

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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

АНДРОНОВИЧ ГАЛИНА МИХАЙЛІВНА

УДК 664.644

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ БІЛОГО ЛЬОНУ**

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

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ Г.М. Андронович

Науковий керівник: Бондаренко Юлія Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Андронович Г.М. «Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки білого льону» – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

Дисертація присвячена використанню цілого та подрібненого насіння високоліноленових жовтонасіневих сортів льону «Золотистий» та «Світлозір» у виробництві хлібобулочних виробів з метою збагачення виробів його фізіологічно-функціональними речовинами. «Золотистий» та «Світлозір» - сорти льону з білоквітковим генотипом (білий льон).

Доведено, що насіння льону цих сортів, завдяки високому вмісту α -ліноленової кислоти, водорозчинних полісахаридів, вітаміну Е та повноцінному за амінокислотним складом білку, здатне покращити склад хлібобулочних виробів та надати йому функціональних властивостей.

Встановлено, що для забезпечення балансу смакових властивостей хліба з пшеничного борошна та максимального збагачення виробу складовими насіння льону, рекомендовано ціле насіння включати у рецептуру виробів у кількості до 15 % до маси борошна, подрібнене насіння льону – у кількості до 20 % до маси борошна.

Для збагачення пшеничного хліба насінням льону у подрібненому стані доцільно його використовувати крупністю частинок, що пройшли крізь сито з розміром чарунок 1мм. Оцінка гранулометричного складу такого подрібненого насіння льону показала, що в його складі переважають частинки розмірами 670...1000 мкм, що значно перевищує крупність пшеничного борошна вищого сорту (40...190 мкм). Це впливає на водопоглинальну здатність тіста, тому рекомендовано при замішуванні тіста з додаванням подрібненого насіння льону підвищувати вологість тіста на 1 %. Зменшення крупності подрібненого насіння льону негативно позначається на стані м'якушки виробів.

Відзначено, що подрібнене насіння льону технологічно можливо застосовувати у рецептурі листкових хлібобулочних виробів. При цьому дозування подрібненого насіння льону у кількості 15 % до маси борошна дозволяє не лише підвищити харчову цінність виробів, а й знизити рецептурну кількість маргарину на шарування.

Доведено, що застосування технологічних заходів сприяє покращанню якості виробів з насінням льону. Встановлено, що виготовлення виробів на густій та рідкій опарі з внесенням в неї насіння льону зумовлює збільшення питомого об'єму виробів відповідно на 24 та 29 %, порівняно з виробами на густій та рідкій опарі, в яких насіння додано у другу фазу – тісто. Ймовірно, причиною цього є взаємодія водорозчинних полісахаридів насіння льону з клейковинними білками та крохмалем борошна опари з утворенням комплексів, завдяки яким під час замішування тіста виявляються піноутворюючі властивості полісахаридів, а не лише їх здатність загущувати тісто.

Встановлені режими замішування тіста з цілим та подрібненим насінням льону. Оптимальною тривалістю замішування тіста з цілим насінням є 5 хв на першій швидкості та 15 хв на другій швидкості. За такого режиму замішування об'єм виробів збільшується порівняно з контрольним зразком на 22,4 % та покращується стан м'якушки: м'якушка стає більш еластичною, її пористість тонкостінною, зв'язок насіння льону з м'якушкою хліба зміцнюється, м'якушка набуває світлішого забарвлення. Оптимальним режимом замішування тіста за умови внесення подрібненого насіння льону є 5 хв на першій швидкості та до 10 хв – на другій швидкості.

Доведена ефективність застосування операції попереднього замочування цілого та подрібненого насіння льону для покращання якості хліба. Внаслідок замочування полісахариди насіння льону екстрагуються у рідку фазу і під час замішування тіста, потрапляючи у тістову систему уже у вигляді в'язких розчинів, полісахариди проявляють свої структуроутворювальні властивості, внаслідок переходу під час замішування у піноподібний стан із в'язкого гелю. Крім того вони утворюють комплекси з білковими речовинами борошна, що також

обумовлює формування розвиненої просторової структури у тістовій системі. Оптимізацією технологічного процесу було встановлено, що у разі використання цілого та подрібненого насіння льону у виробництві пшеничного хліба доцільно застосовувати операцію замочування за таких параметрів: гідромодуль насіння льону та води 1:2 або 1:3, температура води на замочування 60 °С, тривалість замочування 90...120 хв. У разі застосування обраних параметрів питомий об'єм хліба, виготовленого із замочуванням цілого насіння підвищується на 36 %, порівняно зі зразком без замочування, а у випадку із замочуванням подрібненого насіння льону – підвищується на 13,7 %.

Припущення, що водорозчинні полісахариди насіння льону, у разі попереднього замочування насіння, при замішуванні тіста утворюють білково-полісахаридні комплекси, змінюючи білковий склад тіста, підтверджено підвищенням у зразках із замочуванням на 60% (для цілого) та 49 % (для подрібненого) вмісту проміжної фракції білків, порівняно зі зразками без замочування. У разі замочування насіння льону, як цілого, так і подрібненого спостерігається зменшення кількості клейковини, порівняно з відповідними зразками без замочування на 32 % та 45 %.

Застосування замочування і цілого і подрібненого насіння зумовлює значне скорочення тривалості утворення тіста.

Встановлено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону здійснює значний вплив на динаміку виділення діоксиду вуглецю під час бродіння. Зокрема, збагачення рідкої фази тіста розчинами полісахаридів льону, водорозчинними білковими речовинами сприяє інтенсивнішому виділенню діоксиду вуглецю та зміні характеру динаміки виділення вуглекислого газу на одностадійне бродіння для зразків з подрібненим сухим і замоченим насінням льону та цілим замоченим. При цьому рекомендовано скоротити тривалість бродіння тіста для зразку з цілим насінням льону до 90 хв, а для зразків з подрібненим та замоченими лляними продуктами до 60 хв.

Відзначено, що додавання насіння льону зумовлює підвищення в'язкості системи, що в подальшому зумовлює більш повільне прогрівання тістових шарів

під час випікання та продовжує тривалість випікання тістових заготовок та 3...6 хв порівняно з контролем.

Гравіметричним аналізом доведено, що в хлібі з замоченим насінням льону збільшується вміст зв'язаної вологи, зменшується ретроградація крохмалю, внаслідок уповільнення під дією слизів утворення асоціатів з амілозою і амілопектином клейстеризованого крохмалю, що сприяє уповільненню процесів черствіння хліба.

На основі результатів досліджень розроблено рецептури та технологічні інструкції на нові хлібобулочні вироби: хліб «Льонок», хлібець «Бутербродний з льоном», булочка «Ляна» із додаванням високоліноленових жовтонасіневих сортів льону в цілому та подрібненому вигляді. Впровадження нових виробів буде сприяти розширенню асортименту хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями, що має важливе соціальне значення.

Ключові слова: хліб, насіння льону олійного, α -ліноленова кислота, тісто, клейковина, замочування, мікроструктура м'якушки, листкові булочні вироби, черствіння.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті

1. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Гмиря І. В., Буцик Н. А. Використання подрібненого насіння білого льону у виробництві хлібобулочних виробів. *Харчова промисловість*. 2018. 24. с 33-39. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/28682/1/%2324.pdf>.

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

2. Bondarenko Yu., 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. p 9-18. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00973>.

(Журнал «EUREKA: Life Sciences» є іноземним виданням (Естонія) індексується в *Index Copernicus, Google Scholar*).

3. 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. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174643>.

(Науко метричне видання, цитується у *Scopus*).

4. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Грищенко А. М., Анич А. М. Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. 26 (2). С. 232-243.

URL:http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32127/1/EFFECTIVENESS_OF_THE_APPLICATION_OF_FLAX_SEED_HYDRATION_IN_THE_WHEAT_BREAD_PRODUCTION.pdf.

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

5. Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М. Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних виробів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. 26 (4). С. 178-189.

URL:http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32200/1/FLAX_SEEDS_AS_THE_PRESCRIPTION_COMPONENT_OF_BAKERY_PRODUCTS.pdf

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

6. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Піддубний В. А. Вплив насіння олійного льону на формування структурно-механічних властивостей пшеничного тіста. *Харчова промисловість*. 2020. № 28. С. 40-48. URL:

http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34140/1/Kharchova%20Promyslovist_%E2%84%9628.pdf

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

7. Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М. Дослідження впливу насіння льону золотого на процеси утворення та дозрівання пшеничного тіста. *Technology audit and production reserves*. 2020. 5(3(55)). Р. 40–45. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.215503>.

(Науковий журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних і економічних наук; міжнародна індексація: Index Copernicus, EBSCOhost та іншими)

Тези доповідей та матеріали конференцій:

1. Андронович Г. М., Буцик Н. А., Гмиря І. В., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу крупності подрібненого насіння льону білого на якість пшеничного хліба. «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі». Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 11-13 вересня 2018 р. Київ: НУХТ. 2018. С. 23-25.

2. Андронович Г. М. Льон – функціональний інгредієнт хлібопекарської галузі. «Проблеми розвитку та регулювання». Матеріали міжнародної науково-практичної конференції туристичного та готельно-ресторанного бізнес в Україні. Черкаси: ЧДТУ. 2018. С. 374-377.

3. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу насіння льону білого на якість пшеничного хліба». «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». Матеріали 84-тої міжнародної

наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 23-24 квітня 2018 р. Київ: НУХТ. 2018. Ч.1. С. 166.

4. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Використання насіння льону білого у виробництві пшеничного хліба. *«Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії»*. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. 1-2 листопада 2018 р. Черкаси: ЧДТУ. 2018, Т.1. С. 13-15.

5. Андронович Г., Цапран І., Бондаренко Ю. Встановлення параметрів гідратації насіння льону у технології пшеничного хліба. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 85-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 11-12 квітня 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. Ч.1 С. 177.

6. Андронович Г. М., Федорова Д. В., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу насіння льону на якість бараночних виробів. *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 10-11 вересня 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. С. 49-50.

7. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Варчук А. П. Дослідження впливу подрібненого насіння льону золотого на формування пружно-еластичних властивостей тіста. *«Технології харчових продуктів і комбікормів»*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 24-27 вересня 2019 р. Одеса: ОНАХТ. 2019. С. 47-49.

8. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Використання насіння льону у виробництві хліба чабата на пулішу. *«Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії»*. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції. 1 листопада 2019 р. Черкаси: ЧДТУ. 2019. Т.1. С. 52-54.

9. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Вплив замочування подрібненого насіння льону на якість пшеничного хліба. *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*. Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції. 5-6 листопада 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. С. 121-122.

10. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Насіння льону золотого – перспективна сировина для створення функціональних хлібобулочних виробів. *Modern approaches to the introduction of science into practice. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference*. 30-31 March 2020 y. San Francisco, USA 2020. Pp.271-273. («Сучасні підходи до впровадження науки в практику». Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. 30-31 березня 2020 р. Сан-Франциско. С. 271-273)

11. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Збагачення насінням льону хлібних паличок Гріссіні. «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». Матеріали 86-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 2-3 квітня 2020 р. Київ. 2020, Ч.1. С. 107.

12. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М. Вплив цілого та подрібненого насіння льону золотого на якість пшеничного хліба». «Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв». Матеріали I-ї міжнародної науково-практично інтернет-конференції. 24 квітня 2020 р. Прага: Oktan Print s.r.o.. 2020. С 87-88.

13. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М. Вплив насіння льону на бродіння тіста. «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі». Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 17-24 листопада 2020 р. Київ: НУХТ. 2020. С. 25-26.

14. Андронович Г. М., Білик О. А., Бондаренко Ю. В. Вплив способу внесення насіння льону під час приготування тіста на якість пшеничного хліба. «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». Матеріали 87-ої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 15-16 квітня 2021 р. Київ: НУХТ. 2021. Ч.1. С. 123.

15. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу тривалості замішування тіста з цілим насінням льону на якість пшеничного хліба. «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та

перспективи розвитку кондитерської галузі». Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 14-15 вересня 2021 р. Київ: НУХТ. 2021. С. 18-20.

16. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Использование измельченных семян льна в рецептуре слоеных хлебобулочных изделий. *«Аспекты инновационных исследований в аграрных науках»*. Материалы международной научно-практической конференции посвящённой 80-летию со дня рождения академика Академии ГСХН, профессора Гурама Ткемаладзе. 20-21 ноября 2021 г. Тбилиси: Технический университет. 2021. С. 25-28.

Розділи колективних монографій:

1. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Розділ: Використання насіння льону білого у виробництві пшеничного хліба: колективна монографія *«Стан та перспективи розвитку туристичного та готельно-ресторанного бізнесу»* /за ред. д.і.н., проф. Чепурди Г.М. Черкаси: ФОП Пономаренко Р.В.. 2019. 160 с.

2. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Розділ: Вплив ступеню подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба: колективна монографія *«Інноваційні напрями розвитку харчових технологій : колективна монографія»* /за загальн. ред. канд. техн. наук, доц. Н. А. Нагурної. Черкаси: ЧДТУ. 2020. 154 с.

ANNOTATION

Andronovich G.M. "Refining bakery production technology by adding processed white flax products" - Qualifying scientific papers manuscript.

The dissertation for obtaining the academic degree of the Doctor of Philosophy of specialty 181 "Food technologies" - National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The work focuses on the use whole and crushed of seeds of high-linolenic yellow-seed varieties of flax seeds "Zolotystyi" and "Svitlozir" in the production of bakery products in order to enrich the products with physiological and functional substances. "Zolotystyi" and "Svitlozir" are varieties of flax with white-flowered genotype (white flax).

It has been proven that flax seeds of these varieties due to the high content of α -linolenic acid, water-soluble polysaccharides, vitamin E and complete amino acid proteins can improve the composition of bakery products and give it functional properties.

It is established that to ensure the balance of dough properties of wheat flour bread and maximum enrichment of the product with flax seed components, it is recommended to dose whole seeds up to 15% by weight of flour, crushed flax seeds - up to 20% by weight of flour.

To enrich wheat bread with crushed flax seeds, it is advisable to use the crushed seeds size of the particles that have passed through sieve the size of the cells 1 mm. Estimation of the particle size distribution of such crushed flax seeds showed that it is dominated by particles with a size of 670–1000 μm , which significantly exceeds the size of high-grade wheat flour (40–190 μm). This affects the water-absorbing ability of the dough, so it is recommended to increase the humidity of the dough with crushed flax seeds by 1%. Reducing the size of crushed flax seeds has a negative effect on the quality of the crumb of the products.

It is noted that crushed flax seeds can be used in the recipe of puff pastry products. At the same time, the dosage of crushed flax seeds in the amount of 15% by weight of flour allows not only to increase the nutritional value of the products, but also to reduce the prescribed amount of margarine per layer.

It has been proven that the application of technological measures helps to improve the quality of products with flax seeds. It was found that the production of products on sponge mixing method with the addition of flax seeds in to the first phase leads to an increasing in the specific volume of products by 24 and 29%, respectively, compared to products, in which seeds are added to the dough. Probably the reason for this is the interaction of water-soluble flaxseed polysaccharides with gluten proteins and flour starch in the preferment to form complexes, which show the foaming properties of polysaccharides during kneading, not just their ability to increase the viscosity of the dough.

The optimal modes of dough kneading with whole and crushed flax seeds were studied. The optimal duration of kneading the dough with whole seeds is 5 min at first speed and 15 min at second speed. With this mode of kneading the volume of products increases compared to the control sample by 22.4% and improves the characteristics of the crumb: the crumb becomes more elastic, its porosity is thin-walled, the connection of flax seeds with bread crumbs is strengthened, the crumb becomes lighter. The optimal mode of kneading the dough with the addition of crushed flax seeds is 5 min at the first speed and up to 10 min at the second speed.

The effectiveness of the operation of pre-soaking whole and crushed flax seeds to improve the quality of bread has been proven. As a result of soaking, flaxseed polysaccharides are extracted into the liquid phase and when kneading the dough, entering the dough already in the form of viscous solutions, polysaccharides show their structure-forming properties due to the transition from kneading to a foamy state from a viscous gel. In addition, they form complexes with protein substances of flour, which also leads to the formation of a developed spatial structure in wheat dough. Optimization of the technological process revealed that when using whole and crushed flax seeds in the production of wheat bread, it is advisable to use the soaking operation on the following parameters: ratio of flax seeds and water 1: 2 or 1: 3, water temperature for soaking 60°C, pre-soaking duration 90...120 min. In the case of these parameters, the specific volume of bread made with pre-soaked whole seeds increases by 36% compared to the sample with dry flax seeds, and in the case of pre-soaking crushed flax seeds - increases by 13.7%.

It was suggested that water-soluble polysaccharides of flax seeds, in the case of pre-soaking the seeds during kneading the dough form protein-polysaccharide complexes, changing the protein composition of the dough. This is confirmed by an increasing in samples with soaking of proteins of lower molecular weight by 60% (for whole) and 49% (for crushed) compared to samples without pre-soaking. When soaking both whole and ground flax seeds, the amount of gluten is reduced by 32% and 45% compared to the corresponding samples without soaking.

The use of soaking both whole and crushed seeds causes a significant reduction in the duration of the formation of wheat dough.

The results of research have shown that the addition of whole and crushed flax seeds has a significant effect on the dynamics of carbon dioxide releasing and changes in the nature of the dynamics of carbon dioxide releasing.

In particular, enrichment of the liquid phase of wheat dough with solutions of flax polysaccharides, water-soluble protein substances promotes more intensive release of carbon dioxide and changes the nature of the dynamics of carbon dioxide release in one-stage fermentation for samples with crushed dry and pre-soaked and dryflax seeds.

It is recommended to reduce the fermentation time for the sample with whole seeds to 90 minutes, and for samples with crushed and pre-soaked flax products to 60 minutes.

It was noted that the addition of flax seeds increases the viscosity of the system, which causes a slower heating of the layers of wheat dough during baking and prolongs the baking time by 3...6 minutes compared to the control.

Gravimetric analysis has shown that bread with soaked flax seeds increases the content of bound moisture, reduces the retrogradation of starch, due to slowing formation of associations with amylose and amylopectin of gelatinized starch under the action of the slime-forming flax polysaccharides, which slows down the hardening process.

Based on the results of research, recipes and technological instructions for new bakery products have been developed such as «Lonok» bread, «Buterbrodnyi» bread, «Lliana» bun which contain high-linolenic yellow-seed flax varieties in whole and crushed form. The introduction of new products is of social importance and will help expand the range of products with health properties.

