.

Під час виконання наукової роботи, отримані результати апробувалися на практиці в результаті чого було розроблено та затверджено у відповідному порядку нормативну документацію – ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 «Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону» (додаток А) та одержано висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 1.09.2023 №12.2-18-2/11982 (додаток Б) та затверджено патент України на винахід «Спосіб отримання біологічно активних продуктів» (Додаток В).

Методика пророщування насіння льону та технологія функціональних композицій для збагачення харчових продуктів спеціального дієтичного споживання (для спортсменів) відзначена Диплом лауреата на премію Київського міського голови за особливі досягнення молоді у розбудові столиці України – міста-героя Київ, у номінації «Наукові досягнення», 2019 р. (Додаток Г).

Технічну ефективність використання пророщеного насіння льону у технології житньо-пшеничного хліба підтверджено у виробничих умовах на ТОВ «Мурованокуріловецький хлібозавод», у харчовій лабораторії Київського професійний технологічний коледж та вироблено дослідну партію на ТОВ «Пекарня Піщанська» (Додаток Д).

6.2. Розрахунок ефективності наукової розробки

Житньо-пшеничний хліб «Здравиця» заплановано виробляти на технологічній лінії на якій виробляються й інші види хлібобулочних виробів. Зміни у собівартості нового продукту стосуватимуться лише змін у витратах на сировину за рахунок удосконалення рецептурного складу продукції.

Розрахунок собівартості житньо-пшеничного хліба «Здравиця» здійснено з урахуванням цін на сировину, матеріали, паливо, електроенергію, оплату праці тощо станом на 01.09.2023 р та відповідно до управління витратами [1, 2].

1. Стаття «Сировина і матеріали» включає витрати на сировину та матеріали закуплених у сторонніх організаціях та входять до складу виготовленої продукції створюючи її основу, або є необхідним компонентом для виготовлення даної продукції. Розрахунок проводиться виходячи із норм витрат сировини / основних матеріалів на 1 т продукції та її вартості (табл. 1).

Таблиця 6.1 – Розрахунок витрат на основну сировину для виготовлення житньо-пшеничного хліба «Здравиця»

Найменування сировини	Одиниці виміру	Норма витрат на 1 т продукції	Вартість за одиницю продукції, грн	Вартість сировини на 1 т продукції, грн
1	2	3	4	5
Борошно житнє обдирне (заварка)	кг	200	15,00	3000,00
Борошно пшеничне першого гатунку (фаза активації тіста)	кг	30	9,60	288,00
Борошно пшеничне першого сорту (тісто)	кг	770	9,60	7392,00

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
Пророщене насіння льону (фаза активації тіста)	кг	100	27,50	2750,00
Пророщене насіння льону (тісто)	кг	150	27,50	4125,00
Дріжджі пресовані (фаза активації тіста)	кг	20	52,00	1040,00
Сіль кухонна харчова (тісто)	кг	20	13,00	260,00
Цукор білий (тісто)	кг	12	34,50	414,00
Олія соняшникова (тісто)	кг	7	75,00	525,00
Закваска-підкислювач (тісто)	кг	5	253,04	1265,20
Вода	м ³	0,6	30,384	18,23
Разом				21077,43

2. Стаття «Допоміжні матеріали» включає витрати на матеріали, які необхідні для виробництва, але які не входять в речовинній формі в кінцевий продукт. Вони потрібні для забезпечення технологічного процесу виробництва. У собівартість продукції витрати на допоміжні матеріали включаються або шляхом розподілу пропорційно до норм витрат, обсягу споживання основних матеріалів / випуску готової продукції, або виходячи із розрахунку їх частки від вартості витрат на основу сировину та матеріали. Витрати на допоміжні матеріали для виробництва житньо-пшеничного хліба «Здравиця з ПНЛ» становлять 10% витрат на основну сировину та матеріали: **2107,74 грн** ($21077,43 * 10\% / 100\%$).

3. Стаття «Паливо та енергія на технологічні цілі» включає усі енерговитрати, які безпосередньо використовуються в процесі виробництва. Розрахунок енерговитрат для виготовлення житньо-пшеничного хліба

«Здравиця» проводиться виходячи із норм енерговитрат на 1 т готового продукту та їх вартості (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Розрахунок енерговитрат для виготовлення житньо-пшеничного хліба «Здравиця»

Найменування сировини	Одиниці виміру	Норма витрат на 1 т продукції	Вартість за одиницю продукції, грн	Вартість сировини на 1 т продукції, грн
Пара	т	0,2	1900	380,00
Електроенергія	кВт*год	600	3,2	1920,00
Разом				2300,00

4. Стаття «Основна заробітна плата виробничого персоналу» включає витрати нарахованої основної заробітної плати робітників виробництва [3]. Основна заробітна плата це – винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців. Розрахунок проводиться виходячи із витрат праці на 1 т готової продукції, якості та ціни праці (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на оплату праці робітників на виготовлення житньо-пшеничного хліба «Здравиця»

Професія	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн	К-кість відпрацьованих люд-год	Витрати тарифної заробітної плати, грн.
Пекар	V	48,88	8	391,04
Дозувальник	III	38,47	8	307,76
Тістороб	IV	43,13	8	345,04
Формувальник	IV	43,13	8	345,04
Укладальник	III	38,47	8	307,76
Разом				1696,64

Норма виробітку житньо-пшеничного хліба «Здравиця» за зміну становить 700 кг. На 1 т готового хліба витрати заробітної плати складуть: **2423,77 грн** (1696,64*1000/700).

5. Стаття «Додаткова заробітна плата виробничого персоналу» включає витрати нарахованої додаткової заробітної плати робітників виробництва до якої віднесено виплати персоналу за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість і за особливі умови праці. Це і доплати, надбавки, гарантійні, компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством; премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій. премії за виконання і перевиконання виробничих завдань, підвищення продуктивності праці, поліпшення кінцевих результатів господарської діяльності структурної одиниці, економію матеріальних ресурсів та інші виплати, передбачені системою оплати праці. Дані витрати становлять 30% від фонду основної заробітної плати виробничих робітників і становлять: **727,13 грн** ($2423,77 \cdot 30/100$).