Key words: bread, flax seeds, α -linolenic acid, wheat dough, gluten, soaking, crumb microstructure, bakery products, staling.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. НАСІННЯ ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ, ЙОГО ФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ХАРЧУВАННЯ ТА ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	26
1.1. Харчування як складова забезпечення громадського здоров'я.....	26
1.2. Насіння льону олійного: особливості хімічного складу та функціональні властивості.....	31
1.3. Досвід використання насіння льону та продуктів його переробки у виробництві харчових продуктів.....	40
1.4. Стан вирощування олійного льону в Україні та світі.....	49
1.5. Висновки.....	53
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	54
2.1. Характеристика сировини, використаної у роботі.....	56
2.2. Методи досліджень.....	58
2.2.1. Методи дослідження якості борошна та насіння льону.....	58
2.2.2. Способи приготування тіста та методи визначення якості напівфабрикатів.....	60
2.2.3. Методи визначення якості хліба.....	62
2.2.4. Математико-статистичні методи обробки експериментальних даних.....	63
2.3. Висновки	63
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НАСІННЯ ЛЬОНУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ХЛІБЛОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ.....	64
3.1. Порівняння хімічного складу, біологічної цінності білків та жирнокислотного складу насіння льону та пшеничного борошна.....	64
3.2. Вплив цілого насіння льону на якість хлібобулочних виробів та	

параметри технологічного процесу.....	71
3.3 Вплив подрібненого насіння льону на якість пшеничного хліба та параметри технологічного процесу.....	76
3.4 Вплив крупності подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба та параметри технологічного процесу.....	80
3.5 Порівняльний вплив різних сортів льону на якість пшеничного хліба.....	83
3.6 Вплив насіння льону на якість листкових булочних виробів та параметри технологічного процесу.....	87
3.7 Висновки.....	94
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ, ЩО ПОКРАЩУЮТЬ ЯКІСТЬ ХЛІБА З НАСІННЯМ ЛЬОНУ.....	96
4.1 Дослідження впливу гідратації насіння льону на якість пшеничного хліба.....	96
4.2 Встановлення режимів замішування тіста з додаванням насіння льону.....	111
4.3 Визначення оптимальної вологості тіста за використання насіння льону.....	119
4.4 Дослідження впливу способу приготування тіста на технологічний процес і якість хліба з насінням льону.....	123
4.5 Висновки.....	128
РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПЕРЕБІГ БІОХІМІЧНИХ І МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ТІСТІ З НАСІННЯМ ЛЬОНУ.....	130
5.1. Структурно-механічні властивості тіста з насіння льону	130
5.1.1. Вплив насіння льону на якість клейковини пшеничного борошна.....	131
5.1.2 Вплив насіння льону цілого та подрібненого на пружно-еластичні властивості тіста.....	136

5.1.3 Вплив насіння льону цілого та подрібненого на в'язко-пластичні властивості тіста.....	145
5.1.4 Мікроструктура тіста з насінням льону.....	148
5.2 Мікробіологічні і біохімічні процеси в тісті зі насіння льону.....	151
5.2.1 Вплив насіння льону на фракційний склад білків тіста.....	151
5.2.2 Вплив насіння льону на накопичення кислотності тіста та склад органічних кислот в тісті.....	152
5.2.3 Дослідження впливу насіння льону на процеси газоутворення у тісті та накопичення спирту під час бродіння.....	154
5.2.4 Дослідження впливу насіння льону на бродильну активність дріжджів.....	161
5.2.5 Дослідження впливу насіння льону на кінетику цукрів у тісті під час його дозрівання та амілоліз крохмалю тіста.....	163
5.3 Висновки.....	168
РОЗДІЛ 6. СПОЖИВЧА ТА ФІЗІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ ХЛІБА З НАСІННЯМ ЛЬОНУ.....	170
6.1 Вплив насіння льону на збереження хлібом свіжості.....	170
6.2 Дослідження форм зв'язку вологи в хлібі та їх зміна у процесі зберігання.....	173
6.3 Аромат виробів з насінням льону.....	176
6.4 Вплив насіння льону на харчову цінність виробів.....	178
6.5 Удосконалення технології хлібобулочних виробів з цілим та подрібненим насінням льону білого.....	181
6.6 Висновки.....	185
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	186
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	190
ДОДАТКИ.....	223
ДОДАТОК А. Рецептúra « Хліб Льонок».....	224
ДОДАТОК Б. Технологічна інструкція з виробництва хліба «Льонок».....	229

ДОДАТОК В. Рецептатура « Хлібця бутербродного з льоном».....	236
ДОДАТОК Г. Технологічна інструкція з виробництва хлібця бутербродного з льоном.....	241
ДОДАТОК Д. Рецептатура « Булочки лляної»	248
ДОДАТОК Е. Технологічна інструкція з виробництва булочки лляної.....	259
ДОДАТОК Є. Акти проведення виробничих.....	260
ДОДАТОК Ж. Розрахунок економічної ефективності (доцільності) використання насіння льону білого при виробництві хлібобулочних виробів.....	274
ДОДАТОК Д. Список наукових праць за темою дисертаційної роботи.....	281

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

GBD — Global Burden of Disease (Глобальний тягар хвороб)

IHME — Institute for Health Metrics and Evaluation

НІЗ — неінфекційні захворювання

DALY — Disability-Adjusted Life Year

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ФП – функціональні продукти

ЛПНЩ — ліпопротеїди низької щільності

ЛПВЩ — ліпопротеїди високої щільності

ПНЖК — поліненасичені жирні кислоти

ОДАХТ — Одеська національна академія харчових технологій

НУХТ – Національний університет харчових технологій

НААН – Національна академія аграрних наук України

ІНАК – індекс незамінних амінокислот

ЦНЛ – ціле насіння льону

ПНЛ – подрібнене насіння льону

ЦНЛЗ - ціле насіння льону замочене

ПНЛЗ – подрібнене насіння льону замочене

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні тенденції формування здорового раціону харчування диктують необхідність створення нових продуктів із підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю. Хліб є основним продуктом харчування для більшості населення нашої країни. Поліпшення харчування населення можливе завдяки розширенню асортименту хлібобулочних виробів, збагачених рослинною сировиною вітчизняного виробництва, що має широкий спектр позитивного впливу на організм людини.

Проблемі створення хлібобулочних виробів з підвищеною харчовою цінністю та функціональними властивостями присвячено роботи таких вітчизняних та закордонних вчених Дробот В.І., Арсенєвої Л.Ю., Іоргачової К.Г., Лебеденко Т.Є., Лисюк Р.Ю., Шаніної О.М., Пащенко Л.П., Пучкової Л.І., Steigman A., Betoret E., Mounjouenrou P.

Одним із перспективних видів сировини для збагачення хлібобулочних виробів фізіологічно-функціональними інгредієнтами є олійні культури, зокрема насіння льону. У технології широкого асортименту харчових продуктів застосовують різні продукти переробки насіння льону: лляну олію, частково або повністю знежирене лляне борошно, екстракти слизу лляного насіння, оболонки лляного насіння. Кожен з цих видів продуктів має переважання лише одного із біологічно активних компонентів насіння льону. Ціле ж насіння льону є комплексним носієм важливих фізіологічно-активних речовин.

На підставі вивчення функціональних властивостей складових насіння льону та результатів медичних досліджень ефективності включення до раціону людини α -ліноленової кислоти та лляного насіння для збагачення хлібобулочних виробів було підібрано сорти насіння льону з переважаючим вмістом в жирнокислотному складі олії α -ліноленової кислоти. Водночас для уникнення значно вираженого впливу насіння льону на забарвлення м'якушки хлібобулочних виробів було звернуто увагу на жовтонасіневі сорти льону, не зважаючи на переважаюче сьогодні культивування та використання коричневонасіневих сортів льону. Такими сортами льону є «Золотистий» та

«Світлозір», які відносяться до сортів льону з білоквітковим генотипом (білий льон).

Тому дослідження щодо використання високоліноленових жовтонасіневих сортів льону «Золотистий» та «Світлозір» у хлібопеченні з метою збагачення виробів його фізіологічно-функціональними інгредієнтами та дослідження споживчих характеристик цих виробів є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: дослідження було виконано відповідно до тематики науково-дослідної роботи кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів № 0116u008128 «Розроблення інноваційних технологій традиційних та спеціальних хлібобулочних виробів» та продовжено за № 0121U112866 «Дослідження технологічних властивостей сировинної бази хлібопекарської промисловості з метою її використання у виробництві дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів», яка координується з науковим напрямком НУХТ «Розроблення сучасних енерго- і ресурсощадних технологій та нанотехнологій для виробництва якісних і безпечних харчових продуктів профілактичної дії».

Особиста участь автора полягає у проведенні експериментальних досліджень, теоретичному обґрунтуванні результатів досліджень, розробленні нормативної документації, підготовці матеріалів до публікації.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням високоліноленових жовтонасіневих сортів льону.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- 1) визначити хімічний склад високоліноленових жовтонасіневих сортів льону та порівняти його з пшеничним борошном вищого сорту;
- 2) дослідити вплив високоліноленових жовтонасіневих сортів льону у цілому та подрібненому вигляді на показники технологічного процесу та якість хліба;
- 3) встановити можливість використання подрібненого насіння льону у рецептурі булочних листових виробів;

4) встановити та оптимізувати технологічні заходи виробництва хлібобулочних виробів з цілим та подрібненим насінням льону, які забезпечують належну якість хліба;

5) визначити особливості формування структурно-механічних властивостей тіста та перебігу біохімічних і мікробіологічних процесів у тісті з додаванням замоченого цілого та подрібненого насіння льону;

6) дослідити вплив цілого та подрібненого насіння льону на процеси черствіння виробів, оцінити їх харчову цінність;

7) розробити рецептури хлібобулочних виробів збагачених складовими насіння льону, розробити та затвердити нормативну документацію на них, провести виробничу апробацію;

8) визначити економічну та соціальну ефективність впровадження виробів у виробництво.

Об'єкт дослідження — технологія хлібобулочних виробів.

Предмет дослідження — високоліноленові жовтонасіневі сорти льону, їх хімічний склад, мікробіологічні та хімічні процеси у тісті з ними, формування структурно-механічних властивостей тіста, показники технологічного процесу та якість виробів, харчова та споживча цінність виробів.

Методи дослідження — органолептичні, хімічні, аналітичні, фізико-хімічні, експериментально-статистичні, загально прийняті й спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів.

У результаті системного аналізу теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано й удосконалено технологію хлібобулочних виробів, збагачених високоліноленовим жовтонасіневим льоном.

Вперше вивчено процеси структуроутворення тіста замішаного з додаванням гідратованого цілого та подрібненого насіння льону та виявлено, що екстраговані у рідку фазу водорозчинні полісахариди насіння льону під час замішування тіста:

- утворюють з білками борошна білково-полісахаридні комплекси, що підтверджено збільшенням у тістовій системі проміжної фракції білка на 60 % у тісті з замоченим цілим насінням льону та 49 % з замоченим подрібненим насінням льону;

- проявляють структуроутворювальні властивості, формуючи у тістовій системі розвинену просторову структури, що підтверджено вивченням мікроструктури тіста, а не тільки загущуючи її, що забезпечує збільшення об'єму хліба виготовленого із замочуванням цілого на 36 %, подрібненого на 13,7 %, порівняно зі зразками без замочування.

Базуючись на результатах експериментальних даних щодо закономірностей процесів приготування хліба із застосуванням замоченого насіння льону цілого та подрібненого методом експериментально-статистичного моделювання вперше встановлено параметри операції замочування цілого та подрібненого насіння льону у виготовлені хлібобулочних виробів: гідромодуль насіння льону та води 1:2 або 1:3, температура води на замочування 60 °С, тривалість замочування 90...120 хв.

Доведено, що для виявлення структуроутворювальних властивостей водорозчинних полісахаридів насіння льону та покращання якості хлібобулочних виробів доцільно застосовувати двофазний спосіб тістоприготування з внесенням цілого та подрібненого насіння у першу фазу (опару).

Гравіметричним аналізом доведено, що в хлібі з замоченим насінням льону збільшується вміст зв'язаної вологи, що уповільнює процес черствіння виробів.

Вперше встановлено, що подрібнене насіння льону технологічно можливо застосовувати у рецептурі листкових хлібобулочних виробів у кількості 15 % до маси борошна, що дозволяє не лише підвищити харчову цінність виробів, а й знизити рецептурну кількість маргарину на шарування, як джерела транс-ізомерів.

Дістали подальшого розвитку вивчення закономірностей процесів дозрівання тіста у разі використання лляної сировини.

Практичне значення одержаних результатів.

На основі результатів досліджень розроблено рецептури та технологічні інструкції на нові хлібобулочні вироби: хліб «Льонок», хлібець «Бутербродний з льоном», булочка «Ляна» із додавання високоліноленових жовтонасінєвих сортів льону в цілому та подрібненому вигляді, які були схвалені «Харчовою контрольно-виробничою лабораторією Київської облспоживспілки» та затвердженні в установленому порядку.

За результатами досліджень апробовано технологію у виробничих умовах цеху № 7-8 ПАТ «Київхліб» м. Київ, пекарні «Піщанська» м. Мелітополь, Запорізької обл., Мурованокуриловецькому хлібозаводі кооперативної промисловості смт. Муровані Курилівці, Вінницької обл.

Впровадження нових видів виробів сприятиме розширенню асортименту хліба з оздоровчими властивостями, що має важливе соціальне значення.

Результати досліджень використовуються у навчальному процесі.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні аналітичного огляду сучасної вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури, інтернет ресурсів та патентних джерел, обґрунтуванні актуальності виконання роботи в обраному напрямку, у плануванні та проведенні експериментальних досліджень у лабораторних і виробничих умовах, їх обробленні та аналізі, формуванні висновків, підготовці заявок на патент та нормативної документації, підготовці матеріалів до публікації, апробації розробленої технології у виробничих умовах.

Аналіз і узагальнення результатів досліджень та формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації проведені з науковим керівником к.т.н, доц. Бондаренко Ю.В.

Хімічний склад вивчено спільно з зав. лабораторії селекції льону Інституту олійних культур, дослідження структурно-механічних властивостей тіста проведено в Державному центрі сертифікації, ідентифікації та якості рослин, мікроструктури тіста та хліба в Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного. Зміну форм зв'язку вологи в хлібі під час його зберігання досліджено спільно зі співробітниками Інституту фізичної хімії імені Л. В. Писаржевського.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи було представлено на 84-й, 85-й, 86-й, 87-й Міжнародній науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» НУХТ (м. Київ, Україна, 2018, 2019, 2020, 2021); 2-й, 3-й, 4-й, 5-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та 5-й, 6-й, 7-й, 8-й Міжнародній науково-практичній конференції «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» НУХТ (м. Київ, Україна, 2018, 2019, 2020, 2021); Міжнародній науково-практичній конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів» ОНАХТ (м. Одеса, Україна, 2019); II-ї, III-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії» ЧДТУ (м. Черкаси, Україна, 2018,2019); IX-й Міжнародній науково-практичній конференції туристичного та готельно-ресторанного бізнес в Україні «Проблеми розвитку та регулювання» ЧДТУ (м. Черкаси, Україна, 2018); VIII-й Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції.» НУХТ (м. Київ, Україна, 2019); X-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні підходи до впровадження науки в практику» (м. Сан-Франциско, США, 2020); I-й Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв» (м. Прага, Чехія, 2020); Международной научно-практической конференции посвящённой 80-летию со дня рождения академика Академии ГСХН, профессора Гурама Ткемаладзе «Аспекты инновационных исследований в аграрных науках» (г. Тбилиси, Грузия, 2021).

Розроблена продукція демонструвалася на Всеукраїнському конкурсі хлібобулочних виробів 2021 року, як «Кращі хлібобулочні вироби спеціального призначення 2021 року» та нагороджена Дипломом I ступеня за хліб «Льонок» та Дипломами II ступеня за хлібець «Бутербродний з льоном» та булочку «Ляну».

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи викладені в 25 наукових працях, з них 5 статей у фахових виданнях України, 1 – у науковому

періодичному виданні, яке включено до міжнародної наукометричної бази Scopus, 1 – у науковому періодичному виданні іншої країни, 2 розділи колективних монографій, 16 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку літературних джерел та додатків. Роботу викладено на 147 сторінках основного тексту, які включають 33 рисунки, 52 таблиці. Робота містить 300 найменувань використаних літературних джерел, у тому числі 145 зарубіжних, та 9 додатків.

РОЗДІЛ 1

НАСІННЯ ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ, ЙОГО ФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ХАРЧУВАННЯ ТА ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1.1 Харчування як складова забезпечення громадського здоров'я

У щорічному статистичному звіті Глобальної обсерваторії охорони здоров'я Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) відзначено, що в усьому світі в період з 2000 року зросли показники очікуваної тривалості життя [1]. Поряд з цим, за даними ВООЗ, в сучасних екологічних та соціально-економічних умовах стан здоров'я населення в усьому світі має тенденцію до погіршення і характеризується збільшенням числа осіб, що страждають різними захворюваннями [2].

Здоров'я громадян – це одна з найбільших цінностей для кожної цивілізованої країни, найважливіша складова її соціально-економічного розвитку [3].

У визначенні основних інструментаріїв збереження здоров'я населення країни значну роль має громадське здоров'я – наука та практика попередження захворювань, збільшення тривалості життя і зміцнення здоров'я шляхом організованих зусиль суспільства [4-6].

На міжнародному рівні сьогодні діє цілий ряд нормативних документів у сфері громадського здоров'я, зокрема перша Декларація ВООЗ з громадського здоров'я була прийнята ще у 1987 р. [7].

Україна долучилася до розбудови в державі системи громадського здоров'я відповідно до встановлених ВООЗ напрямків, підписавши Угоду про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами (відповідно до статті 427 глави 22 «Громадське здоров'я» розділу V «Економічне та галузеве співробітництво» Угоди) [8]. Координатором цієї діяльності в Україні призначено Державну установу «Центр громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України». Кабінет Міністрів України схвалив Концепцію розвитку системи

громадського здоров'я, а 4 лютого 2021 р. Верховна Рада України прийняла в першому читанні за основу законопроект №4142 «Про систему громадського здоров'я» [9, 10]. Зазначені документи підтверджують прийняття Україною, визначеного ВООЗ, напрямку переорієнтації діяльності від санітарного нагляду і боротьби з хворобами до «нового» підходу – зміцненню здоров'я і профілактиці захворювань [11].

Для формування уявлення про стан здоров'я людей, дослідження найкращих стратегій для побудови здорового світу, розроблення інноваційних систем вимірювання, які використовуватимуться для ухвалення рішень в системі охорони здоров'я, з 1990 р. у міжнародній практиці введено поняття «глобальний тягар хвороб» (Global Burden of Disease – GBD). Дослідження GBD – це глобальна програма, що оцінює втрату працездатності та смертність від основних захворювань, травм та факторів ризику [12].

Сьогодні в світі існує велике занепокоєння з приводу масштабного тягара неінфекційних захворювань (НІЗ) [2]. За статистичними даними ВООЗ щорічно від хронічних НІЗ помирає більше 36 мільйонів чоловік (63 % випадків смерті в світі), при цьому 14 мільйонів чоловік помирають передчасно, тобто у віці до 70 років [13]. Тому однією із задач ВООЗ є зменшення на третину до 2030 року передчасної смертності від НІЗ завдяки профілактиці, лікуванню та підтримки здоров'я і благополуччя населення [14]. Стратегія ВООЗ щодо зниження рівня хронічних НІЗ націлена на чотири глобально важливі захворювання: хвороби системи кровообігу, хронічні обструктивні захворювання легень, злоякісні новоутворення, цукровий діабет [15, 16, 17, 18].

В Україні, як і в інших країнах, НІЗ залишаються основною причиною захворюваності, втрати працездатності та передчасної смертності [19-22]. За даними Всесвітнього Банку, лише 81 % українців, яким у 2017 році виповнилось 15 років, досягнуть 60-річного віку. Цей показник яскраво демонструє загрозу НІЗ для здоров'я та життя населення [23]. Понад 80 % смертей в Україні спричинено хворобами системи кровообігу, новоутвореннями, хронічними хворобами легень, діабетом. Тривалість життя українських чоловіків в середньому становить 63

роки, жінок – 73, що значно менше у порівнянні з тривалістю життя людей в інших європейських країнах (розрив з ЄС понад 10 років) [24, 25, 26].

В Україні у 2018 р. на засіданні Кабінету Міністрів ухвалено розроблений МОЗ України Національний план заходів щодо неінфекційних захворювань [27].

У рамках співпраці Центру громадського здоров'я МОЗ України з Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) (США) у 2019 р. в Україні вперше проведено національне дослідження GBD та виявлено, що основними факторами ризику НІЗ серед дорослого населення України є неправильне харчування, низька фізична активність, підвищене психоемоційне навантаження, негативна дія забрудненого навколишнього середовища та шкідливі звички [28].

Харчування є одним із факторів, що впливає на формування «здорової» тривалості життя та є фундаментом профілактики багатьох НІЗ [29, 30, 31].

У структурі харчування населення всього світу, в тому числі України, спостерігаються негативні зміни зумовлені зменшенням вживання біологічно цінних продуктів при одночасно стабільно високому рівні споживання рафінованих продуктів. Це обумовлює «прихований голод» внаслідок дефіциту в харчовому раціоні людей вітамінів, макро- і мікроелементів і речовин, які мають антиоксидантні властивості [32]. Нещодавнє дослідження харчових звичок у 195 країнах показало, що неповноцінне харчування – причина 20 % передчасних смертей [33]. Окрім смертності неправильне харчування впливає на показник DALY (Disability-Adjusted Life Year). ВООЗ використовує DALY як інтегральний показник, що оцінює сумарну кількість років здорового життя, втрачених внаслідок хвороби або смерті [34]. У рамках співпраці Центру громадського здоров'я МОЗ України з IHME у 2019 році (безпосередньо перед пандемією коронавірусної хвороби) було виявлено, що в Україні є значно вищим, ніж в інших державах, показник DALY внаслідок серцево-судинних захворювань [35]. За деякими епідеміологічними даними в Україні всього 20...25% населення вважається здоровим [36].

Досвід багатьох країн світу переконливо свідчить, що послідовна комплексна державна політика в галузі харчування дає позитивні результати в

зниженні рівня захворюваності і поліпшення показників здоров'я населення. Головними порушеннями в харчовому статусі українців є надлишок тваринних жирів і вуглеводів, дефіцит поліненасичених жирних кислот (ω -3 та ω -6), повноцінних тваринних білків, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон [37, 38, 39]. У більшості країн Європи, а також у США, Канаді, Японії питання про харчування населення підняте на державний рівень. Завдяки цьому в багатьох економічно розвинених країнах світу вдалося досягти зниженню рівня захворюваності і смертності від серцево-судинних захворювань на 30...50 % [40, 41, 42].

Впровадження Національного плану заходів щодо НІЗ в Україні спрямовано на зменшення до 2030 року на третину передчасної смертності від: серцево-судинних захворювань, раку, діабету та хронічних респіраторних захворювань [37].

Численними епідеміологічними дослідженнями доведено зв'язок між харчуванням і розвитком НІЗ [43]. У зв'язку з цим, значної актуальності набуває проблема забезпечення населення не лише повноцінними та здоровими харчовими продуктами, а й функціональними [44, 45]. Створення функціональних продуктів харчування та їх впровадження у виробництво – один із напрямів гуманістичної програми харчування людини, проголошеної Організацією Об'єднаних Націй (ООН) [46].

Хоча дослідницький інтерес та ринок функціональних продуктів харчування експоненційно зростають, багато зацікавлених сторін у різних країнах дезорієнтовані через дискусію щодо визначення «функціонального харчового продукту» [47, 48].

Сьогодні існує нагальна потреба у законодавчій базі виробництва функціональних продуктів, щоб спрямовувати та контролювати інновації в цій галузі [49, 50, 51]. В даний час до цієї категорії застосовуються декілька нормативних актів, що належать до сфери харчових продуктів і регламентують визначення функціонального продукту. За рекомендаціями Європейської комісії по Науці про функціональне харчування у Європі (FuFoSE) продукт можна

вважати функціональним, якщо поряд з забезпеченням харчовими речовинами, він здійснює сприятливий вплив на одну або декілька функцій організму людини, покращуючи загальний стан або/і знижує ризик розвитку захворювання [52].

Згідно «Наукової концепції функціональних продуктів харчування в Європі» (Scientific Concepts of Functions Food in Europe) функціональний продукт позиціонується як продукт призначений для систематичного споживання усіма віковими групами здорового населення, який знижує ризик розвитку захворювань що пов'язані з харчуванням і здійснюється це за рахунок наявності в продукті фізіологічно-функціональних інгредієнтів [53].

Фізіологічно-функціональні інгредієнти – це речовини, які мають позитивний вплив на здоров'я людини, їх вміст у функціональному харчовому продукті має становити 10...50 % середньодобової потреби організму в цих інгредієнтах за умови звичайного рівня вживання продукту. Концентрації функціональних інгредієнтів, які містяться у функціональних продуктах і здійснюють регулюючу дію на організм людини, близькі до оптимальних фізіологічних, тому такі продукти можуть прийматися невизначено довго [54-58]. Згідно з даними Федерації європейських спеціалізованих харчових інгредієнтів (EUSFI) до функціональних інгредієнтів відносять: вітаміни, провітаміни і вітаміноподібні речовини, харчові волокна (розчинні і нерозчинні), білкові речовини, мінеральні речовини, ліпидовміщуючі та поліненасичені жирні кислоти, пробіотики, пребіотики, глікозиди, поліфеноли, рослинні екстракти [59 – 61]. Джерелом функціональних інгредієнтів може бути рослинна сировина, багата на біологічно активні речовини. В рослинній сировині білки, вітаміни, мінеральні речовини знаходяться у формі природних сполук, тобто у формі, що легко засвоюється організмом. Комплексність їх хімічного складу обумовлює комплексне збагачення продукту одночасно білками, вітамінами, мінеральними сполуками, іншими важливими складовими [62].

Виробництво функціональних продуктів (ФП) є актуальним завданням для сучасної харчової промисловості. У світовому масштабі постійно проводиться робота по створенню продуктів функціонального призначення, які мають як

широкий спектр дії, так і вузьку спрямованість на конкретний орган, захворювання або категорію населення [38, 63-68].

Дослідження останніх років показали, що сьогодні ФП у світі складають не більше 10...18 % усіх відомих харчових продуктів. У ЄС випускають понад 35 % ФП від загального обсягу вироблених продуктів харчування. Лідерами виробництва ФП є Німеччина (37%), Франція (35%), Велика Британія (35%) [65].

Світовий споживчий ринок функціональних продуктів формується із 50...65% молочних продуктів, 9...10 % хлібобулочних виробів, 3...5 % функціональних напоїв та 20...25 % інших харчових продуктів [69].

Україна теж знаходиться на шляху розвитку ринку функціональних продуктів. Найбільш поширеними ФП на вітчизняному ринку є молочні продукти, зернові продукти та хлібобулочні вироби [38].

В Україні необхідно активно розробляти концептуальні основи розвитку функціональних харчових продуктів, які будуть систематично споживатися в складі харчових раціонів усіма віковими групами населення з метою зниження ризику розвитку захворювань, пов'язаних з харчуванням. Задача збільшення частки функціональних продуктів в загальному асортименті харчових продуктів закладається в планах розвитку регіонів України, наприклад, Стратегією розвитку Київської області на 2021-2027 роки є налагодження виробництва на підприємствах області функціональних харчових продуктів з використанням інноваційних технологій [70].

Для пересічного українця доступним щоденним традиційним продуктом раціону є хлібобулочні вироби. Тому головною задачею фахівців хлібопекарської галузі є надання цим виробам функціональних властивостей та розширення їх асортименту [71 – 73].

1.2 Насіння льону олійного: особливості хімічного складу та функціональні властивості.

Одним із шляхів забезпечення здорового харчування є збагачення базових продуктів функціональними інгредієнтами рослинної сировини. У зв'язку з цим, значимість деяких сільськогосподарських культур набуває більшої ваги. Вони

стають більш популярними та затребуваними. До таких культур відноситься льон [74]. Батьківщина цієї рослини – гірські райони Індії, Китаю, Середземномор'я. Сьогодні льон широко вирощується у помірній зоні Європи, Азії та Північної Америки, а також у Північній Африці [74].

Льон належить до родини льонових *Linaceae* Dum, яка включає 22 роди, із них для практичної мети використовують переважно один рід — *Linum* *Linaceae*. Він об'єднує понад 200 видів, але господарське значення має тільки культурний або звичайний льон — *Linum usitatissimum* L. У вирощуванні льону виділилося два напрями використання: на прядиво та олію [75]. Льон по використанню поділяється на три типи: довгунець – на волокно, кудряш – на насіння і межумок – на насіння і волокно. Кудряш і межумок поєднують загальною назвою олійний льон [76]. Льон кудряш практично ніде не обробляється і під олійним льоном зараз мають на увазі льон-межумок [75].

Насіння льону має яйцеподібну сплюснену форму з вузьким трішки зігнутим носиком, гладке, блискуче (рис. 1.1).

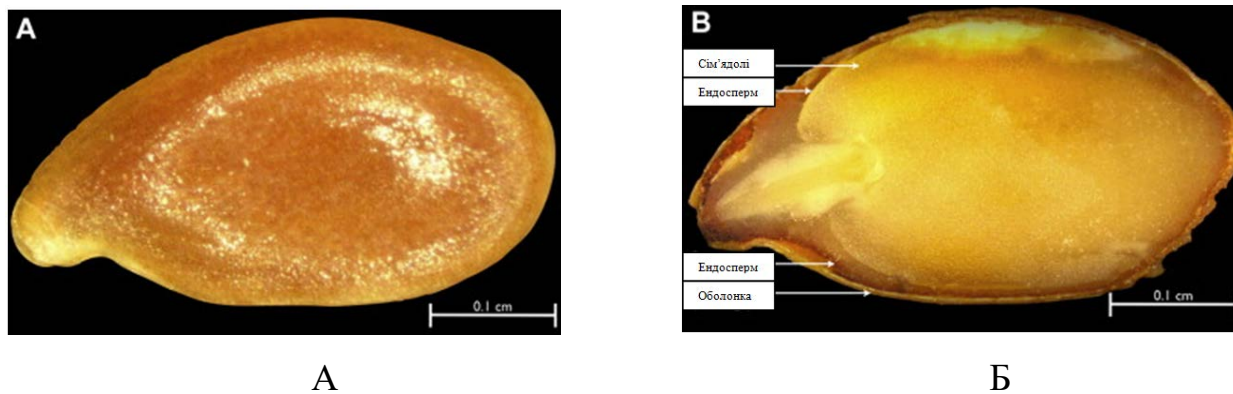


Рис.1.1 Фото насіння льону: *A* – вигляд цілої насінини, *B* – вигляд насінини в розрізв.

Насіння зовні покрите тонкою оболонкою, що містить клітковину та слизові речовини. Під оболонкою насіння розташований ендосперм – шар клітин, багатий на білок і жир. У внутрішній частині насіння знаходиться зародок, який складається з короткого корінця та сім'ядоль, у тканинах яких міститься олія та білки. Забарвлення насіння льону буває від жовтого до темно-коричневого [77]. Серед основних маркерних ознак у культурі льону також виділяють забарвлення

віночку та форму квітки. Льон характеризується різноманіттям забарвленням квітки: блакитна, біла, фіолетова та ін. Колір квітки є генетично обумовленою ознакою. Для льону білого характерним є білоквітковий генотип, а для насіння такого льону переважно властиве жовте забарвленням.

В останнє десятиліття зросла роль льону у харчовій промисловості і це не дивно, адже попит на нього вийшов на новий виток завдяки науці, яка оцінила його значення для здоров'я людини. Склад льняного насіння свідчить про його беззаперечну цінність та необхідність широкого використання в харчуванні населення [78-81].

Ляне насіння дуже багате на жир і білки. Вважається, що насіння льону містить 19...33 % білка, жиру 30...50 %, вуглеводів 12...26 %, золи 3...4 %, вітаміни та інші біологічно активні речовини. Відсоток жиру в насінні льону є стійкою сортовою ознакою для одних і тих же районів вирощування. Щорічні коливання його вмісту в насінні для певного географічного району вирощування є невеликими [75, 82-84]. Вміст олії в насінні льону обумовлений його генотипом. Генотипова мінливість олійності насіння льону може бути пов'язана з такими ознаками як його крупність і забарвлення оболонки. Для генотипів з жовтим забарвленням насіння характерна в середньому більш висока олійність, ніж для коричневонасінєвих [85].

До складу ляної олії входять 5 основних жирних кислот: 2 насичені – пальмітинова (5-7%), стеаринова (3-4%) та 3 ненасичені – олеїнова (16-20%), лінолева (14-17%) та ліноленова (50-60%) [86-87]. Значний вміст α -ліноленової кислоти в олії є одним із факторів, що надає насінню льону функціональних властивостей [88].

Насіння льону олійного за своїм призначенням поділяється на високоліноленове (технічний) та низьколіноленове (solin – або харчовий). Обидві групи їстівні, перша навіть корисніша, але високоліноленова олія дуже «примхлива» і швидко прогіркає [89].

Лінолева (ω -6) та α -ліноленова (ω -3) кислоти – це поліненасичені незамінні жирні кислоти, що не синтезуються в організмі людини і надходять лише з їжею.

Родина ω -6 жирних кислот є домінуючою у сучасному європейському раціоні, тоді як ω -3 жирні кислоти – у дефіциті. Ця ж тенденція відзначається і в раціоні українців. Аналіз показав, що в раціоні населення України переважає соняшникова олія, внаслідок чого в організм надходить надлишкова кількість ω -6 полієнових кислот. Медичні дослідження свідчать, ці два сімейства ненасичених жирних кислот мають протилежні вплив на організм людини: ω -6 полієнові кислоти легко перетворюються в біологічно активні простаглінни, тромбокساني і лейкотриєни, які провокують в організмі запальні процеси, збільшують ризик тромбозів і, як наслідок, інфарктів, провокують атеросклероз, остеопороз, онкологічні захворювання; ω -3 полієнові кислоти навпаки підвищують імунітет, знижують запальні процеси, знижують тромбоутворення, мають судиннорозширюючі властивості, антистресову та антиаритмічну дію. При цьому і ω -6 і ω -3 полієнові кислоти знижують рівень холестерину в крові [90-95].

Холестерин – це складна хімічна сполука, що відноситься до класу жирів. Він є одним із головних компонентів мембран усіх без винятку клітин організму. Холестерин переноситься у крові спеціальними речовинами – ліпопротеїдами. Ліпопротеїд – це сполука або комплекс, що складається з ліпиду та білка. Залежно від переважання жирової чи білкової складової розрізняють дві основні групи ліпопротеїдів: ліпопротеїди низької щільності (ЛПНЩ) та ліпопротеїди високої щільності (ЛПВЩ). ЛПНЩ складаються переважно з жирів, а білка в них дуже мало. Якщо в організмі ЛПНЩ знаходяться в надлишку, то з них утворюються атеросклеротичні бляшки в судинах, що призводять до ішемії, інфарктів, інсультів та інших захворювань серцево-судинної системи. Холестерин ЛПНЩ називають «поганим» [96]. ЛПВЩ складаються з великої кількості білкових речовин та невеликої кількості жиру. Головне їх завдання – виведення холестеринових надлишків з організму. Деякі з ЛПВЩ мають здатність навіть гальмувати процес утворення холестеринової бляшки в судинах, що вже почався. Холестерин, що входить до складу ЛПВЩ називають «хорошим» [97].

Синтез холестерину в організмі відбувається безперервно. При цьому 80 % холестерину організм утворює із проміжних продуктів обміну білків, жирів та

вуглеводів і лише 20 % отримує у готовому вигляді – з продуктами харчування тваринного походження. Основна частина холестерину, що надходить до нашого організму – це ЛПНЩ. Тому лікарі рекомендують дієти з низьким вмістом тваринних жирів усім пацієнтам із хворобами судин, серця, жовчного міхура та ін. [98].

Клінічними дослідженнями показано, що ПНЖК родини ω -3 нормалізують ліпідний спектр крові: підвищують рівень ЛПВЩ до 10 %, знижують рівень ліпопротеїнів низької щільності крові на 11–18 % [99].

Однією із важливих функцій жирних кислот родини ω -3 в організмі людини є участь у побудові клітинних мембран. Дослідження функцій ПНЖК родини ω -3 показують, що при недостатньому отриманні їх з харчуванням, організм людини починає використовувати для побудови клітинних мембран ліпідів, до складу яких входять насичені або мононенасичені жирні кислоти. При цьому мембрани стають менш пружними, знижується їх стійкість до шкідливого впливу та збільшується їх проникливість для чужорідних речовин. Це призводить до виникнення різних захворювань серцево-судинної системи, а також впливає на їх здатність протистояти чужорідним клітинам, наприклад, вірусам [100-104].

Позитивний вплив ω -3 ПНЖК доведено в багатьох клінічних дослідженнях, під час проведення яких виявлено чітку залежність між рівнем надходження цих кислот в організм людини та зниженням захворюваності і смертності від серцево-судинної патології, насамперед від інфаркту та інсульту [105-106].

Відомо, що основним джерелом жирних кислот родини ω -3 є риб'ячий жир. Однак морські риби багаті поліненасиченими жирними кислотами тільки за умови, якщо виловлені з природних умов існування. В останні роки численні дослідження зосереджені на пошуку інших джерел ω -3 жирних кислот. Насіння льону може бути альтернативним джерелом ненасичених жирних кислот для населення тих регіонів світу, що не мають доступу до морських продуктів [107-108].

Дослідженнями *in vivo* показано, що включення насіння льону в раціон, насичений промислово гідрогінезованими трансжирами, завдяки вмісту в насінні

α -ліноленової кислоти, дозволяє знизити вміст «поганого» холестерину та розвиток атеросклерозу [109].

Клінічними дослідженнями пацієнтів з гіпертонією, які протягом 6 місяців щоденно вживали з харчовими продуктами 30 г подрібненого насіння льону, підтверджено антигіпертензивні властивості насіння льону. Виявлено, що в плазмі крові таких хворих підвищується вміст α -ліноленової кислоти, що в свою чергу сприяє зростанню вмісту у крові оксиліпінів, які регулюють тонус судин [110-112]. Дослідженнями на щурах в раціон яких включали 10 % подрібненого лляного насіння або 4,4 % лляної олії, було виявлено їх профілактичну та терапевтичну дію на аритмію і серцеву дисфункцію [113-115].

Відомо, що у пацієнтів літнього віку спостерігається вища частота серцево-судинних захворювань. У праці [116] встановлено, що вік пацієнта не впливає ні на абсорбцію α -ліноленової кислоти з раціону з додаванням лляного насіння, ні на її метаболізм.

У роботі [117] наводиться думка, що збільшення вживання α -ліноленової кислоти рослинної сировини може бути більш протективним щодо деяких захворювань серця та системи кровообігу.

Дотримання певного співвідношення ω -6 та ω -3 жирних кислот у щоденній дієті є успішним механізмом запобігання розвитку серцево-судинних захворювань. Переважаюча більшість ω -3 жирних кислот у загальній сумі поліненасичених жирних кислот раціону призводить до зниження вмісту холестерину в крові [118].

Оптимальне співвідношення між ω -3 і ω -6 – жирними кислотами не встановлено, різні автори рекомендують співвідношення в межах 1:4...1:10. Левицкий А.П. зазначає, що співвідношення ω -3 та ω -6 жирних кислот в раціоні повинно становити 1:4, при цьому частка ω -3 жирних кислот повинна складати не більше 1,6 % від всіх жирних кислот, а ω -6 жирних кислот – не більше 6,4 % [119].

ВООЗ хоч і не дає рекомендацій щодо балансу ω -3 та ω -6 жирних кислот у харчуванні, але при цьому наводить дані щодо мінімального та адекватного рівня

споживання як суми поліненасичених жирних кислот, так і конкретних кислот (табл. 1.1) [120].

Таблиця 1.1 – Рекомендовані ФАО/ВООЗ норми споживання ПНЖК

Жирна кислота	% від добової калорійності для дорослої людини
Сума ПНЖК	6 ... 11
Сума жирних кислот родини ω -3	2,0... 3,0
Ліноленова кислота	> 0,5
Сума жирних кислот родини ω -6	2,5 ... 9,0
Лінолева кислота	2,5

Згідно рекомендацій інституту харчування РАМН фізіологічна потреба для дорослих у поліненасичених жирних кислотах становить 6...10 % від калорійності добового раціону. При цьому споживання ω -6 жирних кислот повинне становити 8...10 г/добу, ω -3 жирних кислот – 0,8...1,6 г/добу, або 5...8 % від калорійності добового раціону для ω -6 і 1...2 % калорійності добового раціону для ω -3. Оптимальне співвідношення у добовому раціоні ω -6 до ω -3 жирних кислот має становити 5...10:1 [121].