6. Стаття «Відрахування на соціальні заходи» включає витрати на обов'язковий платіж до системи загальнообов'язкового соціального страхування, що справляється в Україні з метою забезпечення страхових виплат за поточними видами такого страхування [4]. Єдиний соціальний внесок становить 22 % від загального фонду оплати праці працівників (табл. 6.4).

Таблиця 6.4 – Розрахунок витрат на обов'язковий платіж до системи загальнообов'язкового соціального страхування при виготовленні 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця»

Фонд основної заробітної плати, грн	Фонд додаткової заробітної плати, грн	Загальний фонд оплати праці, грн	Єдиний соціальний внесок, %	Витрати на обов'язковий платіж до системи з загальнообов'язкового соціального страхування, грн
2423,77	727,13	3150,9	22	693,20

7. Стаття «Витрати на утримання та експлуатацію обладнання» включає витрати на амортизацію технологічного обладнання, його поточний ремонт та утримання. Дані витрати розраховуються шляхом їх розподілу

пропорційно до заробітної плати виробничих працівників (60% від фонду основної зарплати працівників). Витрати згідно даної статті становитимуть: **1454,26** грн ($2423,77 * 60\%/100\%$).

8. Стаття «Загальновиробничі витрати» включає витрати на управління виробничими дільницями, цехами, амортизацію виробничих приміщень і витрати на їх капітальний і поточний ремонт, витрати з охорони праці та техніки безпеки тощо. Дані витрати розраховуються шляхом їх розподілу, де базою розподілу виступатимуть прямі витрати на заробітну плату виробничого персоналу, і вони становлять 150 % від основної зарплати працівників: **3635,66** грн ($2423,77 * 150\%/100\%$).

9. Стаття «Адміністративні витрати» включає витрати на обслуговування та управління підприємством (загальні корпоративні витрати, представницькі витрати, витрати на службові відрядження й утримання апарату управління підприємством, амортизація нематеріальних активів загальногосподарського використання тощо). Дані витрати приймаються на рівні 5-10% від виробничої собівартості: **1720,96** грн ($34419,19 * 5\%/100\%$).

10. Стаття «Витрати на збут» включає усі витрати підприємства, які пов'язані із збутом товару (утримання експедиції, витрати на транспортування готової продукції, витрати на рекламу, дослідження ринку тощо). Витрати згідно даної статті становлять 20 % від виробничої собівартості: **6883,84** грн ($34419,19 * 20\%/100\%$).

Калькуляцію витрат на виробництво 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця» представлено в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Калькуляція витрат на виробництво 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця», грн.

Найменування статті витрат	Витрати, грн
1	2
Сировина і матеріали	21077,43
Допоміжні матеріали	2107,74

Продовження табл. 6.5

Паливо та енергія на технологічні цілі	2300,00
Основна заробітна плата виробничого персоналу	2423,77
Додаткова заробітна плата виробничого персоналу	727,13
Відрахування на соціальні заходи	693,20
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1454,26
Загальновиробничі витрати	3635,66
Виробнича собівартість	34419,19
Адміністративні витрати	1720,96
Витрати на збут	6883,84
Повні витрати	43023,99

Техніко – економічні показники нового продукту

Відпускна ціна продукції підприємства складається з: виробничої собівартості, адміністративних витрат, витрат на збут, норми прибутку, податку на додану вартість (табл. 6.6).

Величина прибутку для хліба житньо-пшеничний «Здравиця» при рентабельності 11 % складає **4732,64 грн** ($43023,99 * 11\% / 100\%$).

Оптова ціна без ПДВ 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця з ПНЛ» становить: **47756,63 грн** ($43023,99 + 4732,64$).

Відпускна ціна з ПДВ 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця з ПНЛ» становить: **57307,96 грн** ($47756,63 * 1,2$).

Відпускна ціна за один виріб з ПДВ при умові, що вага виробу 500 грам **28,65 грн** ($57307,96 / 1000 * 0,5$).

Таблиця 6.6 – Розрахунок відпускної ціни 1 т / 1 виробу житньо-пшеничного хліба «Здравиця»

№	Показники	Житньо-пшеничний «Здравиця»
1	Виробнича собівартість 1 т хліба, грн	34419,19
2	Адміністративні витрати, грн	1720,96
3	Витрати на збут, грн	6883,84
4	Повні витрати, грн	43023,99
5	Рентабельність, %	11,00
6	Прибуток, грн	4732,64
7	Оптова ціна за 1 т без ПДВ, грн	47756,63
8	Відпускна ціна за 1 т з ПДВ (20%), грн	57307,96
9	Відпускна ціна за 1 шт., грн.	28,65

З наведених розрахунків встановлено, що додавання ПНЛ в технологію виробництва хлібобулочних виробів доцільно та економічно вигідно. Прибуток від реалізації 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця» при рентабельності 11% становитиме **4732,64 грн**. І при цьому відпускна ціна нового виробу конкурентоздатна і прийнятна для споживача.

Отже, додавання 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону в технологію виробництва хлібобулочних виробів з суміші житнього та пшеничного борошна доцільно та економічно вигідно.

Висновки за розділом 6

1. Результати наукової роботи впроваджено на ТОВ «Мурованокуріловецький хлібозавод», у харчовій лабораторії Київського професійного технологічного коледжу та вироблено дослідну партію на ТОВ «Пекарня Піщанська», в навчальний процес.

2. На розроблений виріб розроблено та затверджено у відповідному порядку нормативну документацію – ТУ У 10.7- 3233617141-001:2023 «Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону» та одержано висновок

державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 1.09.2023 №12.2-18-2/11982 та затверджено патент України на винахід «Спосіб отримання біологічно активних продуктів».