Насіння льону та лляна олія є перспективною сировиною для нормалізації жирнокислотного складу продуктів харчування та хлібобулочних виробів зокрема. Позитивним є також той факт, що при впливі на насіння льону температури до 200°C α -ліноленова кислота не руйнується [122].

Незважаючи на перелічені позитивні ефекти застосування лляної олії як джерела ω -3 жирних кислот, є достовірні клінічні дані про те, що цей продукт не слід розглядати як самостійний препарат α -ліноленової кислоти [123-124]. Тому нутриціологи рекомендують для збагачення раціону застосовувати ціле насіння льону, яке крім α -ліноленової кислоти містить інші компоненти, які мають для організму важливі функціональні властивості.

Вуглеводний склад насіння льону в основному представлений розчинними та нерозчинними харчовими волокнами. Особливістю вуглеводного складу насіння льону є те, що більшість вуглеводів представлено у вигляді розчинних харчових волокон – слизеутворюючих полісахаридів. Вміст розчинних і нерозчинних волокон варіюється зазвичай в межах 20:80 - 40:60 %.

Слизеутворюючі полісахариди характеризуються високою вологоутримуючою здатністю, що надає їм властивостей структуроутворювача та загущувача харчових систем. Крім цього, важлива медико-біологічна роль полісахаридів насіння льону: вони сприяють зниженню глікемічного індексу, вмісту холестерину в крові; відзначено їх позитивний вплив у профілактиці діабету і зменшення ризику коронарної недостатності. Вважається, що полісахариди насіння льону проявляють радіопротекторні та іммунозахистні властивості [125-132].

Підвищене споживання розчинних харчових волокон може знизити ризик серцево-судинних захворювань за рахунок зменшення в організмі «поганого» холестерину [133-134]. У роботі [130] показано, що водорозчинні полісахариди насіння льону, зумовлювали зниження рівня глюкози та холестерину ЛПНЩ у хворих діабетом 2 типу, які протягом 6 місяців включали у свою дієту прісні хлібці чапати, збагачені полісахаридами льону.

Насіння льону також багате на білки (до 17...30%), вміст яких може змінюватися залежно від умов вирощування та сортових особливостей. У білку насіння льону присутні всі незамінні амінокислоти, при чому вміст деяких із них відповідає стандарту ФАО. За даними Всеросійського науково-дослідного інституту механізації льонарства, харчова цінність білка з насіння льону оцінюється в 92 одиниці в порівнянні зі 100 одиницями казеїну молока. Білки насіння льону лімітовані за лізином, але характеризуються високими рівнями аргініну та глютамінової кислоти, а також високим коефіцієнтом перетравлюваності (89,6%). Насіння льону це хороше джерело сірковмісних амінокислот (метионіну і цистеїну), які підвищують рівень антиоксидантів, тим самим сприяють знизити ризик розвитку раку [135-142].

Насіння льону – найбільш багате у рослинному світі джерело лігнанів (до 0,7...1,5 % від сухої маси насіння), серед яких переважає диглікозид секоїзоларицирезінолу. Лігнани насіння льону відносяться до класу фітоестрогенів. В насінні льону міститься в 100 разів більше лігнанів, ніж в інших рослинних продуктах. Цікаво відзначити, що в лляній олії вони містяться в

незначній кількості. Наукові дані підтверджують, що лігнани насіння льону мають антиканцерогенну активність та антиоксидантну дію. Доклінічні та клінічні дослідження показали, що лігнан льону має профілактичну дію при різних серцево-судинних ускладненнях, таких як атеросклероз, гіперліпідемія, ішемія, гіпертензія та кардіотоксичність [143-148].

У роботах Prasad K. зі співавторами [149-153] показана превалююча роль лігнанів, порівняно з іншими складовими льону, в пригніченні розвитку гіперхолестеринового атеросклерозу. Виявлено, що комплекс лігнанів льону знижує розвиток атеросклерозу на 34 % внаслідок помітного зниження окислювальних процесів в організмі та холестерину ЛПНЩ.

Лігнани насіння льону, на відміну, від лігнанів іншої рослинної сировини не розкладаються при підвищенні температури, навіть до 250 °C [154].

Одним із важливих біологічно активних компонентів лляного насіння також є токофероли. В насінні льону присутні всі форми вітаміну E (α -, β -, γ -, δ -форми) з переважаючим вмістом в ізомері γ -токоферолу (9,2 мг/100 г насіння). Він має антиоксидантні властивості, які захищають клітинні компоненти від пошкоджуючих ефектів вільних радикалів, сприяє зниженню артеріального тиску і ризику серцевих захворювань. Цей вітамін дуже стійкий за нагрівання до температури 170 °C. Насіння льону характеризується високим вмістом таких мінеральних речовин як кальцій, магній, фосфор та особливо багатий калієм [155].

Таким чином, у насінні льону одночасно присутні декілька груп сполук, що надають йому функціональних властивостей та здійснюють позитивний вплив у функціонуванні організму людини: ПНЖК родини ω -3, харчові волокна, лігнани, токофероли та білок з високою біологічною цінністю. Використання насіння льону, як джерела декількох важливих фізіологічно-функціональних інгредієнтів, внаслідок одночасності їх дії справлятиме виражену функціональну дію. Наприклад, встановлено, що включення насіння льону (10-30 г) до раціону пацієнтів з гіпертонією внаслідок комплексності дії складових льону, навіть протягом дванадцятитижневого періоду, сприяло зниженню артеріального тиску,

загального холестерину та індексу маси тіла, а в раціоні людей з надмірною вагою, станом переддіабету та діабету – стабільному помірному зниженню рівню глюкози, покращенню чутливості до інсуліну [156-158].

Унікальний хімічний склад насіння льону робить його цінною сировиною для створення функціональних харчових продуктів. Розроблення технологій повного використання всіх компонентів насіння льону – це актуальний сучасний напрям розроблення харчових продуктів нового покоління із заданим хімічним складом та властивостями.

1.3 Досвід використання насіння льону та продуктів його переробки у виробництві харчових продуктів.

Насіння льону використовують в трьох основних напрямках – для промислової переробки, виробництва кормів та харчування [159]. Сьогодні зростає потенціал насіння льону у харчуванні як складової харчової продукції, зважаючи на вміст в ньому біологічно активних речовин та клінічно доведений позитивний їх вплив на здоров'я людини.

За літературними даними відомо, що до складу харчового продукту можуть включати як безпосередньо насіння льону, так і продукти його переробки: лляне борошно (повножирове, знежирене), лляну олію, макуху та шрот (побічні продукти виробництва олії).

Низка досліджень присвячена використанню насіння льону та продуктів його переробки у виробництві хлібобулочних виробів як найбільш доступного продукту для населення.

Науковцями Сучавського університету (Румунія) досліджено можливість застосування лляного борошна з коричневого та жовтонасіневого сортів льону у виробництві пшеничного хліба. Додавання лляного борошна зумовлювало зростання показника числа падіння пшенично-лляної суміші та уповільнення ретроградації крохмалю. Рекомендовано лляне борошно включати до складу пшеничного хліба у кількості 5...15 % до маси борошна [160].

Автори роботи [161] розробили для закладів ресторанного господарства технологію хлібців масою 30 г з цільнозернового пшеничного та житнього борошна, збагачених насінням льону, як виробів функціонального призначення.

Насіння льону застосовують для виробництва флаксів – хрустких хлібців. Однією із стадій виробництва флаксів є замочування насіння у воді. Слизі, що виділяються при замочуванні, сприяють утворенню в'язкої маси з якої формують заготовки для флаксів. У роботі [162] встановили, що для отримання флаксів високої міцності доцільно проводити замочування насіння льону впродовж 40 хв.

Кулешова Н.Й. запропонувала технологію біологічно-активної добавки «Лен-Баланс» із застосуванням оброблення насіння льону інфрачервоним випромінюванням, яка сприяла покращанню вологоутримуючої та жироемульгуючої властивостей полісахаридів лляного насіння у виробництві харчових продуктів та екстракції водорозчинних антиоксидантів. Подрібнене до розміру частинок 1 мм насіння льону, що піддавалося обробленню, рекомендовано використовувати у виробництві пшеничного хліба у кількості 5 % замість маси борошна [163].

Ціле насіння льону включали в кількості до 25 % до маси борошна у рецептуру хлібних паличок «Грісіні» для підвищення харчової цінності виробів. У технології сушки, збагаченої насінням льону, рекомендовано дозування насіння льону 15 % до маси борошна. Вироби за такого дозування отримали найвищу кількість балів за комплексним показником якості та відповідали вимогам нормативної документації [164-166].

Автори роботи [167] використовували ціле насіння льону у виробництві хліба чабата на пулішу. Встановлено, що насіння льону доцільно вносити на стадії приготування пулішу. Це сприяє максимальному включенню насіння в клейковинний каркас тіста, що в подальшому покращує стан м'якушки виробу.

У роботі [168] розглянута можливість виробництва пшеничного хліба з подрібненим насінням льону. Автори рекомендують дозування подрібненого насіння льону в кількості 8 % замість маси борошна. За такого дозування, незважаючи на погіршення якості клейковини, отримують вироби з хорошими

органолептичними і фізико-хімічними показниками. Автори припускають, що в процесі випікання хліба, збагаченого подрібненим насінням льону, утворюються ліпідно-білкові комплекси, що сприяє збільшенню пружності м'якушки виробів.

Для підвищення харчової цінності булочних виробів та подовження тривалості їх зберігання авторами роботи [169] рекомендовано включати в їх рецептуру лляне борошно у кількості 3 % до маси борошна пшеничного. При цьому кращі показники якості мали вироби виготовлені за приготування тіста безопарним способом із внесенням лляного борошна у вигляді заварки.

Росляковим Ю.Ф. зі співавторами [170] запропоновано використовувати для збагачення хлібобулочних виробів лляне борошно, виготовлене у виробничих умовах за спеціальною технологією, яка включає помел насіння льону та подальше знежирення отриманої маси. Отримане борошно містить у перерахунку на суху речовину від 25 до 40 % жиру, до 20 % білка, до 3 % клітковини та має колір – від світло-сірого до коричневого, смак – горіховий. За результатами пробних лабораторних випікань було обрано раціональне дозування такого лляного борошна – до 9 % замість пшеничного борошна.

У роботі [171] автори пропонують збагачувати іранський тост лляним борошном у кількості 10, 20 та 30 % до маси борошна. Встановлено закономірності впливу лляного борошна на реологічні властивості тіста, зокрема відзначено, що зі збільшенням його дозування стабільність тіста знижується. Експериментально доведено, що додавання лляного борошна підвищувало вміст у výroбах фенольних сполук. Найнижчу якість за органолептичними показниками мали вироби за дозування 30 % лляного борошна. Взагалі викликає сумнів, що такі високі дозування лляного борошна дозволять отримати характерну для тосту структуру м'якушки.

Автори роботи [172] збагачували лляним борошном хліб, виготовлений з пшеничного борошна з додаванням ячмінного солоду. Застосовували лляне борошно, що виготовлене за технологією з відділенням оболонок насіння. Дослідженнями на фаринографі встановлено, що додавання лляного борошна підвищувало водопоглинальну здатність тіста та тривалість його замішування.

Для отримання виробів без суттєвого погіршення якості рекомендовано замінювати у рецептурі хліба 10 % пшеничного борошна лляним.

Дослідженнями у роботах [173-175] встановлено, що зі збільшенням дозування у пшеничне тісто лляного борошна, знижуються стабільність тіста та його еластичність, затримується процес клейстеризації крохмалю.

Авторами роботи [176] запропоновано застосувати лляне борошно у суміші з пшеничним у виготовленні бутербродної хлібобулочної продукції підприємств швидкого обслуговування. Бездріжджові хлібобулочні вироби з вмістом лляного борошна 33 % від усієї борошняної суміші отримали схвальну оцінку дегустаційної комісії. При цьому було відзначено оригінальний смак і запах виробів властивий смаженому мигдалю.

У Московському державному університеті харчових виробництв лляне знежирене борошно було рецептурним компонентом хлібобулочних виробів з житньо-пшеничного борошна. Експериментально показано, що найкраща якість виробів спостерігалася у разі приготування хліба із суміші борошна житнього обойного і пшеничного борошна I сорту у співвідношенні 60:25 та внесенні лляного борошна (15 %) у складі лляної закваски. Закваску готували з лляного борошна з використанням гомоферментативних молочнокислих бактерій *L.plantarum*, вологість закваски становила 50 % [177].

Коневою С.І. [178] рекомендовано включати лляне борошно до складу житньо-пшеничного хліба в кількості від 5,0 % до 20,0 % замість житнього борошна і вносити його під час замішування тіста. Автор цієї роботи стверджує, що лляне борошно недоцільно додавати до житньої закваски, оскільки це зумовлювало уповільнення її дозрівання.

Додавання лляного борошна до складу хліба сприяє підвищенню його антиоксидантних властивостей та зниженню глікемічного індексу [179].

Автори роботи [180] отримали позитивні результати використання лляного борошна у кількості 15 % замість пшеничного борошна у рецептурі хлібних паличок підвищеної харчової цінності для ахлоридного харчування.

Науковцями ОНАХТ встановлено, що додання порошку насіння льону у рецептуру пшеничного тіста, знижує кількість і якість клейковини, що відмивається з тіста з цієї суміші, зменшує питомий об'єм та формостійкість хліба. Причиною цього на думку вчених є надмірна активність протеолітичних ферментів насіння льону. Тому автори рекомендують застосовувати у технології таких виробів інгібітори протеаз [181-182].

Saka I. зі співавторами [183] зазначає, що лляне насіння поряд з корисними речовинами також містить фітинову кислоту, яка знижує засвоєння мінеральних речовин. Автор пропонує проводити мікрофлюїдизацію повножирного та знежиреного лляного борошна з коричневонасінєвих сортів льону для зниження вмісту фітинової кислоти та покращання функціональних властивостей. Повножирове та знежирене лляне борошна додавали до складу хліба замість пшеничного борошна в кількості 25, 50 та 75 %, що призводило до значного зниження сенсорних характеристик виробів при покращанні функціональних властивостей хліба. Встановлено, що мікрофлюїдизація дещо зменшувала негативний вплив лляного борошна на органолептичні властивості хліба.

Вченими НУХТ було досліджено використання шроту насіння льону у виробництві пшеничного хліба. Доведено, що оптимальною кількістю шроту насіння льону у складі пшеничного хліба є 7,5 % до маси борошна. За даного дозування спостерігається деяке зменшення об'єму хліба, тому для покращання структурно-механічних властивостей тіста рекомендовано додавати 3,0 % сухої пшеничної клейковини та 0,005 % аскорбінової кислоти до маси борошна, а для покращення кольору м'якушки 3 % до маси борошна ферментованого солоду [184-185]. Доцільність додавання 10 % лляного шроту для отримання пшеничного хліба з високою поживною цінністю та прийнятними сенсорними властивостями доведена у роботі [186].

Сильчук Т.А. [187] було відзначено, що використання шроту насіння льону у виробництві житньо-пшеничного хліба також призводить до незначного погіршення його органолептичних і фізико-хімічних показників якості, тому для

їх покращання рекомендовано додатково вносити солодовий екстракт та цукор білий.

У роботі [188] автори запропонували сумісне використання у виготовленні хліба лляного шроту (15%) та соєвого борошна з метою запобігання прогіркання ліпідів.

Автори роботи [189] оцінили антиоксидантні властивості та органолептичні показники якості пшеничного хліба, виготовленого з додаванням 1–5% висівок льону. Встановлено, що додавання 5 % лляних висівок збільшувало вміст фенолів у виробках на (93 %) та здатність вловлювати радикали (на 176 %). Поряд з цим відзначено зменшення об'єму хліба та підвищення жорсткості м'якушки.

Екстракти з висівок льону використовували у виробництві китайського пропареного хліба, що зумовило підвищення в ньому вмісту фенольних речовин на 138 % та покращання антиоксидантної активності на 34-90 % [190].

У роботі [191] виявлено значне покращання органолептичних показників, об'єму виробів та стану м'якушки безглютенових хлібобулочних виробів, виготовлених з додаванням як цілого, так і подрібненого насіння льону.

Насіння льону також застосовували для приготування закваски спонтанного бродіння, яку використовували у виробництві безглютенових виробів. Встановлено, що хорошу якість безглютенового соргового хліба отримують за дозування закваски з льону в кількості 40 % до маси борошна [192].

Автори роботи [193] додавали ціле насіння льону в кількості 5 % до складу безглютенового хліба, який готували із безглютенової суміші з борошна рисового, гречаного цільнозернового, лляного та суміші «Кисіль з топінамбуру на фруктозі» у співвідношенні 33 %, 33 %, 22 % та 12% відповідно. Включення до складу рецептури насіння льону забезпечувало поліпшення структури м'якушки виробів завдяки структуроутворювальним властивостям полісахаридів льону.

Популярні останнім часом cereali – багатокомпонентні зернові суміші на основі пшеничного борошна, у своєму складі також містять насіння льону. Розробки хлібопекарських сумішей із використанням насіння льону наведені в роботі [194].

Дослідження роботи [195] присвячені вивченню складу композитних сумішей із пшеничного борошна, лляного борошна та круп'яних продуктів для їх використання у виробництві хлібобулочних виробів. Хліб випікали з додаванням суміші круп'яних продуктів, що містить пшоно шліфоване, проділ гречаний і рисову крупу (48%:36%:16%) у кількості 7%. Проведені дослідження показали, що найбільш доцільним є додавання 8,0 % лляного борошна у приготуванні хліба, що містить 7,0 % суміші круп.

У роботі [196] автори розглядали можливість застосування насіння та шроту льону для створення композитних сумішей з борошном, які будуть використані для збагачення харчових продуктів.

Для виробництва хліба функціонального призначення авторами роботи [197] розроблено суміш, в яку поряд з соняшниковим, вівсяним, житнім борошном та сухою пшеничною клейковиною включали лляне борошно в кількості 15 % від маси суміші. Оптимальне дозування суміші становить 30 % замість борошна в рецептурі хлібобулочного виробу.

У роботі [198] у рецептурі пшеничного хліба використовували урбеч насіння льону – густу пастоподібну масу, яку отримують з розтертого насіння. Дослідження показали, що його додавання у кількості 10 % дозволяє отримати збагачений корисними речовинами хліб із хорошими споживчими властивостями.

Авторами роботи [199] для підвищення харчової цінності житньо-пшеничного бездріжджового хліба і надання йому функціональної спрямованості було проведено повну заміну рецептурної кількості води на настій насіння льону, а також включено в рецептуру шрот насіння льону подрібнений до пастоподібного стану.

Міневич І.Е. розроблені технологічні рішення щодо отримання різних видів лляного борошна з насіння льону, лляної макухи, лляного шроту, лляного білкового концентрату з лляної макухи, лляного молока з насіння льону, які можуть бути основою комплексної переробки насіння льону, цільові продукти якої призначені для розробки продуктів функціонального призначення. Технологічні рішення, запропоновані в цій роботі, дозволяють створити цикл

безвідходної послідовної переробки насіння льону, в рамках якого вторинні продукти однієї стадії стають сировиною наступної, а всі цільові продукти, в тому числі нативне насіння льону, використовуються для виробництва харчових продуктів функціонального призначення. Прикладом застосування розроблених продуктів переробки льону є розроблені рецептури батону Лляного та козинок із насіння льону: м'яких «Золотий льон» та традиційних «Льонок» [200].

Використання лляної олії як джерела ω -3 жирних кислот у виробництві харчових продуктів обмежене внаслідок її здатності до окислення. Це зумовило розвиток нового напрямку – розробки мікрокапсульованих олій. В роботах [201-203] запропоновано для утворення нанорозмірних комплексів з лляною олією використовувати кукурудзяний крохмаль, гуміараб'як, мальтодекстрин, метилцелюлозу, ізолят сироваткового протеїну, казеїнат, альгінат натрія. Мікрокапсульовані олії – порошок мікрочастинок, утворених під час розпилювального сушіння суміші олії з речовиною для капсулювання. Ці частинки включали в рецептуру хліба у різних кількостях. Встановлено, що інкапсуляція значно знижує окислення ліпідів та утворення акриламідів у хлібі.