3. Розраховано економічний ефект впровадження у виробництво хліба «Здравиця» з 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону. Встановлено, що прибуток від реалізації 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця» при рентабельності 11 % становитиме **4732,64 грн.** і при цьому відпускна ціна нового виробу конкурентоздатна і прийнятна для споживача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА РОЗДІЛОМ 6

1. Петренко К. В., Скоробогатова Н. Є Економіка і організація виробництва: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за технічними та інженерними спеціальностями. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 177 с.
2. Тарасенко С. І. Управління витратами : навч. посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2018. 305 с
3. Цимбалюк Л. Г. , Скригун Н. П., Антошкіна Л.І. Формування та управління витратами виробництва : Підручник, Донецьк, 2009. 240 с.
4. Чорна М.В., Смірнова П.В., Бугріменко Р.М. Управління витратами : навч. посіб. 2017. 166 с. URL: <https://xn--e1ajqk.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/Upravlyannya-vitratami-CHorna-M.-V..pdf> (дата звернення.25.08.2023).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі здійснених теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено прискорену технологію житньо-пшеничного хліба збагаченого пророщеним насінням льону для впровадження її в умовах закладів ресторанного господарства та пекарень.

1. На підставі експериментальних досліджень хімічного складу насіння льону сортів «Вручий», «Блакитно-помаранчевий», «Оригінал» та «Евріка» було встановлено, що всі вони мають близький хімічний склад. Поряд з цим, було відзначено, що сорт льону «Вручий» незважаючи на менший вміст в ньому жиру, має кращу здатність до зберігання, що є підтвердженням найменшим приростом у його олії перекисного числа під час зберігання. Тому насіння саме цього сорту доцільно використовувати в рецептурах хлібобулочних виробів.

2. Пророщування насіння льону доцільно проводити за наступною схемою: попереднє замочування насіння льону у воді (співвідношення насіння льону та води 1:3) протягом 3-5 годин при температурі 20-25 °С до вмісту вологи у насініні 63-65 % з наступним відділенням від насіневої маси розчинів слизів та пророщуванням насіневої масу за температури 18-30°C протягом 48-72 год до довжини паростків 3 мм.

3. Встановлено, що в процесі пророщування у насініні льону підвищується вміст амінокислот, приріст, яких становить у межах 20-49 %, накопичується вітаміни-антиоксиданти Е та С. Внаслідок пророщування у насінні льону вміст вітаміну С збільшується в 11,0-13,3 разів, а вітаміну Е (γ -токоферолу) у 4,2-5,8 разів. Найвищий вміст вітаміну Е до пророщування та після пророщування був у сорті льону «Вручий», що також є передумовою його підвищеної стійкості під час зберігання.

4. За експериментальними дослідженнями розроблено рецептурний склад фази активації дріжджів, вологістю 75...78 %: 3 % борошна від загальної кількості борошна в тісті, 2 % пресованих дріжджів до маси

борошна в тісті, 10 % пророщеного насіння льону до маси борошна в тісті, що встановлено на підставі покращання підйимальної сили напівфабрикату. Встановлено параметри активації дріжджів: температура – 28 ± 2 °С, тривалість замішування – 3...6 хв, тривалість активації – 45 ± 5 хв.

5. Для додаткового збагачення житньо-пшеничного хліба, який виготовлений за прискореною технологією із застосуванням фази активації дріжджів з пророщеним насінням льону, було встановлено, що безпосередньо в тісто доцільно вносити 15 % пророщеного насіння льону вологістю 63...65 %. На підставі експериментальних досліджень зі встановленим дозуванням пророщеного насіння льону було розроблено рецептуру житньо-пшеничного хліба «Здравиця» із загальним вмістом пророщеного насіння льону 25 % до маси борошна. Методом оптимізації встановлено, що тісто доцільно готувати 48...49 % та тривалістю бродіння 60...70 хв.

6. Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону, призводить до зниження кількості клейковини у тісті на 19,5 % порівняно з контролем та погіршує якість клейковини зумовлюючи формування рихлої, короткорваної та нееластичної маси, тривалість утворення тіста та його стійкість однак, при цьому, на 5,9 % зменшується формоутримувальна здатність та покращується газоутримувальна здатність порівняно з контролем на 5,7 %. Тому для забезпечення отримання виробів належної якості рекомендовано виробляти формовими.

7. Встановлено, що застосування фази активації дріжджів з використанням пророщеного насіння льону інтенсифікує процеси бродіння в тісті, що підтверджено більшим на 11,5 % виділенням вуглекислого газу та скороченням тривалості підйому кульки на 6 хв. За динамікою виділення вуглекислого газу було встановлено що тривалість бродіння тіста повинна становити 60 хв. Для забезпечення максимального виділення вуглекислого газу під час вистоювання тістових заготовок. Встановлено, що внесення пророщеного насіння льону сприяє утворенню цукрів у процесі бродіння, які

позитивно впливають на проходження реакції меланоїдиноутворення та інтенсифікації процесу бродіння.

8. За органолептичною оцінкою встановлено, що хліб «Здравиця» має кращі органолептичні показники, порівняно з хлібом зі суміші житньо-пшеничного борошна: збільшується об'єм виробів, покращується колір виробів, еластичність м'якушки та смак і аромат, що підтверджується експериментальними дослідженнями, а саме покращання аромату відбувається за рахунок збільшення вмісту бісульфітзв'язуючих сполук після випікання так і після 48 год зберігання в скоринці та м'якушці у 1,3...1,7 разів порівняно з контролем.

9. На основі органолептичного аналізу та експериментального підтвердження, встановлено, що використання 25 % до маси борошна пророщеного насіння льону в рецептуру житньо-пшеничного хліба подовжує ступінь свіжості, що підтверджено кращими пружно-еластичними характеристиками м'якушки та переходом «вільної» вологи в бік міцно зв'язаної вологи, так у хлібі «Здравиця» після 48 год зберігання вміст зв'язаної вологи на 18,7 % більша порівняно з контролем. Це пов'язано, з утворенням комплексів білків з полісахаридами пророщеного насіння льону, які укріплюють стінки готових виробів.