Колективом авторів розроблено схему комплексної переробки насіння льону олійного. Дана схема полягає в попередньому відділенні оболонок насіння від сім'ядолей з подальшим отриманням лляної олії шляхом віджиму сім'ядолей. Макуха, що утворюється після віджимання олії, знежирюється і може бути використана для виробництва лляних каш. Фракція оболонок після видалення залишкової кількості олії і полісахаридів висушується, гранулюється або перемелюється і застосовується для виготовлення фітопрепарату на основі лігнанів, що має антиалергенні та антиоксидантні властивості. Препарат рекомендовано також застосовувати у виготовленні хлібобулочних виробів [204].

Науковцями проведено численні дослідження щодо використання насіння льону і продуктів його переробки у виробництві інших харчових продуктів.

Льяне насіння використовували у виробництві печива. Рекомендовано замінювати до 10 % борошна обсмаженим та подрібненим насінням льону [205].

У роботі [206] вчені збагачували печиво виготовлене з цільнозмеленого пшеничного, житнього, вівсяного та ячмінного борошна подрібненим насінням льону також у кількості 10 % до маси борошна. Встановлено, що хороші органолептичні показники отримано у зразках комбінування насіння льону з пшеничним та вівсяним борошном, але термін зберігання вівсяного печива з льоном зменшився. У збагачених зразках печива вміст лігнанів був у 30 разів вищим, ніж у контрольних зразках.

Дослідження роботи [207] було зосереджено на розробці кексів з додаванням пророслого і непророслого насіння льону. На основі органолептичних показників та структурно-механічних властивостей виробів встановлено оптимальне дозування для непророслого лляного насіння 15 % та для пророслого – 10 %.

Враховуючи структуроутворюючі властивості полісахаридів льону, у роботі [208] доведена ефективність заміни яєчних продуктів у рецептурі кексів на лляне борошно або ціле насіння льону.

Насіння льону використовують у виробництві енергетично-поживних батончиків [209].

Вченими НУХТ проводилися дослідження з використанням насіння льону та продуктів його переробки у технології харчових концентратів, зокрема, у виробництві продуктів екструзійної технології. За результатами дослідження було встановлено, що внесення 7,5% насіння льону до маси рисової крупи, покращує її харчову цінність, не погіршуючи споживчих властивостей екструзійних продуктів [210].

У роботах [211-213] розглянули можливість використання подрібненого лляного насіння та шроту для виробництва макаронних виробів. Аналіз досліджень показав, що додавання насіння льону до складу тіста зумовлювало потемніння макаронних виробів, подовжувало тривалість їх приготування при зменшенні переходу сухих речовин у воду при варінні. Також визначено значне підвищення харчової цінності макаронних виробів.

У роботах [214-217] доведено ефективність використання лляного борошна та насіння замість пшеничного борошна у технології соусів, як згущувача та структуроутворювача, а також сировини, що підвищує харчову цінність соусів.

Низка робіт присвячена використанню насіння льону у виробництві м'ясних січених напівфабрикатів, паштету з м'ясної сировини з функціональними властивостями, м'ясних яловичих котлет [218-221].

Вченими Нової Зеландії дослідним шляхом було встановлено, що додавання олії насіння льону в технології морозива сприяє стабілізації піни, покращує час її плавлення і забезпечує м'яку кремову текстуру морозива [222].

Насіння льону є перспективним функціональним інгредієнтом у виробництві функціональних молочних продуктів харчування [223-226].

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що насіння льону та продукти його переробки нині активно в різному вигляді включаються до складу харчових продуктів з метою надання виробам функціональних властивостей. Поряд з цим, покращання фізіологічних властивостей виробів часто супроводжується погіршенням органолептичних та фізико-хімічних показників якості, що потребує проведення подальших досліджень щодо розроблення технологічних заходів та рекомендацій для отримання виробів з хорошими споживчими властивостями.

1.4 Стан вирощування олійного льону в Україні та світі.

Льон олійний (*Linum usitatissimum* L.) в Україні займає відносно невеликі площі посіву, але відноситься до перспективних нішевих культур. Льон за показниками маржинальності вважають традиційним фаворитом серед нішевих культур на світовому ринку.

На сьогодні льон олійний займає близько 3,5 млн. га посівних площ у світі. Основними країнами, де його вирощують є Канада, США, Китай, Індія, Росія, Казахстан. На світовому ринку насіння льону завершився його перерозподіл між основними гравцями: Канаду витіснили з лідерства Казахстан і Росія. Світове виробництво насіння льону олійного складає від 1,6 до 2 млн тонн щорічно.

Частка України становить 1,4 % світового виробництва насіння льону. На відміну від України, виробники насіння льону Казахстану та Росії більш конкурентоздатні завдяки програмам державної підтримки у формі дотацій та відсутності експортного мита [227-228].

В Україні льон олійний в значній мірі експортна культура. Економічним аргументом на користь цього є той факт, що експорт однієї тонни високоякісного насіння льону приносить в державний бюджет у 5 разів більшу суму податку на прибуток, ніж від експорту олії і шроту, вироблених з тонни соняшнику. Україна експортує льон у 45 країн світу, а найбільшими імпортерами є В'єтнам, Єгипет, Туреччина, Польща, Австрія [229].

Починаючи з 2000-х років в Україні спостерігалася динаміка зростання посівних площ під льоном. Так, якщо в 2008 році площа під льоном олійним складала 19,1 тис. га, то у 2015-2016 рр. вона становила більше 66,8 тис. га. Збільшення площ під цією культурою, насамперед, було зумовлено зростанням попиту на насіння на зовнішньому ринку. Ще одним фактором, який сприяв зростанню посівних площ під льоном, є значна економічна ефективність цієї культури. Через високу олійність (45–50 %) і потенційну врожайність (2,0–2,5 т/га) він є високорентабельною культурою. Вирощування льону обходиться в 1,3–1,5 рази дешевше за соняшник. Льон олійний також має низку переваг у вирощуванні як посухостійка рослина і підходить для вирощування у різних природно-кліматичних зонах України [230-231]. Агротехніка вирощування насіння льону олійного на українських полях є добре відпрацьованою. За середньої врожайності 1,5 т/га рентабельність його вирощування становить близько 150 % [232-233].

В останні роки в Україні закріпилася тенденція до різкого скорочення посівних площ під льон, оскільки українське насіння не конкурує на світовому ринку за ціною. Виною цьому є дія 10 % експортного мита, якого немає у світових лідерів. Крім того для країни економічно вигідно реалізувати не тільки саме насіння як сировину, а й виготовлені з нього продукти. Однак вирощування льону для переробки його на технічну олію також не конкурує на світовому ринку [230].

На сьогодні головним імпортером українського насіння олійного льону є країни ЄС. Зацікавленість Євросоюзу льоном з країн СНД зумовлена більшою екологічністю продукції, особливо після того, як було виявлено, що канадський льон генетично модифікований [231]. Внутрішня переробка та споживання льону незначні [234]. Це пов'язано з обмеженістю сфер збуту як безпосередньо насіння льону, так і продуктів його переробки. Основні продукти переробки насіння льону – олія і макуха. Обсяг переробки насіння льону складає близько 20 %. Вітчизняними переробниками насіння льону олійного є компанії: «Ніжинський ЖК» (Чернігівська обл.), ТОВ «Агросельпром» (Дніпропетровська обл.), «Факторія» (Донецька обл.), «Березівський завод натуральних продуктів» (Одеська обл.), ТОВ «АВА» (м. Одеса).

Основними регіонами вирощування льону олійного є південні області України (Запорізька, Дніпропетровська, Миколаївська, Херсонська), хоча останніми роками площі під цією культурою збільшуються і в областях центрального й північного регіонів. Різноманіття зон вирощування та напрямків використання культури зумовлює необхідність створення сортів льону з різними господарськими та біологічними особливостями, а важливою умовою збереження врожайності льону є посів тільки сортів, які внесено до Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні. За даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, знаходиться 26 сортів льону [234-236].

На ринку селекційного насіння більша частина сортів насіння льону, яке занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні є вітчизняними. Лідером за кількістю сортів і координатором селекційної роботи з льоном олійним є Інститут олійних культур НААН України з сортами Айсберг, Південна ніч, Дебют, Орфей, Золотистий, Ківіка, Водограй, Світлозір. Комерційними сортами інституту на вітчизняному ринку є високопродуктивні сорти технічного напрямку використання Орфей, Водограй, Айсберг, Світлозір. Вони займають значну частку (70...80 %) всіх площ під льоном в Україні. Другу позицію утримує «Інститут землеробства НААН» (4 сорти) з сортами Еврика,

Блакитно оранжевий, Симпатик, Оригінал. На третій позиції – приватна компанія ТОВ «Науковий інститут селекції» з сортом Версаль [227, 232, 237-239].

Оскільки льон олійний є культурою багатоцільового призначення, впровадження спеціалізованих сортів може суттєво вплинути на розширення площ під культурою й розвиток галузі взагалі. Науковці Інституту олійних культур створюють нові високопродуктивні сорти різноспрямованого використання за допомогою сучасних методів селекції. Робота [234] з селекції льону олійного проводиться за такими напрямками: створення сортів технічного використання з підвищеним (більше 65 %) вмістом ліноленової кислоти, харчового використання зі знизеним (менше 40 %) вмістом ліноленової кислоти й підвищеним (більше 40 %) вмістом комплексу лінолевої й олеїнової кислот та медичного використання.

На думку багатьох експертів аграрного ринку вирощування льону олійного є одним із найбільш прибуткових серед групи не маржинальних традиційних олійних культур. Варто зазначити, що в країнах Європи щорічно попит на насіння льону сягає близько 600–700 тис. т, з яких основну частину займає продукція із Північної Америки. З огляду на географічну відстань вигідним є саме експорт українського льону, що має більше конкурентних переваг. Тому цей ринок є досить перспективним для вітчизняних аграріїв. Однак, враховуючи широкі функціональні властивості насіння льону фахівці різних галузей харчової промисловості повинні розробляти та впроваджувати у виробництва нові харчові продукти з насіння льону та продуктами його переробки або збагачувати ними традиційні продукти.

Збільшення внутрішнього і експортного попитів на льон потребує державної підтримки. Як зазначають в Асоціації розвитку льонарства і коноплярства України, одним із кроків для цього мало б стати включення позиції «насіння льону» до президентської програми «Здорова нація», в розділі «Здорове харчування» якої має бути закладене використання насіння льону як харчової добавки.

1.5 Висновки

1. Харчування є одним із факторів, що впливає на формування «здорової» тривалості життя та є фундаментом профілактики багатьох неінфекційних захворювань. В Україні неінфекційні захворювання, зокрема серцево-судинні, залишаються основною причиною захворюваності, втрати працездатності та передчасної смертності.

2. Аналіз літературних джерел показав, що насіння льону є джерелом одночасно декількох груп сполук: ПНЖК сімейства ω -3, харчових волокон лігнанів, токоферолів та білка з високою біологічною цінністю, що надають йому функціональних властивостей та здійснюють позитивний вплив, підтверджений клінічними дослідженнями, у функціонуванні організму людини.

3. У літературних джерелах представлено досвід використання як насіння льону, так і продуктів його переробки у виробництві хлібобулочних виробів. Дослідження спрямовані на підвищення харчової цінності та функціональних властивостей виробів. Використання насіння льону та продуктів його переробки у виробництві хлібобулочних виробів супроводжується зміною показників якості виробів. У роботах багатьох вчених відзначено погіршення реологічних властивостей тіста у разі додавання насіння льону та продуктів його перероблення, що потребує додаткового дослідження технологічних заходів для покращання якості виробів з цією сировиною.

4. Насіння льону з високи вмісто α -ліноленової кислоти є перспективною сировиною для розроблення хлібобулочних виробів з функціональними властивостями.

5. Впровадження у хлібопекарське виробництво високоліноленових сортів насіння льону потребує наукового обґрунтування та удосконалення технології хлібобулочних виробів у разі його використання.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

На підставі аналізу літературних джерел обрано об'єкти досліджень та визначено основні напрями та етапи теоретичних, експериментальних та практичних досліджень. Блок-схему досліджень наведено на рис. 2.1.

Експериментальні дослідження виконувалися в:

- лабораторіях кафедр НУХТ:
 - технології хлібопекарських і кондитерських виробів;
 - машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв;
 - експертизи харчових продуктів;
- Інституті продовольчих ресурсів НААН України (Київ);
- Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного (Київ);
- Державному центрі сертифікації, ідентифікації та якості сортів рослин (Київ);
- Інституті фізичної хімії імені Л. В. Писаржевського Національної Академії Наук України (Київ);
- Інституті олійних культур Національної академії аграрних наук України (лабораторія масових аналізів і приладо-вимірювальних комплексів, лабораторія біохімії та масового аналізу ІОК) (с. Сонячне, Запорізька обл).

Виробничі випробування проводили в умовах виробничих цехів №7-8 ТОВ «Київхліб» (м. Київ), пекарні «Піщанська» (м. Мелітополь, Запорізької обл.), Мурованокуриловецького хлібозаводу кооперативної промисловості.

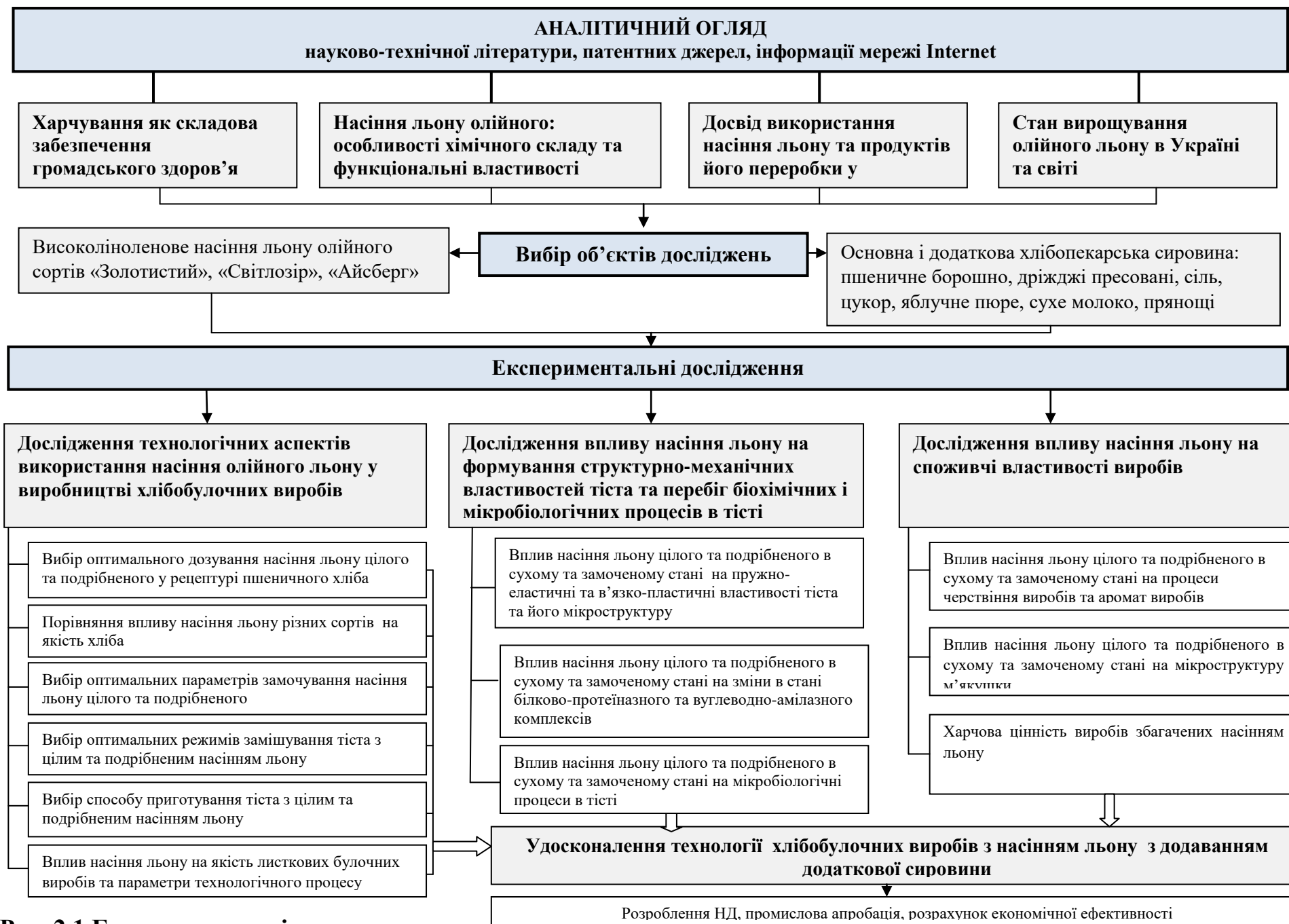


Рис. 2.1 Блок-схема досліджень

2.1. Характеристика сировини, використаної у роботі

Під час проведення досліджень і виробничих випробувань використовували такі види сировини:

- борошно пшеничне вищого сорту (ГСТУ 46.004–99);
- насіння льону олійного (ДСТУ 4967:2008);
- дріжджі хлібопекарські пресовані (ДСТУ 4812:2007);
- вода питна (ДСанПіН 2.2.4-171-10);
- сіль кухонна харчова (ДСТУ 3583:2015);
- цукор білий кристалічний (ДСТУ 4623:2006);
- молоко сухе швидкорозчинне (ДСТУ 4556:2006);
- пюре яблучне (ДСТУ 8639:2016);
- гвоздика мелена (ДСТУ ISO 2254:2008);
- кріп свіжий (ДСТУ 8624:2016).

У дослідженнях використовували 3 партії борошна вищого сорту з середніми хлібопекарськими властивостями (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика партій пшеничного борошна, використаних під час досліджень

Показники	Партія пшеничного борошна вищого сорту		
	1	2	3
Масова частка вологи, %	13,0	13,5	12,8
<i>Показники якості клейковини</i>			
Вміст сирової клейковини	24,3	26,6	28,5
Стискання на ИДК–2, од. пр.	68	79	72
Розтяжність, см	15,0	11,0	12,5
Автолітична активність, % на СР	27,2	29,8	28,5
Кислотність, град	1,4	1,8	2,1

За результатами моніторингу ринку насіння льону та співпраці з Інститутом олійних культур для роботи обрано жовтонасіневі сорти льону олійного «Золотистий» та «Світлозір». Насіння льону сорту «Золотистий» закупували у фермерському господарстві м. Острого Рівненської області, а «Світлозір»

отримували з лабораторії селекції льону Інституту олійних культур. Обидва сорти є продуктами вітчизняної селекції Інституту олійних культур.

Кожен сорт насіння льону має свою генетичну ідентичність пов'язану не тільки з ознаками кольору квітки, насіння, а й показниками хімічного складу, зокрема жирнокислотного складу олії насіння.

Для насіння сорту «Золотисного» сортовими ознаками є біле забарвлення пелюсток віночка, жовте забарвлення насіння, вміст олії в насінні — 49...51 % з високим вмістом в олії ліноленової кислоти — близько 70 %. Рекомендована зона вирощування України – Степ, Лісостеп. Рік реєстрації сорту: 2005.

Для насіння сорту «Світлозір» сортовими ознаками є біле забарвлення пелюсток віночка, жовте забарвлення насіння, вміст олії в насінні — 49...50% і вміст ліноленової кислоти в олії 68–70%. Рекомендована зона вирощування – усі ґрунтово-кліматичні зони України. Рік реєстрації сорту: 2015.

Ці сорти льону відносяться до високоліноленових, оскільки містять в жирнокислотному складі олії більше, ніж 50 % α -ліноленової кислоти.

Проведення досліджень відповідно до мети дисертаційної роботи було розпочато з використання у роботі насіння льону «Золотистого». Однак згодом на ринку набуває популярності новий жовтонасіневий сорт «Світлозір», який при схожих характеристиках хімічного складу, має більш крупне насіння та стабільні показники врожайності, на відміну від «Золотистого», який є сортом мутантного походження. Ці сорти льону маючи схожі показники олійності, жирнокислотного складу, вмісту білків, відрізняються вторинними метаболітами та мукополісахаридами, що обумовлює їх різну реакцію на умови вирощування. За останні роки сорт «Світлозір» набуває популярності як високопродуктивний сорт і входить до переліку сортів, які займають значну частку (70-80 %) всіх площ під льоном в Україні. Тому у роботу було включено також насіння сорту «Світлозір».

Крім цього в певних дослідженнях виникла потреба використати насіння льону коричневих сортів. З цією метою підібрано також високоліноленовий олійний льон коричневонасіневого сорту «Айсберг», який відноситься до білого льону, оскільки має біле забарвлення пелюсток віночка. Насіння льону всіх сортів

відповідало вимогам ДСТУ 4967:2008. Показники якості насіння льону наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Показники якості насіння льону олійного

Показник	Характеристика сортів насіння льону олійного		
	Золотистий	Світлозір	Айсберг
<i>Органолептичні показники</i>			
Зовнішній вигляд:	Сипкий продукт, що складається з суміші цілих, битих і сплюснутих ядер.		
- форма	Насіння сплюснуте, яйцеподібної форми, загострене з одного кінця й округле з іншого, нерівнобоке, довжиною до 6 мм, товщиною до 3 мм		
- поверхня	Поверхня гладенька, блискуча з добре помітним насінним рубчиком		
- колір	жовтого забарвлення	жовтого забарвлення	темно-коричневого забарвлення
Смак і аромат	Притаманні насінню льону, без сторонніх присмаку і запаху й ознак затхлості та плісняви		
<i>Фізико-хімічно показники</i>			
Масова частка вологи, %	9,0	10,0	9,0
Олійність, %	45,8	48,1	48,2

2.2 Методи досліджень

2.2.1 Методи дослідження якості борошна та насіння льону

Хімічний склад борошна і льону характеризували за вмістом основних речовин, що впливають на хлібопекарські властивості борошна та харчову цінність готових виробів:

- масову частку білкових речовин – методом К’ельдаля [240];
- фракційний склад білків визначали за їх розчинністю по Т.Осборну;
- склад окремих амінокислот – методом іонообмінної рідинної хроматографії на автоматизованому аналізаторі амінокислот ТТТ339 (Чехія);
- олійність насіння визначали на лабораторному ЯМР – аналізаторі АМВ – 1006. Цей прилад працює по методу імпульсного магнітного резонансу. Межі похибки, яку допускає аналізатор, обумовлені зміною температури проб, які аналізують, та складає не більше $\pm 0,1$ % [241].

- жирнокислотний склад насіння оцінювали методом газорідинної хроматографії. Розподіл суміші високомолекулярних жирних кислот на окремі компоненти здійснювали на газорідинному хроматографі «Селміхром-1». Для підрахунку відсоткового вмісту кожної жирної кислоти, розраховувалася загальна площа піків, беручи її за 100 %. Потім, знаходячи частину піка кожної жирної кислоти у відсотках, отримують значення їх відсоткового вмісту [242].

- загальний вміст вуглеводів, моно- та дисахаридів – за методикою наведеною в [243];

- вміст цукрів – йодометричним методом [244],

- вміст пентозанів – за ГОСТ 10820–75,

- зольність – за ГОСТ 27494–87,

- амінокислотний скор білків сировини АКскор визначали за формулою:

$$\text{АКскор} = \frac{GAK_d}{GAK_{id}} \times 100, \quad (2.1)$$

де GAK_d – вміст певної амінокислоти у дослідному білку, мг/г,

GAK_{id} – вміст цієї амінокислоти в ідеальному білку, мг/г,

- вітамін Е – методом тонкошарової хроматографії (ТШХ), де як сорбент використовували силікагель марки LS 5/40 мк («Сhemapol», Чехія) [245];

- вміст окремих мікроелементів методом спектроскопії на рентгенофлуорисцентровому аналізаторі.

Сировину, використану в роботі, аналізували за загальноприйнятими та спеціальними методиками.

Пшеничне борошно вищого сорту досліджували за показниками якості, передбаченими ГСТУ 46.004–99 [246]. За загальноприйнятими методиками визначали органолептичні показники [247], масову частку вологи – за ДСТУ 29144:2009 [248], кількість та якість сирої клейковини – [249], реологічні властивості клейковини – за допомогою приладу ИДК–1 та розтяжністю над лінійкою, гідратаційну здатність клейковини розраховували виходячи з масової частки вологи в клейковині [244]. Газоутворювальну здатність борошна визначали волюмометричним методом на приладі АГ–1М, автолітичну активність

за автолiтичною пробою та кислотнiсть за бовтанкою – за загальноприйнятою методикою[249].

Розсiюванням на металевих ситах визначали гранулометричний склад подрiбненого насiння льону.

Для визначення водопоглинальної здатностi подрiбненого насiння льону та сумiшей пшеничного борошна з цiлим насiнням льону готували iх суспензiї з водою у зважених центрифугальних пробiрках за гiдромодулю 1:10, протягом 1 хв. перемiшували в лабораторному змiшувачi, при числi обертiв 50 c^{-1} , термостатували 20 хв при $30 \text{ }^\circ\text{C}$ для набухання, пiсля чого центрифугували при 4000 об/хв. протягом 5 хв. Фугат зливали, визначали його масу (Φ), вiмiст в ньому сухих речовин (CP^Φ) – рефрактометрично i розраховували водопоглинальну здатнiсть клiтковини, % CP, за формулою:

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

де B - маса води, яку вливали у центрифугальну пробiрку, г;

Φ – маса фугату, г;

m – масова частка сухих речовин у фугатi, г (визначали за формулою

$$m = \Phi \cdot \frac{CP^\Phi}{100}); \quad (2.3)$$

M – маса наважки продукту, яку вносили в центрифугальну пробiрку, г;

W – масова частка вологи в продуктi, %.

2.2.2 Способи приготування тiста та методи визначення якостi напiвфабрикатiв

Тiсто готували безопарним способом. Дозування iнгредiєнтiв та замiшування тiста проводили вручну та тiстомiсильнiй машинi ESHER. Бродiння тiста проводилось у термостатi за температури $(38 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ i вiдноснiй вологостi $(78 \pm 2) \%$ протягом 170 або 120 хв., пiсля чого проводили оброблення тiста та формування тiстових заготовок вручну. Остаточне вистоювання проводилось у шафi вистоювання Sveba Dahlin AB DC-21 за температури 35-40 $^\circ\text{C}$ та вiдноснiй

вологості 80-85% до повної готовності. Випікання виробів проводили у подовій печі марки Sveba Dahlin AB DC-21 за температури 200-220 °С. Тривалість випікання залежала від маси виробу. Отримані зразки аналізували після повного остигання (через 4 год). Інші параметри технологічних процесів наведено у відповідних розділах роботи.

Контроль якості напівфабрикатів здійснювали за загальноприйнятими методиками [250].

Масову частку вологи напівфабрикатів визначили експрес-методом на приладі типу Чижової [244]. Титровану кислотність контролювали після замішування і в кінці бродіння – за загально прийнятою методикою.

Газоутворювання у напівфабрикатах оцінювали на приладі АГ-1М, газоутримувальну здатність визначали – за зміною питомого об'єму 100 г тіста в циліндрі протягом бродіння або до початку його опадання [249].

В'язко-пластичні властивості тіста оцінювали за ступенем розпливання кульки тіста протягом 3 год при температурі 30 °С.

Структурномеханічні властивості тіста вивчали на фаринографі Farinograph-AT (фірми Brabender®, Німеччина), альвеографі та амілографі («Chopin» (Франція).) [249]. Фракційний склад білків визначали за їхньою розчинністю за Т. Осборном [244].

Мікроструктуру тіста визначали за допомогою електронного скануючого мікроскопу JEOL JSMM-200. Зразки тіста заморожували, висушували під вакуумом, піддавали зламу, напилювали золу на ділянку зламу розміром 5 мм, після цього мікроскопіювали [251, 252].

Перебіг біохімічних процесів у тісті визначали за кінетикою накопичення цукрів у ньому прискореним йодометричним методом Шорля, летких кислот – напівмікрометодом ВНХП, нелетких органічних кислот – методом М. Княгинічева і Г. Дерновської-Зеленцової, спирту – методом Мартена, титровану кислотність за методиками, описаними в [244, 249].

2.2.3 Методи визначення якості хліба

Якість хліба оцінювали через 3...48 год після випікання.

Фізико-хімічні показники якості готових виробів (масову частку вологи, кислотність, пористість) визначали за ДСТУ 7045:2009.

Об'єм хліба визначали за допомогою приладу марки ОХЛ, формостійкість (відношення висоти подового хліба (H), до його діаметра (D) вимірювали на приладі ИФК [253].

Пористість хлібобулочних виробів визначали загальноприйнятими методами [244] та за методикою, розробленою Петрушею О.О. [254].

Метод реалізується на підставі отримання цифрового зображення скануванням зрізу досліджуваного об'єкта. Спосіб передбачає сканування зрізу м'якушки хліба на сканері з оптичним розширенням 300 dpi. Отримане цифрове зображення вводили у спеціальну програму ImageJ, написану на мові програмування Java, розробленій науковцями National Institutes of Health (USA) для широкого загалу науковців [255]. Програма дозволяє автоматично опрацювати фотографії, спочатку проводить корекцію зображення, потім форматує його у відтінки сірого і потім поділяє області на темні (пори) і світлі (маса непористого матеріалу). Далі обробка зводиться до підрахунку площі еліпсів, еквівалентних за цим показником кожній порі [256]. За відомого розширення сканування можна легко перейти від розмірів у пікселях до традиційних одиниць виміру розмірів пор у відсотках.

Ступінь свіжості хліба оцінювали вимірюванням деформації м'якушки на автоматизованому пенетрометрі АП-4/1, за кришкуватістю м'якушки [244].

Аромат хліба оцінювали за кількістю бісульфітзв'язуючих сполук за методом Токаревої Р.Р. та Кретовича В.Л. [257].

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. [260].

Для розрахунку хімічного складу розроблених виробів використовували «Временные методические указания по расчету химического состава

хлебобулочных изделий», розробленій ВНДІХП та таблиці хімічного складу харчових продуктів, складені І.М. Скурихініним та В.А. Тутельяном. Хімічний склад розроблених виробів визначали за допомогою програмного комплексу «Optima» [261, 262].

2.2.4 Математико-статистичні методи обробки експериментальних даних

Дослідження здійснювали в 3–5-кратній повторюваності. Результати досліджень обробляли статистичними методами обробки даних з довірчою вірогідністю 0,95. Наведено середньоарифметичні табличні та графічні дані. Для оброблення результатів реалізації експерименту застосовували програмні пакети MS Excel та MathCad, ImageJ. Оптимізацію здійснювали за допомогою симплекс-центроїдних планів Шеффе.

2.3 Висновки

1. Обрано та охарактеризовано об'єкти дослідження.
2. Обрано методики для визначення якості сировини, напівфабрикатів, готової продукції.
3. Підібрано методи для визначення особливостей перебігу основних процесів під час приготування тіста.
4. Обрано метод математичного опису технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НАСІННЯ ЛЬОНУ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ХЛІБЛОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

3.1 Порівняння хімічного складу, біологічної цінності білків та жирнокислотного складу насіння льону та пшеничного борошна

Для розгляду насіння льону як об'єкту для покращання хімічного складу, біологічної цінності хлібобулочних виробів, їх жирнокислотного складу та надання їм функціональних властивостей, виникла необхідність проаналізувати склад насіння льону сортів «Золотистий» та «Світлозір» в порівнянні з пшеничним борошном.

Результати дослідження хімічного складу насіння наведено в таблиці 3.1.

При порівнянні хімічного складу насіння льону та борошна пшеничного встановлено, що насіння льону містить майже у два рази більше білка. Насіння льону сорту «Золотистий» за вмістом білка переважає насіння льону сорту «Світлозір» на 6,4 %.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад пшеничного борошна вищого сорту та насіння льону сортів «Золотистий» та «Світлозір»

(n=2, p≥0,95, σ=3...5 %)

Складові	Пшеничне борошно вищого сорту	Насіння льону «Золотистого»	Насіння льону «Світлозір»
Білки, %	10,4	20,3	19,0
Вуглеводи загальні, %	74,0	22,1	21,2
в т.ч.: моно- та дисахариди, %	1,6	2,1	1,6
крохмаль, %	70,5	-	-
харчові волокна, %	2,4	20,0	19,6
Жири, %	1,1	45,6	48,1
Зольність, %	0,5	3,5	3,7
Волога, %	14,0	8,5	8,0

Для повного засвоєння білка їжі вміст в ньому амінокислот має бути в певному співвідношенні, тобто бути збалансованим. На основі багаторічних

медико-біологічних досліджень ФАО / ВООЗ було запропоновано критерій для визначення якості білка – еталон, який має найкращу збалансованість по незамінним амінокислотам [264].

Показником, що характеризує біологічну цінність білка, є амінокислотний скор, що виражається відношенням фактичного вмісту амінокислоти в білку сировини до ідеалу.

Вміст незамінних амінокислот в білку насіння льону та розрахований амінокислотний скор наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вміст незамінних амінокислот білків пшеничного борошна та насіння льону, їх амінокислотний скор

Амінокислоти	Вміст незамінних амінокислот, г/100 г білка				Амінокислотний скор, %		
	«Ідеальний білок» ФАО/ВООЗ г/100 г білка	Пшеничне борошно вищого сорту	Насіння льону		Пшеничне борошно вищого сорту	Насіння льону	
			Золотистого	Світлозір		Золотистого	Світлозір
Ізолейцин	4,0	4,22	5,14	4,72	106	129	118
Лейцин	7,0	7,93	9,84	9,31	113	141	133
Лізін	5,5	2,64	4,96	4,98	48	90	91
Метіонін+ цистеїн	3,5	3,21	3,86	3,37	92	110	96
Фенілаланін+ тирозин	6,0	7,58	15,63	15,02	126	261	250
Треонін	4,0	2,89	5,92	5,43	72	148	136
Триптофан	1,0	1,00	3,27	3,1	100	327	310
Валін	5,0	4,74	8,41	7,8	95	168	156
Сума незамінних амінокислот	36,0	34,21	57,03	53,73	-	-	-

За вмістом в білку незамінних амінокислот насіння льону переважає пшеничне борошно на 57...66 %. Внаслідок меншого на 6,4 % вмісту білка в насінні льону сорту «Світлозір», порівняно з «Золотистим» вміст амінокислот в ньому дещо нижче.

Амінокислотний скор всіх незамінних амінокислот обох сортів насіння льону вищий, ніж в пшеничному борошні. Особливо відзначається більший, ніж в білку пшеничного борошна, вміст незамінних амінокислот, які здійснюють вплив на розвиток серцево-судинних захворювань: триптофану, ізолейцину, лейцину.

Триптофан приймає участь у біохімічних процесах, внаслідок яких міокард отримує енергію. Дефіцит цієї амінокислоти може зумовити розвиток спазмів коронарних судів і бути причиною хронічних захворювань серця. Лейцин – амінокислота, яка відповідає за регуляцію білків міокарда. Ізолейцин – одна із амінокислот, необхідних для синтезу гемоглобіну [265, 266].

Білок насіння льону містить більше, ніж білок пшеничного борошна, триптофану в 3,1 і 3,3 рази, ізолейцину на 11,3 і 21,6 %, лейцину на 17,7 і 24,7 %, відповідно для насіння сорту Золотистого та Світлозір. Також білок насіння льону характеризується високим вмістом ароматичних амінокислот фенілаланіном та тирозином, які здатні покращувати діяльність нервової системи, їх амінокислотний скор у 2 рази більший, ніж у пшеничному борошні.

Аналіз амінокислотного скору свідчить, що для білка насіння льону, як і для білка пшеничного борошна, лімітуючою амінокислотою є лізин. Однак, для білка насіння льону амінокислотний скор за лізином майже у два рази вищий, ніж в білку пшеничного борошна. Це сприятиме покращанню амінокислотного скору за цією амінокислотою готових хлібобулочних виробів, до складу яких включено насіння льону.

Сучасна наука про харчування стверджує, що білок повинен задовольняти потреби організму в амінокислотах не тільки за кількістю. Ці речовини повинні надходити в певних співвідношеннях між собою, оскільки амінокислотний дисбаланс може виявлятися в порушенні процесів метаболізму.

Для характеристики біологічної цінності білка використовують додаткові критерії – індекс незамінних амінокислот (ІНАК), коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу.

Індекс незамінних амінокислот (ІНАК, або індекс Осера) це середнє геометричне значення скорів. Для «ідеального» білка ІНАК = 1.

Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу – чисельна характеристика, яка досить повно відображає збалансованість незамінних амінокислот по відношенню до еталону.

Як видно з таблиці 3.3 ІНАК льняного насіння незначно вище еталона, і перевищує аналогічний показник для пшеничного борошна на 0,54 одиниці. Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу насіння – 0,33, пшеничного борошна – 0,05. Таким чином, показник амінокислотної збалансованості свідчить, що лляне насіння має більш високу біологічну цінність, ніж пшеничне борошно.

Таблиця 3.3 – Амінокислотна збалансованість [267]

Показник	«Ідеальний білок» ФАО/ВООЗ	Значення показника для	
		Пшеничного борошна	Лляного насіння
Індекс незамінних амінокислот	1	0,53	1,07
Коефіцієнт утилітарності амінокислотного скору	1	0,05	0,33

Харчова цінність білка з лляного насіння у бальній оцінці (казеїн прийнято за 100) оцінюється в 92 одиниці [268]. Таким чином, можна стверджувати, що білки насіння льону можуть доповнювати білки пшеничного борошна, покращуючи їх амінокислотний скор.

У виробництві хлібобулочних виробів важливою є роль білків у формуванні структурно-механічних властивостей тіста, які залежать від фракційного складу білка.

За літературними даними [269, 270] відомо, що білки насіння льону представлені водорозчинними (від 46% до 65%), солерозчинними (від 16% до 28%) і лугорозчинними (від 13% до 17%) фракціями. Спирторозчинна фракція - проламіни - відсутня в складі льняного білка.

Поряд з цим відомості різних авторів щодо фракційного складу білків різняться для різних сортів льону або продуктів його переробки щодо наявності чи переважання тієї чи іншої фракції білків.

Фракційний склад білків насіння льону визначали методом послідовного екстрагування за Осборном. Результати досліджень наведені в табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Фракційний склад білків, %

(n=3, p \geq 0,95, σ =3...5 %)

Сировина	Альбуміни	Глобуліни	Глютеліни	Нерозчинний осад
Насіння льону Золотистого	46,7	30,8	10,3	12,2
Насіння льону Світлозір	40,4	33,4	12,1	14,1

Встановлено, що в насінні льону Золотистого та Світлозір основними білками є альбуміни і глобуліни, вміст яких складає відповідно становить 77,5 та 74,8 %. Це також корелює з літературними даними. Виникли складнощі у виділення проламінів, тому якщо вони містилися у насінні льону, вони залишилися у нерозчинному осаді.

Таким чином, проведені дослідження по вивченню амінокислотного складу лляного насіння і пшеничного борошна дозволили встановити, що воно має більш високий вміст амінокислот і характеризується більш високою амінокислотою збалансованістю, ніж пшеничне борошно, що свідчить про її більш високу біологічну цінність, а відмінний фракційний склад білків матиме свій вплив на формування реологічних властивостей напівфабрикатів.