10. Встановлено, що використання пророщеного насіння льону сприяє підвищена кількість токоферолів, які в свою чергу призупиняють ріст мікроорганізмів у хлібі, що позитивно впливає на мікробіологічну чистоту.

11. Доведено, що хліб «Здравиця» має більш цінний хімічний склад, ніж контрольний зразок, вміст усіх мікро- та макронутрієнтів зростає, так вміст кальцію -- у 2 рази, селену – у 2,4 рази, вітамінів групи В – в 1,5 рази, а вітаміни Е та С з практично нульового вмісту збільшується до 57,93 мг та 2,4 мг відповідно і збільшується енергетична цінність на 25,5 % порівняно з контролем.

12. Впровадження технології хліба «Здравиця» має як соціальний так економічний ефект. Соціальний ефект полягає в тому, що у житньо-

пшеничному хлібі «Здравиця» є підвищений вміст поліненасичених жирних кислот, тому його доцільно вживати людям для профілактики та лікування аліментарних-залежних хвороб. Економічний ефект полягає в тому, що прибуток від реалізації 1 т житньо-пшеничного хліба «Здравиця» при рентабельності 12 % становитиме 4202,12 грн. і при цьому відпускна ціна (28,24 грн / 600г) нового виробу конкурентоздатна і прийнятна для споживача.

13. За результатами проведених досліджень розроблено і затверджено рецептуру і технологічну інструкцію на виробництво житньо-пшеничного хліба «Здравиця» за прискореної технології. Технічну ефективність використання пророщеного насіння льону у технології житньо-пшеничного хліба підтверджено у виробничих умовах на ТОВ «Мурованокуриловецький хлібозавод», у харчовій лабораторії Київського професійного технологічного коледжу та вироблено дослідну партію на пекарні «Піщанська».

ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А. Науковий звіт санітарно-епідеміологічної оцінки
Державної установи “Інститут громадського здоров’я ім. О.М.
Марзєєва НАМН України” на ТУ 10.7-3233617141 - 001:2023 “Хліб
житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови.”**

Державна установа "Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Маршасва НАМН України"

НАУКОВИЙ ЗВІТ
САНІТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ

ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 "Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови"

Державна установа
"ІНСТИТУТ
ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я
ім. О.М. Маршасва НАМН України"
02680, м.Київ-94, вул.Попудренка,50

8.2/1399 від 05.04.2023 р.

Договір №1402 від 29.06.2023 р.

Фізична особа-підприємець Краєвська Світлана Петрівна, Україна, м. Київ розроблено ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 "Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови". Мета розробки проекту технічних умов – розширення асортименту продуктів на ринку України.

На розгляд надані ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 "Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови", пояснювальна записка.

1. СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ці технічні умови поширюються на хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону (далі – продукція, виробі).

Продукція, призначена для вживання в їжу в готовому до вживання вигляді або після доведення до повної кулінарної готовності в домашніх умовах або на підприємствах мережі ресторанного господарства.

Продукція призначена для реалізації в торгівельній мережі, на підприємствах громадського харчування та в закладах ресторанного господарства.

Ці технічні умови є власністю фізичної особи-підприємці (ФОП) Краєвської Світлани Петрівни і не можуть бути повністю або частково відтворені, тиражовані та розповсюджені без дозволу власника.

Обов'язкові вимоги до якості продукції, що забезпечують її безпеку для життя і здоров'я населення, охорону довкілля викладені у розділах 3, 4.

Приклад позначення при замовленні:

Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону «Здравиця», ТУ У 10.7-3233617141-001:2023

Дозволено не вказувати в позначці під час замовлення позначення цих технічних умов.

Порядок розташування слів може бути змінено.

Технічні умови необхідно переглядати регулярно: не рідше одного разу на п'ять років після введення їх в дію або останнього перегляду, якщо не виникло необхідності переглянути їх раніше у випадку прийняття нормативно-законодавчих актів, відповідних національних (міждержавних) стандартів, які регламентують інші вимоги крім тих, що встановлені у технічних умовах.

Розділ 2 "Нормативні посилання": наведено перелік ДСТУ, ГОСТ, СанПіН, ТУ, ДСП, МУ, на які є посилання в тексті технічних умов.

Примітка.

Чинність стандартів, на які є посилання, перевіряють згідно з офіційними виданнями національного органу стандартизації – каталогом національних нормативних документів і щомісячними інформаційними показниками національних стандартів.

Якщо нормативний документ, на який є посилання, замінено новим або до нього внесено зміни, треба застосовувати нормативний документ або його останнє видання зі змінами.

Якщо стандарт, на який є посилання, скасований без заміни, то пункт, на який є посилання на цей стандарт, застосовують в частині, яка не стосується цього посилання.

3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Загальні вимоги

3.1.1 Продукція повинна відповідати вимогам цих технічних умов, вироблятися згідно з технологічною документацією, рецептур з дотриманням санітарних правил для підприємств хлібопекарської промисловості, затверджених у встановленому порядку.

3.1.2 Оператори ринку відповідають за виконання вимог законодавства про безпеку та окремі показники якості харчових продуктів в рамках діяльності, яку вони здійснюють у відповідності до закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів».

3.2 Асортимент

3.2.1 В залежності від способу виробництва продукцію поділяють на:

хліб (далі за текстом – хліб) та заготовки для хліба (далі за текстом – заготовки для хліба):

- хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону «Здравиця»;
- хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону (*);
- заготовки для хліба житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону «Здравиця»;
- заготовки для хліба житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону (*).

Хліб та заготовки для хліба виготовляють з використанням дріжджів:

- із суміші житнього й пшеничного борошна:

- із суміші житнього оббивного та пшеничного борошна
- із суміші борошна пшеничного і житнього оббивного
- із суміші борошна пшеничного і житнього обдирного
- із суміші борошна пшеничного і житнього сіяного

В залежності від форми хліб виготовляють:

**ДОДАТОК Б. Висновок державної санітарно-епідеміологічної
експертизи №12.2 - 18 - 2/11982 від 01.09. 2023**



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ
БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ**
вул. Б. Грінченка, 1, м. Київ, 01001, тел. 279-12-70, 279-75-58, факс 279-48-83,
e-mail: info@dps.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т. В. О. Родюки Держпродспоживслужби
Шевченко О.П.