В насінні льону сортів «Золотистий» та «Світлозір» вміст жиру становить 45,6 % і 48,1 % відповідно, це у 41,5 та 43,7 разів більше, ніж в пшеничному борошні. Зважаючи на фізіологічну цінність поліненасичених жирних кислот й особливо α -ліноленової кислоти для роботи було підібрано саме високоліноленові сорти. Жирнокислотний склад насіння льону сортів «Золотистий» та «Світлозір» наведено в таблиці 3.5.

Результати аналізу підтверджують, що обрані сорти льону відносяться до високоліноленових, адже вміст α -ліноленової кислоти в них більший 50 %. При цьому сорт Світлозір має вміст α -ліноленової кислоти α -ліноленової кислоти 64,53 %, що близьке до заявлено в сорті вмісту цієї полі ненасиченої кислоти 68...70 %. Відмінність фактичного вмісту α -ліноленової кислоти від заявленого в сорті може бути зумовлена агрокліматичними умовами вирощування. В насінні сорту Золотистий вміст α -ліноленової кислоти становив 58,16 %.

Таблиця 3.5 – Жирнокислотний склад насіння льону сортів «Золотистий» та «Світлозір», %

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Назва жирних кислот	Борошно пшеничне вищого сорту	Насіння льону сорту «Золотистий»	Насіння льону сорту «Світлозір»
Пальмітинова	12,1	6,13	5,55
Стеаринова	1,2	3,91	2,96
Олеїнова (<i>Омега-9</i>)	15,1	16,16	13,75
Лінолева (<i>Омега-6</i>)	38,6	15,65	13,21
Альфа-ліноленова (<i>Омега-3</i>)	6,5	58,16	64,53

У порівнянні з пшеничним борошном вміст α -ліноленової кислоти в насінні льону майже у 10 разів більший (6,5 % - у борошні, 58,16 та 64,53 % - у насінні). Тому насіння льону є ефективним видом сировини для покращання жирнокислотного складу хлібобулочних виробів виготовлених з пшеничного борошна.

В насінні льону міститься у 8,3 рази більше, ніж у пшеничному борошні вищого сорту, вміст харчових волокон. Крохмаль у насінні льону відсутній.

Відмінною особливістю вуглеводного складу насіння льону є те, що в середньому 75 % від загального вмісту харчових волокон це водорозчинні фракції – слизі. Медичними дослідженнями доведено, що слизі насіння льону сприяють поліпшенню мікробіоти кишківника [271].

У складі полісахаридів лляного слизу містяться три високомолекулярних полісахариди: 75% (від загальної змісту слизу) найбільш в'язкого нейтрального полісахариду з молярною масою $1,2 \times 10^6$ г/моль; 3,75 % кислого полісахариду AF1 з молярною масою $6,5 \times 10^5$ г/моль; 21,55% кислого полісахариду AF2 з молярною масою $1,7 \times 10^4$ г/моль. Під час замішування тіста полісахариди оболонки насіння льону внаслідок контакту з водою переходять у водорозчинний стан, утворюючи в'язкі розчини, конкурують з білками і крохмалем борошна за

воду, чим зумовлюватимуть суттєвий вплив на якість як напівфабрикатів, так і готових виробів.

Насіння льону характеризується вищою у 7 разів, ніж пшеничне борошно, зольністю. Висока зольність насіння льону корелює зі значно більшим вмістом в ньому, порівняно з пшеничним борошном, калію – в середньому для обох сортів в 4,9 рази; кальцію – в 13,5 разів, магнію – в 10 разів; фосфору – в 5,5 разів (табл.3.6).

Таблиця 3.6 – Вміст мінеральних речовин та вітамінів в насінні льону та пшеничному борошні

Складові	Пшеничне борошно	Насіння льону сорту «Золотистого»	Насіння льону сорту «Світлозір»
Мінеральні речовини, мг/100 г			
калій	170	800	872
кальцій	29	267	249
магній	53	400	411
фосфор	116	667	651
Вітаміни, мг/100 г			
тіамін (В ₁)	0,16	1,6	1,4
рибофлавін (В ₂)	0,08	0,2	0,2
ніацин (РР)	2,74	3,0	3,3
піридоксин (В ₆)	0,74	0,5	0,5
фолієва кислота	0,032	0,08	0,06
γ-токоферол	0,8	19,9	23,2

Насіння льону при додаванні його до пшеничного борошна здатне доповнити його вітамінами, особливо В₁ та Е, яких в ньому міститься відповідно, (в середньому для обох сортів) в 10 та 26 разів більше. Вітамін Е – цінний природній біоантиоксидант.

Зважаючи на такий склад основних речовин, насіння льону доцільно застосовувати для покращання харчової цінності хліба та його фізіологічної корисності, однак потребують дослідження технологічні аспекти формування якості виробів з хорошими органолептичними та фізико-хімічними показниками у разі його використання.

3.2 Вплив цілого насіння льону на якість пшеничного хліба та параметри технологічного процесу

Зважаючи на популярність насіння льону як корисної для здоров'я людини сировини виробники хлібобулочної продукції включають його до рецептури своїх виробів. В торгівельній мережі зараз можна знайти такі хлібобулочні вироби з насінням льону: хліб прибалтійський з насінням, хліб вівсяний з льоном, хліб з льоном, хліб тостовий з льоном, багет з льоном та ін. Однак, аналіз рецептур цих виробів показав, що льон додають в невеликій кількості, що не дозволяє надати виробам функціональних властивостей. Наприклад, у Канаді прийнято Національну програму, яка розглядає льон як стратегічний ресурс оздоровлення громадян. Відповідно до цієї програми рекомендовано включати до складу хлібобулочних виробів до 12 % насіння льону. Тому виникла необхідність встановити технологічно можливе максимальне дозування насіння льону у виробництві пшеничного хліба для покращання харчової цінності хліба та його фізіологічної корисності.

На ринку України переважає насіння льону коричневого. Нині активно збільшуються посівні площі льону жовтонасіневого, який має світло-жовтий колір насіння і більш приємніші смакові характеристики, який не буде затемнювати м'якушку виробів.

Враховуючи результати досліджень, які викладені у підрозділі 3.1, встановлено, що насіння льону має відмінний від пшеничного борошна хімічний склад, тому його включення до рецептури хліба позначиться на перебігу технологічного процесу, його приготуванні та якості готових виробів.

Під час пробного лабораторного випікання тісто готували з борошна пшеничного вищого сорту. Насіння льону додавали в кількості 10,0; 15,0 та 20,0 % до маси борошна. Використовували вітчизняний жовтонасіневий сорт льону «Золотистий». Контрольним був зразок без насіння льону. Тісто готували вологістю 43,0 % для контролю. Для дослідних зразків вологість тіста підвищували на 1...2 %, враховуючи водопоглинальну здатність сумішей пшеничного борошна з насінням (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Водопоглинальна здатність сумішей із пшеничного борошна та насіння льону

Зразок	Показник водопоглинальної здатності, г/г
Борошно пшеничне вищого сорту	1,8
Суміш борошна пшеничного вищого сорту та 10 % до маси борошна насіння льону	2,3
Суміш борошна пшеничного вищого сорту та 15 % до маси борошна насіння льону	2,5
Суміш борошна пшеничного вищого сорту та 20 % до маси борошна насіння льону	2,7

Тісто готували безопарним способом, замішування, оброблення тіста та випікання тістових заготовок проводили, як вказано у розділі 2. В дослідних зразках, перед замішуванням тіста, насіння льону ретельно змішували з борошном.

Під час проведення досліджень визначали закономірності зміни технологічних характеристик тістових напівфабрикатів і якості хліба в залежності від дозування насіння льону.

Встановлено (табл. 3.8), що внесення насіння льону не впливає на початкову кислотність тіста, а підвищення кінцевої кислотності дослідних зразків, порівняно з контролем, знаходиться у межах точності методу визначення.

Таблиця 3.8 – Вплив цілого насіння льону на показники якості тіста та хліба

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Контроль	Внесено % насіння льону до маси борошна			
		10,0	15,0	20,0	
1	2	3	4	5	
Тісто					
Тривалість бродіння, хв	170				
Вологість тіста, %	43,0	43,5	43,7	43,9	
Кислотність, град	початкова	1,8	1,8	1,8	1,8
	кінцева	2,2	2,4	2,4	2,5

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5
Тривалість вистоювання, хв	50	50	44	42
Газоутворення у тісті за час бродіння та вистоювання, см ³ /100 г тіста	1080	944	920	880
Розпливання тіста, мм	84	84	85	86
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	3,23	2,96	2,71	2,54
Хліб				
Питомий об'єм, см ³ /г	3,6	3,4	3,12	2,8
Пористість, %	72	70	68	66
Кислотність, град	1,3	1,4	1,4	1,4
Н/Д	0,51	0,44	0,41	0,39
Зовнішній вигляд: - форма	Правильна			
- поверхня скоринки	Гладка	Гладка з включенням насіння льону	Гладка з включенням насіння льону	Нерівна з включенням насіння льону
Колір скоринки	Золотисто-жовтий			
Стан м'якушки: - колір	Світлий	Світлий з включенням насіння льону	Світлий з включенням насіння льону	Світлий з включенням насіння льону
- рівномірність забарвлення	Рівномірне			Не рівномірне, з'являється мармуровість
- еластичність	Еластична			Менше еластична
- стан пористості	Середня	Середня	Середня	Середня
	Рівномірна	Рівномірна з включенням насіння льону	Менш рівномірна з включенням насіння льону	Нерівномірна з включенням насіння льону
	Тонкостінна			
Не липка				
Смак та аромат	Властивий пшеничному у хлібу	Властивий пшеничному у хлібу з легким приємним горіховим присмаком	Властивий пшеничному у хлібу з приємним горіховим присмаком	Властивий пшеничному хлібу з вираженим олійним присмаком

Відзначено, що у разі дозування 15 та 20 % до маси борошна насіння льону тривалість вистоювання тістових заготовок дещо скорочується. Напевно, це

пов'язано зі зниженням газоутримувальної здатності тіста про що свідчить зниження питомого об'єму тіста з насінням льону, порівняно з контролем, на 8,3...22,2 %. Ймовірно причиною цього є те, що в клейковинний каркас тіста вбудовується насіння льону, що порушує його цілісність, а також водорозчинні полісахариди з поверхні насіння льону, контактуючи з водою, утворюють в'язкі розчини, які вбудовуючись в структуру тіста погіршують формування пружно-еластичних властивостей тіста, що призводить до втрати тістом здатності утримувати діоксид вуглецю.

Результати досліджень свідчать, що внесення насіння льону практично не впливає на розпливання дослідних зразків тіста, порівняно з контрольним.

Відзначено, що на 4 годину бродіння у тісті з додаванням насіння льону інтенсивність бродіння знижується про це свідчить менша, ніж у контрольному зразку, на 12,5...18,5 % кількість виділеного діоксиду вуглецю. Ймовірною причиною цього може бути вплив на дріжджову клітину полісахаридів насіння льону, які при контакті з водою під час замішування тіста набухають, переходять у рідку фазу тіста, огортаючи дріжджові клітини та знижуючи їх бродильну активність. Зміна якості напівфабрикатів внаслідок додавання насіння льону впливає на формування питомого об'єму, формостійкості та пористості готових виробів. Встановлено, що питомий об'єм готових виробів з насінням льону знижується на 5,6; 13,3 та 22,1 % у разі дозування насіння відповідно 10 %; 15 % і 20 % до маси борошна. Формостійкість та пористість виробів знижується відповідно зі збільшенням дозування насіння. Включення в структуру м'якушки насіння льону зумовлює підвищення її крихкуватості (рис 3.1).

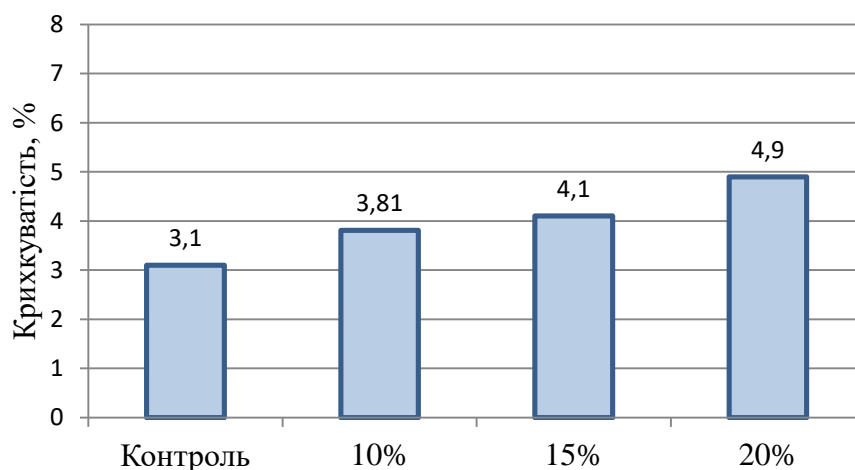


Рис.3.1 – Крихкуватість м'якушки хліба з насінням льону

Внесення насіння льону у рецептуру пшеничного хліба змінює органолептичні властивості готових виробів, зокрема скоринка та м'якушка виробів з внесенням насіння містять помітні включення насіння, кількість яких зростає відповідно до дозування. Вироби мають приємний горіхово-олійний присмак. Однак, у зразку з додаванням 20 % насіння льону м'якушка містить багато включень насіння, що погіршує її еластичність та стан пористості, виріб набуває неприємного олійного присмаку та ускладнюється розжовування м'якушки. Тому для забезпечення балансу смакових властивостей виробу, структури його м'якушки та максимально збагатити виріб складовими насіння льону рекомендовано ціле насіння вносити у кількості до 15 % до маси борошна (рис. 3.2).



а

б

а

б

Рис.3.2 – Фото хліба: а – контрольний зразок; б – зразок з насінням льону за дозування 15 % до маси борошна

Для покращання органолептичних та фізико-хімічних показників хліба за такого дозування насіння льону та зменшення крихкуваті м'якушки необхідно продовжити дослідження в напрямку підбору технологічних заходів.

3.3 Вплив подрібненого насіння льону на якість пшеничного хліба та параметри технологічного процесу

Сучасний споживач, обираючи продукти харчування, не завжди орієнтується на їх корисні властивості, а більше на «модні тенденції», що вирують в інтернет-мережі. Сьогодні споживання насіння льону та продуктів, що їх містять, належить до таких «модних тенденцій». Виробники продукції реагують на попит і, використовуючи насіння льону у харчових продуктах, не лише забезпечують потреби сучасного споживача, але й виготовляють продукцію, що має покращену харчову та фізіологічну цінність. В асортименті хлібобулочних виробів, наявних у вітчизняних торгівельних мережах, льон використовують у вигляді лише цілого насіння. Поряд з цим, споживачам, які страждають на гастрит та виразкові хвороби, дієтологи рекомендують обмежити вживання виробів з цілим насінням. Тому для надання хлібобулочним виробам функціональних властивостей внаслідок їх збагачення льоном, нами було запропоновано використовувати у рецептурі виробів також подрібнене насіння льону. Використання подрібненого насіння льону у виробництві хлібобулочних виробів виправдане тим, що буде використано весь фітопотенціал насіння льону. Відомо, що головним джерелом ПНЖК є зародок та ендосперм насіння льону, білка – ендосперм та зародок, харчових волокон та лігнанів – насіннєва оболонка. Існують різні технології виготовлення лляного борошна, але всі вони передбачають втрату певної складової насіння. Тому використання насіння льону у подрібненому стані дозволить використати повноцінно біологічно активні речовини насінини. За літературними даними відомо, що на відміну від лляної олії, в подрібненому насінні льону жири більш стійкі до окислення під дією кисню повітря, світла та високої температури, зокрема під час випікання [86].

Зважаючи на особливості складу білків, ліпідів, велику кількість харчових волокон як нерозчинних, так і розчинних можна передбачити, що додавання подрібненого насіння льону до борошна суттєво впливатиме на перебіг процесів приготування тіста, його структурно-механічні властивості та органолептичні і фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів.

Для встановлення оптимального дозування подрібненого насіння льону (ПНЛ) для максимального збагачення пшеничного хліба його фізіологічно-функціональними інгредієнтами проводили пробне лабораторне випікання.

Під час дослідження тісто готували з борошна пшеничного вищого сорту. Подрібнене насіння льону білого додавали в кількості 10,0; 15,0, 20,0 та 25 % до маси борошна. Насіння льону використовували жовтонасіневого сорту «Золотистий». Насіння подрібнювали на лабораторному млині ЛЗМ-1, який призначений для подрібнення лабораторних проб зерна сільськогосподарських культур та інших твердих харчових продуктів вологістю не вище 18%. Подрібнене насіння льону просіювали через дротяне сито з розмірами чарунок 0,8 мм. Контрольним був зразок без подрібненого насіння льону. Тісто готували безопарним способом, замішування, оброблення тіста та випікання тістових заготовок проводили, як вказано у розділі 2. В дослідних зразках, перед замішуванням тіста, подрібнене насіння льону ретельно перемішували з борошном. Результати аналізу готових виробів наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Вплив подрібненого насіння льону на показники якості тіста та хліба

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Контроль	Кількість внесеного подрібненого насіння льону, % до маси борошна			
		10	15	20	25
1	2	3	4	5	6
Тісто					
Тривалість бродіння, хв	170				
Вологість тіста, %	43,0	43,0	43,5	43,8	44,0

Продовження табл. 3.9

Кислотність, град					
початкова	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8
кінцева	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0
Тривалість вистоювання, хв	50	48	42	40	38
Газоутворення у тісті за час бродіння та вистоювання, см ³ /100 г тіста	972	920	890	874	830
Розпливання тіста, мм	80	80	82	85	87
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3
Хліб					
Питомий об'єм, см ³ /г	2,8	2,72	2,63	2,4	2,2
Пористість, %	70	69	67	66	64
Кислотність, град	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8
Н/Д	0,48	0,46	0,42	0,39	0,35
Стан поверхні	Гладка, без тріщин та підривів				
Колір скоринки	Золотистий		Золотисто-коричневий		
Стан м'якушки	Колір світлий, забарвлення рівномірне. М'якушка пружна, еластична. Пористість середня, тонкостінна, рівномірна.	Колір світлий з жовтим відтінком з вкрапленнями частинок подрібненого льону, рівномірне забарвлення. Подрібнене насіння льону по м'якушці розподілено рівномірно. М'якушка пружна, еластична. Пористість середня, стінки дещо товщі, ніж в контролі		Колір кремовий. М'якушка має значні вкраплення подрібненого льону, нееластична, крихка. Пористість середня з товщими стінками, ніж в контролі	
Смак і аромат	Властивий пшеничному хлібу	Властивий хлібу, з легким відчуттям льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак		Властивий пшеничному хлібу з інтенсивним олійно-льняним присмаком та запахом	

Встановлено, що у зразках з додаванням ПНЛ кінцева кислотність вища, ніж в контролі на 0,3...1,0 град. Напевне, підвищення кислотності дослідних

зразків тіста зумовлено тим, що разом з ПНЛ в тістову систему вносяться поліненасичені жирні кислоти олії насіння.

Тривалість вистоювання тістових заготовок дослідних зразків скорочується на 8...12 хв за дозування ПНЛ 15, 20, 25 % до маси борошна. Це, напевно, пов'язано зі зміною реологічних властивостей тістових систем, пов'язаних з включенням у структуру тіста частинок ПНЛ, утворенням у рідкій фазі тіста розчинів водорозчинних полісахаридів насіння та участю в утворенні тіста жиру з ПНЛ. Внаслідок цього в тісті погіршуються пружно-еластичні властивості і воно не здатне утримувати вуглекислий газ. Це припущення підтверджене погіршенням на 6,5...26 % питомого об'єму тіста, відповідно зростанню дозування. Поряд з цим, у зразках з 15, 20 та 25 % до маси борошна ПНЛ спостерігається незначне збільшення розпливання тіста, напевно це зумовлено пластифікуючою дією олії, що потрапляє з ПНЛ у тістову систему. У дослідних зразках відзначається зниження інтенсивності бродіння на 5,4...14,6 % зі збільшенням дозування ПНЛ. Такі зміни в тістовій системі зумовили формування виробів з меншим питомим об'ємом на 2,8...25,8 % відповідно до зростання дозування ПНЛ та формостійкістю меншою на 4,2...27 %. Найгірші результати мав хліб з 25 % ПНЛ до маси борошна.