ВИСНОВОК

державної санітарно-епідеміологічної експертизи

від 01.09. 2023 р.

№ 12.2-18-2/ 1198d

Найменування об'єкта експертизи: ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 "Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови"

Код за ДКПП 10.71.11

Сфера застосування та реалізації об'єкта експертизи: нормативний документ для виробництва харчових продуктів

Розробник: ФОП Красевська Світлана Петрівна, 04112, м. Київ, вул. Ігоря Сікорського, буд. 1, кв. 123, e-mail: s.p.kraevska@gmail.com, код ПІ 3233617141

(адреса, місценаходження, телефон, факс, E-mail, веб-сайт, код ЄДРПОУ)

Заявник експертизи: ФОП Красевська Світлана Петрівна, 04112, м. Київ, вул. Ігоря Сікорського, буд. 1, кв. 123, e-mail: s.p.kraevska@gmail.com, код ПІ 3233617141

(адреса, місценаходження, телефон, факс, E-mail, веб-сайт, код ЄДРПОУ)

За результатами державної санітарно-епідеміологічної експертизи ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 "Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови" відповідають вимогам діючого санітарного законодавства України і можуть бути погоджені (затверджені)

(зазначити необхідне)

Висновок дійсний до: на термін дії ТУ У 10.7-3233617141-001:2023 "Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону. Технічні умови"

При внесенні змін до нормативного документу щодо сфери застосування, умов застосування об'єкту експертизи даний висновок втрачає силу

Комісія для проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи в особливо складних випадках при державній установі «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Маршова Національної академії медичних наук України»

02094, м. Київ, вул. Понудренка, 50, тел.:

(0-4) 292-02-93,

(адреса, місценаходження, телефон, факс, E-mail)

Протокол експертизи № 678 від 05.07.2023 року

(№ протоколу, дата його підписання)

Голова комісії _____

Полька Н.С.

(ім'я та прізвище)



**ДОДАТОК В. Патент на винахід 119415 Україна, МПК
(2019.01) A23L 7/20 (2016.01) A23L 7/10 (2016.01) C12C 1/00 A23L
33/00. Спосіб отримання біологічно активних продуктів.**

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 119415

СПОСІБ ОТРИМАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРОДУКТІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.06.2019.

Заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України

Ю.П. Бровченко





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119415** (13) **C2**

(51) МПК (2019.01)
A23L 7/20 (2016.01)
A23L 7/10 (2016.01)
C12C 1/00
A23L 33/00

МІНІСТЕРСТВО
 ЕКОНОМІЧНОГО
 РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
 УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

- | | |
|---|---|
| <p>(21) Номер заявки: а 2018 03943</p> <p>(22) Дата подання заявки: 11.04.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.06.2019</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.09.2018, Бюл.№ 17</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.06.2019, Бюл.№ 11</p> | <p>(72) Винахідник(и):
 Бандуренко Галина Михайлівна (UA),
 Краєвська Світлана Петрівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и):
 Бандуренко Галина Михайлівна,
 вул. Вітянська, 1, кв. 119, м. Вишневе,
 Київська обл., 08132 (UA),
 Краєвська Світлана Петрівна,
 вул. Ігоря Сікорського, 1, кв. 123, м. Київ,
 04112 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
 UA 118546 U, 10.08.2017
 UA 95081 C2, 11.07.2011
 UA 14925 A, 30.06.1997
 AU 2015100341 A4, 30.04.2015
 UA 43238 A, 15.11.2001
 RU 2603268 C1, 27.11.2016
 RU 2528498 C1, 20.09.2014
 UA 12433 U, 15.02.2006
 UA 109869 C2, 12.10.2015</p> |
|---|---|

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРОДУКТІВ

(57) Реферат:

Винахід стосується способу отримання біологічно-активних продуктів із зернових, який включає миття, першу дезінфекцію сировини озонуванням, замочування, другу дезінфекцію озонуванням, пророщування, промивання та третю дезінфекцію озонуванням, охолодження до температури 1-6°C та заморожування при температурі від -18 до -30°C, фасування та пакування. При цьому як сировину використовують зерно льону, гречки або чіа, яке спочатку інспектують та зважують, миття проводять при температурі води 30-45 °С, замочування здійснюють підготовленою й очищеною від мікроорганізмів водою протягом 3-5 годин при температурі 20-25 °С до вмісту вологи 49-59 %, слиз, що утворився при замочуванні, видаляють, а зерно перед другою дезінфекцією промивають, пророщування зерна проводять при температурі 18-30 °С з періодичною аерацією теплим повітрям протягом 6-48 годин до появи паростків довжиною 1-5 мм, відділений слиз змішують з розчином антиоксиданту, такого як лимонна кислота та/або ізоаскорбат натрію, у кількості 0,02-0,2 % до його маси, висушують при температурі 40-80 °С до вологості 6-8 %, подрібнюють, фасують та пакують.

UA 119415 C2

ДОДАТОК Г. Диплом лауреата на премію Київського міського голови за особливі досягнення молоді у розбудові столиці України - міста-героя Київ, у номінації “Наукові досягнення”, 2019 р.



**ДОДАТОК Д. Акти та протоколи промислової апробації
способу виробництва житньо-пшеничного хліба з пророщеним
насінням льону.**

ДОДАТОК до Акту
від «10» червня 2021р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор

Київського вищого
професійного училища
деревообробки

Громадюк П.І.

«10» червня 2022 р.



Протокол

промислової апробації способу виробництва хлібобулочних виробів з використанням ПНЛ, у виробничій лабораторії Київського вищого професійного училища деревообробки

« 10 » 06 2022 р.