Аналіз органолептичних показників якості готових виробів показав, що м'якушка дослідних зразків за дозування подрібненого насіння льону 10-20 % до маси борошна була подібною до контрольного зразка: розвиненою, тонкостінною з приємним світло-жовтим забарвленням. У разі дозування 25 % до маси борошна подрібненого насіння еластичність м'якушки погіршувалася, а також за цього дозування вироби мали дуже виражений неприємний олійно-льняний присмак та запах.

Якість виробів за органолептичними показниками також оцінювали за сумою балів з врахуванням коефіцієнта вагомості, величину якого встановлювали методом експертної оцінки та розраховували комплексний показник якості. На підставі результатів розрахунку комплексного показника якості (рис. 3.3) можна стверджувати, що подрібнене насіння льону доцільно вносити в кількості до 20%,

адже збільшення дозування зумовлює зниження якості виробу за комплексним показником на 22 бали (контрольний зразок 93 бали, дослідний 71 бал), порівняно з контролем, в той час як за дозування ПНЛ 20 % до маси борошна лише на 5 балів.

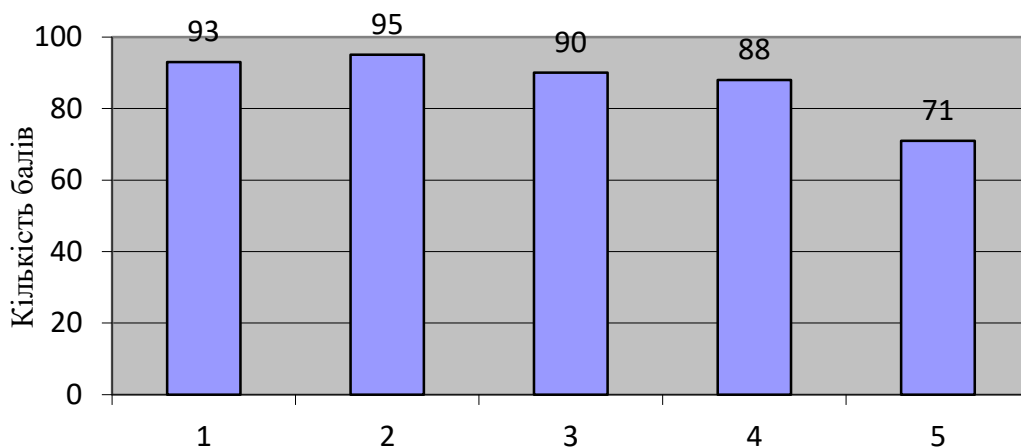


Рис. 3.3 – Комплексний показник якості виробів: 1 – хліб пшеничний з борошна вищого сорту; 2 – хліб з 10 % до маси борошна ПНЛ; 3 – хліб з 15 % до маси борошна ПНЛ; 4 – хліб з 20 % до маси борошна ПНЛ; 5 – хліб з 25 % до маси борошна ПНЛ.

Таким чином, на підставі результатів аналізу виробів та розрахунку комплексного показника якості виробів було встановлено, що найкращу якість мали вироби за дозування 10 % до маси борошна. Однак, нашою метою є встановлення дозування ПНЛ для максимального збагачення хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами та забезпечення при цьому хороших споживчих характеристик. Таким дозуванням ПНЛ може бути 20 % до маси борошна за умови застосування додаткових технологічних заходів для покращання якості виробів.

3.4 Вплив крупності подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба та параметри технологічного процесу

Для борошна важливим показником якості, що впливає на формування якості готових виробів є крупність. Тому подальші дослідження стосувалися встановлення впливу крупності подрібненого насіння льону на якість пшеничного

хліба. У роботі використовували подрібнене насіння льону, що пройшло через дротяне сито з розміром чарунок 1,0 мм, 0,8 мм та 0,67 мм. Для легшого сприйняття назвемо умовно ці зразки подрібненого насіння льону за крупністю – крупне, середнє та дрібне. Потрібно зазначити, що отримати подрібнене насіння льону з меншими розмірами частинок, ніж 0,67 мм, було складно, адже при більшому ступені подрібнення підвищувалося виділення олії і ПНЛ не можливо було просіяти, воно збиралося у грудочки і залишалося на поверхні сита. Крім цього при подрібненні насіння льону до крупності 670 мкм на ситі залишалася частина оболонок насіння, які не можливо було подрібнити до меншої крупності, адже оболонки лляного насіння дуже еластичні, що ускладнює процес їх подрібнення до дрібнішого розміру. Тому до цього зразка ПНЛ потрапляли не всі анатомічні частини насінини, зокрема оболонки багаті лігнаном та харчовими волокнами. В літературі є відомості, що для подрібнення оболонок лляного насіння застосовують молотковий подрібнювач з 5 молотками і це дозволяє отримати частинки, що проходять через сито з розмірами чарунок 0,4 мм, але не менше. Тому при отриманні лляного борошна з дрібною фракцією як правила відділяються оболонки.

Для встановлення впливу крупності подрібненого насіння льону на якість хліба проводили пробне лабораторне випікання за його дозування 20% до маси борошна.

Встановлено (табл. 3.10), що використання подрібненого насіння льону різної крупності не впливає на тривалість вистоювання тістових заготовок. Зі збільшенням подрібнення насіння льону у дослідних зразках не значно зменшується виділення вуглекислого газу та питомий об'єм тіста. Також зі зростанням ступеню подрібнення насіння дещо знижується питомий об'єм виробів. Так, порівняно зі зразком з ПНЛ крупним, питомий об'єм виробу з ПНД середньої крупності зменшується на 2,7 %, а з ПНЛ дрібним зменшується на 5,7%. За органолептичними показниками вироби були подібними, однак суттєвий вплив крупність ПНЛ мала на стан м'якушки виробів. Встановлено, що у разі використання ПНЛ дрібною крупністю, у виробках формувалася не еластична

м'якушка з низькою пружністю. Напевно, це пов'язано з тим, що при подрібненні насіння льону до розмірів частинок, що проходять через сито з чарунками 670 мкм у більшій мірі пошкоджувалися клітини ендосперму та зародку насіння, що призводило до більшого вивільнення олії, яка потрапляючи у тістову систему огортає білки, погіршуючи їх зчеплення між собою та формування клейковинного каркасу.

Таким чином, для збагачення пшеничного хліба насінням льону у подрібненому стані, доцільно використовувати ПНЛ, що пройшло через сито з розміром чарунок 1мм. Оцінка гранулометричного складу такого ПНЛ показала (табл. 3.11), що в його складі переважають частинки розмірами 670...1000 мкм, що значно перевищує крупність пшеничного борошна вищого сорту (40...190 мкм) в суміші з яким ПНЛ використовується для виготовлення хлібобулочних виробів. Це впливатиме при його використанні на формування властивостей тіста.

Таблиця 3.10 – Вплив подрібненого насіння льону на показники якості тіста та хліба

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Внесено подрібненого насіння льону, 20 % до маси борошна		
	Крупного (1000 мкм)	Середнього (800 мкм)	Дрібного (670 мкм)
1	2	3	4
Тісто			
Масова частка вологи, %	42,5	42,8	42,9
Тривалість бродіння, хв	120		
Тривалість вистоювання, хв	52	52	48
Газоутворення у тісті за час бродіння та вистоювання, см ³ /100 г тіста	970	960	940
Розпливання тіста, мм	90	91	92
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,49	2,45	2,41
Хліб			
Питомий об'єм, см ³ /г	2,26	2,20	2,13
Кислотність, град	2,5	2,5	2,6
Формостійкість Н/D	0,43	0,42	0,41
Пористість, %	66,0	66,0	64,0

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4
Стан поверхні	Гладка без тріщин і підривів		
Колір скоринки	Золотистий		
Колір м'якушки	Світлий з жовтим відтінком		
Стан м'якушки	Пружна, еластична	Менш еластична	Не еластична

Таблиця 3.11 – Крупність частинок ПНЛ

Номер сит	Розмір частинок, мкм	Частка частинок певного розміру ПНЛ, %
Залишок на ситі: № 0,8	1000...800	50
№ 067	800...670	40
№ 045	670...450	7
Прохід крізь сито № 045	< 450	3

Дослідження водопоглинальної здатності ПНЛ, що пройшло через сито з чарунками 1 мм, показало що ПНЛ має майже в 2,8 рази вищу водопоглинальну здатність, ніж борошна пшеничного вищого сорту: водопоглинальна здатність ПНЛ становить 5,1 г/г, для борошна пшеничного вищого сорту – 1,8 г/г. Це впливає на водопоглинальну здатність тіста, тому рекомендовано при замішуванні тіста з додаванням ПНЛ підвищувати вологість тіста на 1 %.

3.5 Порівняльний вплив різних сортів льону на якість пшеничного хліба

Для збагачення хлібобулочних виробів насінням льону у роботі підібрано до використання жовтонасіневі високоліноленові сорти льону олійного «Золотистий» та «Світлозір», які близькі за своїм хімічним складом. Насіння сорту «Світлозір», отримане від оригінатора Інституту олійних культур сертифіковане, відповідає своїм сортовим ознакам. Насіння льону «Золотистого», отримане від фермерського господарства, не має документального підтвердження відповідності сорту, тому під сортом «Золотистий» може реалізуватися будь який

жовтонасіневий сорт. Виникла необхідність порівняти вплив на якість хлібобулочних виробів різних жовтонасіневих сортів льону. Поряд з цим, широке використання у промисловості коричневонасіневих сортів льону спонукало нас також провести дослідження порівняльного впливу на якість хліба використання коричневонасіневого та жовтонасіневого сортів льону. Для досліджень підібрали високоліноленовий коричневонасіневий сорт «Айсберг». Олійність, використаного в роботі, насіння сорту «Айсберг» становила 48,2 %, тобто близька до олійності сортів «Золотистого» та «Світлозір». За жирнокислотним складом (табл. 3.12) олія сорту «Айсберг» містить 59,3 % α -ліноленової кислоти, що підтверджує що це високоліноленовий сорт.

Пробні лабораторні випікання проводили за рекомендованих у попередніх підрозділах дозувань: для цілого насіння – 15 % до маси борошна, для подрібненого насіння – 20 % до маси борошна. Тісто замішували з вологістю 43 %.

Таблиця 3.12 – Жирнокислотний склад насіння льону сорту «Айсберг»

($n=3$, $p \geq 0,95$, $\sigma=3...5$ %)

Назва жирних кислот	Вміст жирної кислоти, %
Пальмітинова	5,78
Стеаринова	3,91
Олеїнова (<i>Омега-9</i>)	16,08
Лінолева (<i>Омега-6</i>)	14,94
Альфа-ліноленова (<i>Омега-3</i>)	59,3

Тісто готували безопарним способом, замішування, оброблення тіста та випікання тістових заготовок проводили, як вказано у розділі 2. В дослідних зразках, перед замішуванням тіста, подрібнене насіння льону ретельно перемішували з борошном. Результати аналізу готових виробів наведено в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Вплив різних сортів насіння льону на показники якості тіста та хліба

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Кількість внесеного подрібненого насіння льону, 20 % до маси борошна			Кількість внесеного цілого насіння льону, 15 % до маси борошна		
	Айсберг	Золотистий	Світлозір	Айсберг	Золотистий	Світлозір
1	2	3	4	5	6	7
Тісто						
Тривалість бродіння, хв	170					
Вологість тіста, %	43,2	43,7	43,5	43,8	43,4	43,6
Кислотність, град						
початкова	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
кінцева	2,5	2,6	2,5	2,2	2,1	2,1
Тривалість вистоювання, хв	44	42	46	52	52	50
Розпливання тіста, мм	84	82	82	77	78	76
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,41	2,40	2,43	2,63	2,60	2,64
Хліб						
Питомий об'єм, см ³ /г	2,62	2,60	2,64	2,85	2,83	2,87
Кислотність, град	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4
Н/Д	0,41	0,40	0,40	0,50	0,5	0,52
Зовнішній вигляд:	Правильна					
- форма						
- поверхня скоринки	Гладка з включенням дрібних частинок насіння льону			Гладка з включенням насіння льону		
Колір скоринки	Темно-коричневий	Золотистий		Золотисто-жовтий		
Стан м'якушки:						
- колір	Сіро-коричневий	Світлий з жовтим відтінком з вкрапленнями частинок подрібненого льону		Світлий з включенням цілого коричневого насіння льону	Світлий з включенням цілого жовтого насіння льону	
- рівномірність забарвлення	Рівномірне			Рівномірне		
- еластичність	Еластична			Еластична		

Продовження табл.3.13

1	2	3	4	5	6	7
- стан пористості	Рівномірна, середня			Рівномірна з включенням коричневого насіння льону. Тонкостінна.	Рівномірна, середня, з включенням жовтого насіння льону. Тонкостінна.	
Смак та аромат	Властивий хлібу, з легким відчуттям льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак. В зразку з коричневим ПНЛ більш інтенсивний ляний присмак			Властивий пшеничному хлібу з приємним горіховим присмаком		

Результати пробного лабораторного випікання свідчать, що показники технологічного процесу та якості готових виробів за питомим об'ємом, формостійкістю подібні для зразків з ПНЛ різних сортів і знаходяться в межах похибки досліду. Суттєві відмінності спостерігаються в забарвленні скоринки та м'якушки (рис. 3.4), які набувають коричневих відтінків для зразків з ПНЛ сорту «Айсберг», а також у цьому зразку відчувається більш виражений ляний присмак, ніж в зразках з подрібненим жовтонасіневим льоном.

У виробках з цілим насінням льону різних сортів також різниця в показниках якості виробів була в межах похибки визначення. Таким чином, можна стверджувати, що з технологічної точки зору виробництва хлібобулочних виробів сорт високоліноленового жовтонасіневого льону цілого чи подрібненого не впливає на якість хліба.



**Хліб з ПНЛ сорту
«Айсберг»**

**Хліб з ПНЛ сорту
«Золотистий»**

**Хліб з ПНЛ сорту
«Світлозір»**

Рис.3.4 – Фото хліба з ПНЛ сортів «Айсберг», «Золотистий», «Світлозір»

В подальших наших дослідженнях буде використано жовтонасіневий сорт льону олійного «Світлозір», як такий, що реалізується оригіном сорту та на даний момент має значний попит у товаровиробників насіння льону. У разі використання коричневонасіневого високоліноленового сорту в подрібненому вигляді основна відмінність пов'язана з формуванням забарвлення м'якушки та скоринки виробу.

3.6 Вплив насіння льону на якість листкових булочних виробів та параметри технологічного процесу

Вироби з листкового тіста користуються підвищеним попитом у споживачів та є зростаючим сегментом ринку хлібобулочних виробів. У зв'язку з цим, виробники хлібобулочних виробів прагнуть розширити асортимент листкових виробів для збільшення обсягу їх виробництва. Листкові вироби виготовляють з борошна вищого сорту та великої кількості жиру, зокрема спеціалізованих маргаринів, які є джерелом шкідливих транс-жирів. Такі вироби мають високу енергетичну цінність при недостатній харчовій цінності. У зв'язку з цим відповідно до літературних даних науковці та виробничники активно збагачують листкові вироби нетрадиційними видами сировини [281-284].

Однак це переважно додавання до пшеничного борошна житнього, гречаного, вівсяного та ін. Не має досліджень щодо застосування у технології листових виробів насіння льону. Насіння льону є джерелом ряду цінних компонентів і може використовувати для спрямованого моделювання харчової цінності хлібобулочних виробів.

Це спонукало нас дослідити можливість застосування подрібненого насіння льону для збагачення листових хлібобулочних виробів його фізіологічно-функціональними інгредієнтами. З цією метою проводили пробне лабораторне випікання.

Для проведення випікання готували наступні зразки:

Зразок №1. Контрольний зразок без внесення подрібненого насіння льону.

Зразок №2. Дозування подрібненого насіння льону у кількості 10% до маси борошна.

Зразок №3. Дозування подрібненого насіння льону у кількості 15% до маси борошна.

Зразок №4. Дозування подрібненого насіння льону у кількості 20% до маси борошна.

У роботі використовували жовтонасіневий льон «Світлозір», насіння якого перед замішуванням тіста подрібнювали на лабораторному млині та просіювали через дротяне сито з розмірами чарунок 1 мм.

Замішування тіста проводили у двошвидкісній машині Escher, змішування рецептурних компонентів проводили на першій швидкості протягом 6 хв, замішування тіста на другій швидкості протягом 9 хв.

Температура води для замішування тіста 4°C. Температура тіста після 60 хв бродіння повинна становити 24...25°C. Температура маргарину на шарування 20-22°C. Шматок тіста розкатували до товщини 7 мм. На середину пласта тіста поміщали відповідну кількість маргарину, яку попередньо розкатували до товщини 7 мм. Маргарин з усіх сторін закривають тістом і розкатують на тісторозкатувальній машині до товщини 7 мм, складають втрое і знову прокатують швом до себе, складають і відправляють на охолодження на 15 хв.

Після охолодження тістову заготовку знову розкатують, складають і розкатують до товщини 4 мм. Формували тістові заготовки і поміщали на вистоювання. Вистоювання проводять при 34...36°C, відносній вологості 75...80%, протягом 60...90 хв.

Випікали тістові заготовки за температури 200...175°C протягом 18 хв з подачею пару на початку випікання.

Після охолодження виробів було проведено їх органолептичне оцінювання. Результати визначення наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Показники якості листових виробів з подрібненим насінням льону

Показники	Контроль	Кількість внесеного подрібненого насіння льону, % до маси борошна		
		10	15	20
Форма	Правильна, відповідає формі виробу	Правильна, відповідає формі виробу	Правильна, відповідає формі виробу	Правильна, відповідає формі виробу
Колір поверхні	Світло-коричневий, однорідне забарвлення	Коричневий, з видимими краплями льону	Коричневий, з видимими краплями льону	Коричневий, з видимими темними краплями льону
Смак	Приємний, властивий виробу	Приємний зі слабо вираженим присмаком льону	Приємний, виражений присмак льону	Смак льону дуже різко виражений
Запах	Властивий, без стороннього запаху	Властивий виробу, із приємним запахом льону	Властивий виробу, із вираженим запахом льону	Чітко виражений запах льону
Питомий об'єм, см ³ /г	3,48	3,18	2,9	2,45

За результатами лабораторного випікання було встановлено, що зі збільшенням дозування подрібненого насіння льону смакові властивості та запах виробів набувають присмаку та запаху льону. Особливо це було відчутно за дозування 20 % до маси борошна. М'якушка набувала дещо темнішого забарвлення. Питомий об'єм виробів також зменшувався відповідно збільшенню дозування на 8...29 %.

Під час встановлення оптимального дозування подрібненого насіння льону у рецептурі листових виробів важливо досягти балансу забезпечення показників якості виробів та підвищення їх харчової цінності. Тому поряд з органолептичним оцінюванням якості виробів було застосовано графо-математичний метод оптимізації.

Для цього було розраховано комплексний показник якості готових виробів за органолептичними показниками, використовуючи 100 бальну шкалу. Оцінку кожного показника проводили за п'ятибальною шкалою з урахуванням коефіцієнта вагомості цього показника. Якість виробу оцінювали за сумою балів. Величину коефіцієнта вагомості встановлювали методом експертної оцінки. Сума цих коефіцієнтів є постійною величиною і дорівнює одиниці. Органолептичну оцінку проводили за участю дегустаторів кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ. Результати оброблені методом математичної статистики. Паралельно було розраховано інтегральний скор (за вмістом білкових речовин) всіх зразків.

За отриманими даними будували графік. (рис. 3.5).