м. Київ

Даний протокол складений представниками Київського вищого професійного училища деревообробки у складі: **завідувача технологічної лабораторії;** представників Державного торговельно-економічного університету: професора кафедри технології і організації ресторанного господарства Піддубного В.А. та здобувача Краєвської С.П. про те, що в період з 8 по 10 червня 2022 р. в умовах підприємства були проведені промислові випробування способу виробництва хлібобулочних виробів з використанням ПНЛ.

Досліджено спосіб виробництва хлібобулочних виробів з використанням ПНЛ. Комплексно пророщене насіння льону 4 сортів: льону-довгунця сорту «Вручий», «Евріка», олійного льону-кудряша сорту «Оригінал», «Блакитнопомаранчевий», що вирощені у Київській області з визначеним амінокислотним та жирнокислотним складом.

Випробування проводилися під час виробництва хліба «Пасічний» з борошна пшеничного вищого сорту.

Борошно вищого сорту мало такі показники якості:

- вологість – 14,2 %;
- кислотність – 2,2 град.;
- вміст сирої клейковини – 28,0 % - показник ІДК – 82 од.

Виробництво хліба пшеничного «Пасічний» здійснювали періодичним способом за технологією, що прийнята у Київському вищому училищі деревообробки у кількості для кожного варіанту з розрахунку на 100 кг

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Мурованокуріловецького
хлібозаводу кооперативної промисловостіВолодимир БІЛОХАТНІУК
2023 року

АКТ

**промислової апробації способу виробництва житньо-пшеничного хліба з
пророщеним насінням льону "Здравиця" у виробничих умовах
Мурованокуріловецького хлібозаводу кооперативної промисловості**

«10» травня 2023 р.

с. Муровані Курілівці

Даний акт складений представниками Мурованокуріловецького хлібозаводу кооперативної промисловості технолога у присутності представників Державного торговельно-економічного університету: професора кафедри Технології і організації ресторанного господарства Піддубного В.А. і здобувача Краєвської С.П. про те, що в період з 8 по 10 травня 2023 р. в умовах хлібозаводу були проведені промислові випробування способу виробництва житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону "Здравиця".

На основі проведених промислових випробувань в умовах Мурованокуріловецького хлібозаводу кооперативної промисловості встановлено:

- доцільність внесення пророщеного насіння льону в технології виробництва житньо-пшеничного хліба з метою покращання органолептичних, фізико-хімічних показників якості готових виробів та уповільнення процесу черствіння (додаток до Акту);

- житньо-пшеничний хліб з пророщеним насінням льону за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідали вимогам діючої нормативної документації, подовжується тривалість зберігання виробів до 3-х діб.

Додаток до Акту: протокол промислової апробації способу виробництва житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону "Здравиця" в умовах Мурованокуріловецького хлібозаводу кооперативної промисловості

Технолог Мурованокуріловецького
хлібозаводу кооперативної промисловості

Анастасія БІЛОХАТНІУК

Професор кафедри технології і організації
ресторанного господарства

Володимир ПІДДУБНИЙ

Здобувач кафедри технології і організації
ресторанного господарства

Світлана КРАЄВСЬКА

Газоутворююча здатність, см ³ CO ₂ /100г борошна	1480	-
Число падіння, с, не менше як	320	210
Вміст сирої клейковини, %	18 ±3	-
Вміст сухої клейковини, %	5,6 ±1,3	-
Якість клейковини:		
- розтяжність, см	16 ±3	-
- еластичність	еластична	-
- деформація, од. приладу ІДК-2	80 ±5	-
- гідратаційна здатність, %	210 ±30	-

Виробництво житньо-пшеничного хліба «Здравиця» з пророщеним насінням льону здійснювали періодичним способом за технологією, що прийнята на хлібозаводу у кількості для кожного варіанту з розрахунку на 100 кг борошна. Пророщене насіння льону додавали під час замішування тіста в кількості 20 % до маси борошна.

Тісто готували опарним способом на оцкрену борошні. Пророщене насіння льону вносили при замішуванні опари та тіста. Замішування тіста проводили на двохшвидкісній тістомісильній машині протягом 10 хв, застосовуючи при цьому швидкісні режими: перша швидкість – 4 хв, друга швидкість – 4 хв.

Тривалість бродіння – 30 хв за температури $t=26\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $W=70\dots75\%$.

Тривалість бродіння тіста – 40 хв за температури $t=26\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $W=70\dots75\%$.

Готове тісто ділили на тістоподільних машинах марки PARTA U. Масу тістових заготовок визначали за встановленою масою готових виробів, з урахуванням величин упікання та усихання. Тістові заготовки округлювали на тістоокруглювальній машині та направляли у шафу вистоювання. Вистоювання проводили у вистійній шафі за температури $t=28\dots30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W=75\%$ та тривалості – 30 хв.

Випікання здійснювали у зволоженій пекарській камері ротаційної печі ротаційній "Winkler" за температури $230 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 25 хв.

Показники якості житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону «Здравиця» наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Показники якості житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону «Здравиця»

Показник	Хліб «Здравиця»
Тісто	
Кислотність кінцева тіста, град	11
Масова частка вологи тіста, %	49,5
Готові вироби	
Питомий об'єм, см ³ /г	3,42
Відношення висота/ширина	0,43
Пористість, %	67
Органолептичні показники готових виробів	
Зовнішній вигляд:	
форма	правильна, без надривів
поверхня скоринки	гладка, рівна
колір скоринки	темно-золотистий
стан м'якушки:	
колір	світло-коричневий
рівномірність забарвлення	рівномірне
еластичність	дуже м'яка, ніжна, еластична
пористість	дрібна, рівномірна, тонкостінна
смак	Притаманний житньо-пшеничному хлібу, має приємний горіховий присмак
запах	притаманний горіховий аромат
кришкуватість, % через	
4 години	0,2
72 години	4,1

Висновки.

На основі проведених промислових випробувань в умовах Мурованокуриловецького хлібозаводу кооперативної промисловості встановлено:

- доцільність використання пророщене насіння льону в технології виробництва житньо-пшеничного хліба з метою покращання органолептичних, фізико-хімічних показників якості готових виробів та уповільнення процесу черствіння;

- житньо-пшеничний хліб "Здравиця", одержаний з використанням пророщеного насіння льону за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідали вимогам діючої нормативної документації, тривалість зберігання свіжості 72 години.

Технолог Мурованокуриловецького
хлібозаводу кооперативної промисловості

Анастасія БІЛОХАТНЮК

Професор кафедри технології і організації
ресторанного господарства

Володимир ПІДДУБНИЙ

Здобувач кафедри технології і організації
ресторанного господарства

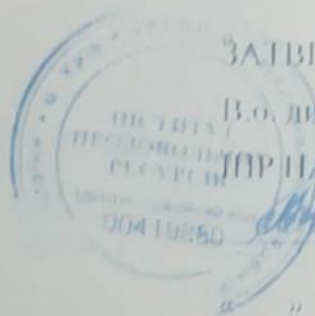
Світлана КРАЄВСЬКА

**ДОДАТОК Ж. Протокол випробувань № 173-174-01/22.
НААН України, Інститут продовольчих ресурсів, Відділ
аналітичних досліджень та якості харчової продукції.**



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ
ВІДДІЛ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ
ПРОДУКЦІЇ

вул. С.Сверстюка, 4а, м. Київ, Україна, 02002, тел. + 38 (044) 517-17-37, факс: + 38 (044) 517-02-28
e-mail: jpr_2018@ukr.net, severinovdmiriy@gmail.com Код ЄДРПОУ 00419880



ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора

ІІР НААН України

Л.М. Хомічак

20 р.

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

№173-174-01/22

Всього аркушів 5

Мета випробувань	Визначення жиринокислотного складу, в тому числі насичених жирних кислот – за ДСТУ EN ISO 12966-4:2019; амінокислотного складу – за допомогою амінокислотного аналізатора
Об'єкти випробувань	№ 173-01/2022 – житньо-пшеничний хліб (контроль); № 174-01/2022 – житньо-пшеничний хліб із 25 % ПНЛ
Замовник	Красевська С.П.
Акт відбору зразків	Відбір зразків здійснено представником замовника від 3.11.2022 р.
Дата надходження зразків	3.11.2022 р.
Дата проведення випробувань	4-9.11.2022 р.
Обладнання	Ваги лабораторні електронні AXIS AD 500, OHAUS AR 2140, газовий хроматограф «Кристалл 2000», роторний випарювач, амінокислотний аналізатор «Biotronik LC-2000»
Результати випробувань	Результати надано у таблицях 1-4

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Зразок №173-01/2022 житньо-пшеничний хліб (контроль)

Жиринокислотний склад продукту (відн. %)

Таблиця 1

Жири кислота	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
Насичені				ДСТУ EN ISO 12966-4:2019
Масляна С 4:0		0,029	±0,002	
Каприлова С 8:0		0,026	±0,002	
Лауринова С 12:0		0,043	±0,003	
Тридеканова С 13:0		0,330	±0,006	
Міристинова С 14:0		0,186	±0,006	
Пентадицилова С 15:0		0,028	±0,001	
Пальмітинова С 16:0		13,791	±0,018	
Маргарінова С 17:0		0,107	±0,008	
Стерінова С 18:0		1,456	±0,011	
Генейкозанова С 21:0		0,062	±0,004	
Бегенова С 22:0		0,070	±0,005	
Трикозанова С 23:0		0,264	±0,007	
Лігноперінова С 24:0		0,114	±0,005	
Усього		15,996	±0,131	
Мононенасичені				

Результати випробувань стосуються тільки зразків, які подавались на випробуванням. Цей протокол не може

бути відтворений, тиражований та поширений як офіційний документ без дозволу відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції

Аркуш 3, всього аркушів 5

Міристолеїнова С 14:1		0,084	±0,004
Ізопальматолейнова С 16:1		0,577	±0,061
Гептадеценева С 17:1		0,078	±0,005
Олейнова С 18:1		14,180	±0,061
Ейкозенова С 20:1		2,274	±0,004
Тетракозенова С 24:1		0,020	±0,004
Усього		17,193	±0,062
Поліненасичені			
Ліолева С 18:2		43,826	±0,014
У-ліноленова С 18:3		0,154	±0,005
Ліноленова кон'югована С18:2		0,401	±0,011
α-ліноленова С 18:3		0	±0,001
Ейкозадієнова С 20:2		0,267	±0,005
Ейкозатриєнова С 20:3		0	±0,001
Ерукова С 20:3+22:1		0	±0,001
Тетракозагексаєнова С 20:4		0,093	±0,005
Докозадієнова С 22:2		0,245	±0,005
Ейкозапентаєнова С 20:5		0,003	±0,001
Докозагексаєнова С 22:6		0,088	±0,005
Усього		50,077	±0,111

Амінокислотний склад

Таблиця 2

Амінокислота, г/100г	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)
Аланін	0,328	±0,01
Аргінін	0,325	±0,01
Аспаргінова кислота	0,405	±0,01
Валін	0,332	±0,01
Гістидин	0,12	±0,01
Гліцин	0,182	±0,01
Глютамінова кислота	1,603	±0,01
Ізолейцин	0,219	±0,01
Лейцин	0,579	±0,01
Лізін	0,213	±0,01
Метіонін	0,109	±0,01
Пролін	0,809	±0,01
Серін	0,417	±0,01
Тірозин	0,213	±0,01
Треонін	0,225	±0,01
Тріптофан	0,096	±0,01
Фенілаланін	0,311	±0,01
Цистин	0,163	±0,01
Усього	6,161	±0,18

Зразок №174-01/2022 життєво-пшеничний хліб із 25 % ПНЛ

Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванням. Цей протокол не може

Аланін	0,299	±0.01
Аргінін	0,325	±0.01
Аспаргінова кислота	0,442	±0.01
Валін	0,379	±0.01
Гістидин	0,182	±0.01
Гліцин	0,302	±0.01
Глютамінова кислота	2,603	±0.01
Ізолейцин	0,319	±0.01
Лейцин	0,589	±0.01
Лізін	0,383	±0.01
Метіонін	0,139	±0.01
Пролін	0,909	±0.01
Серін	0,417	±0.01
Тірозин	0,213	±0.01
Треонин	0,275	±0.01
Тріптофан	0,118	±0.01
Фенілаланін	0,411	±0.01
Цистин	0,173	±0.01
Усього	8,276	±0.18

Протокол
оформив:

Боднарук О.В.
ПІБ дата


підпис

Відповідальні за проведення випробувань:

Мітківська Ф.К.

М.

ПІБ

дата

підпис

**ДОДАТОК К. Протокол випробовувань № 047-048-01/23.
НААН України, Інститут продовольчих ресурсів, Відділ
аналітичних досліджень та якості харчової продукції.**



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСІВ
ВІДДІЛ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

вул. С. Сверстюка, 4а, м. Київ, Україна, 02002, тел. + 38 (044) 517-17-37, факс: + 38 (044) 517-02-28
e-mail: ipr_2018@ukr.net Код ЄДРПОУ 00419880

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступниця директора з наукової роботи

ІПР НААН України



І. О. Романчук

2023 р.

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

№ 047-048-01/2023



20119
ДСТУ ISO/IEC 1702

Відділ аналітичних досліджень та якості харчової продукції акредитований
Національним агентством з акредитації України на компетентність відповідно до вимог
ДСТУ ISO/IEC 17025:2019

Атестат акредитації № 201199 від 29 жовтня 2021 р.

Київ-2023

Мета випробувань	Визначення фізико-хімічних, мікробіологічних показників зразків згідно з ДСТУ-П 4583:2006
Об'єкти випробувань	047-01/2023 – Хліб житньо-пшеничний
	048-01/2023 – Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону
Акт відбору зразків	Зразки для науково-дослідних випробувань
Дата надходження зразків	04.09.2023 р.
Дата проведення випробувань	04.09–09.09.2023 р.
Обладнання	Аналітичні ваги «ОНАУС», шафа електрична сушильна СЭШ-3М, ваги лабораторні електронні “ ОНАУС Pioneer PA 214”, Термостат електричний сухоповітряний ТСМ - 80 М2
Результати випробувань	Результати надано у таблицях 1–4

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Зразок №047-01/2023 Хліб житньо-пшеничний

Фізико-хімічні показники:

Таблиця 1

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Вологість м'якушки, %	не більше ніж 41,0–53,0	43,3	±1,2	ДСТУ 7045:2009
Масова частка білку, %	–	7,8	±0,3	ДСТУ 7045:2009
Масова частка жиру, %	–	1,0	±0,1	ДСТУ 7045:2009
Масова частка цукру, %	–	48,5	±0,3	ДСТУ 7045:2009

Мікробіологічні показники:

Таблиця 2

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
після 24 год зберігання				
Кількість мезофільних аеробних мікроорганізмів, КУО/г	не більше ніж $1,0 \times 10^3$	$2,3 \times 10^2$	±0,2	ДСТУ 8446:2015

Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванням. Цей протокол не може бути відтворений, тиражований та поширення як офіційний документ без дозволу відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції

Кількість плісневих грибів, КУО/г	не дозволено	не виявлено	–	ДСТУ 8447:2015
після 72 год зберігання				
Кількість мезофільних аеробних мікроорганізмів, КУО/г	не більше ніж $1,0 \times 10^3$	$3,1 \times 10^3$	$\pm 0,2$	ДСТУ 8446:2015
Кількість плісневих грибів, КУО/г	не дозволено	$\leq 1,0 \times 10^1$	$\pm 0,1$	ДСТУ 8447:2015

Зразок №048-01/2023 Хліб житньо-пшеничний з пророщеним насінням льону

Фізико-хімічні показники:

Таблиця 3

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Вологість м'якушки, %	не більше ніж 41,0–53,0	44,5	$\pm 1,2$	ДСТУ 7045:2009
Масова частка білку, %	–	10,6	$\pm 0,3$	ДСТУ 7045:2009
Масова частка жиру, %	–	7,5	$\pm 0,1$	ДСТУ 7045:2009
Масова частка цукру, %	–	40,7	$\pm 0,3$	ДСТУ 7045:2009

Мікробіологічні показники:

Таблиця 4

Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань	Невизначеність, U (k=2, P=0,95)	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
після 24 год зберігання				
Кількість мезофільних аеробних мікроорганізмів, КУО/г	не більше ніж $1,0 \times 10^3$	$\leq 1,0 \times 10^1$	$\pm 0,2$	ДСТУ 8446:2015
Кількість плісневих грибів, КУО/г	не дозволено	не виявлено	–	ДСТУ 8447:2015

Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванням. Цей протокол не може бути відтворений, тиражований та поширення як офіційний документ без дозволу відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції

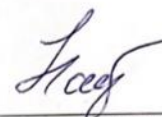
Протокол № 047- 048-01/2023
Аркуш 4, всього аркушів 3

після 72 год зберігання				
Кількість мезофільних аеробних мікроорганізмів, КУО/г	не більше ніж $1,0 \times 10^3$	$\leq 1,0 \times 10^1$	$\pm 0,2$	ДСТУ 8446:2015
Кількість плісневих грибів, КУО/г	не дозволено	не виявлено	$\pm 0,1$	ДСТУ 8447:2015

Протокол оформив:

Науменко О.В.

09.09.23



ПБ

дата

підпис

Відповідальний за проведення випробувань:

Гетьман І.А.

09.09.23



ПБ

дата

підпис

Результати випробувань стосуються тільки зразків, які піддавались випробуванням. Цей протокол не може бути відтворений, тиражований та поширення як офіційний документ без дозволу відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції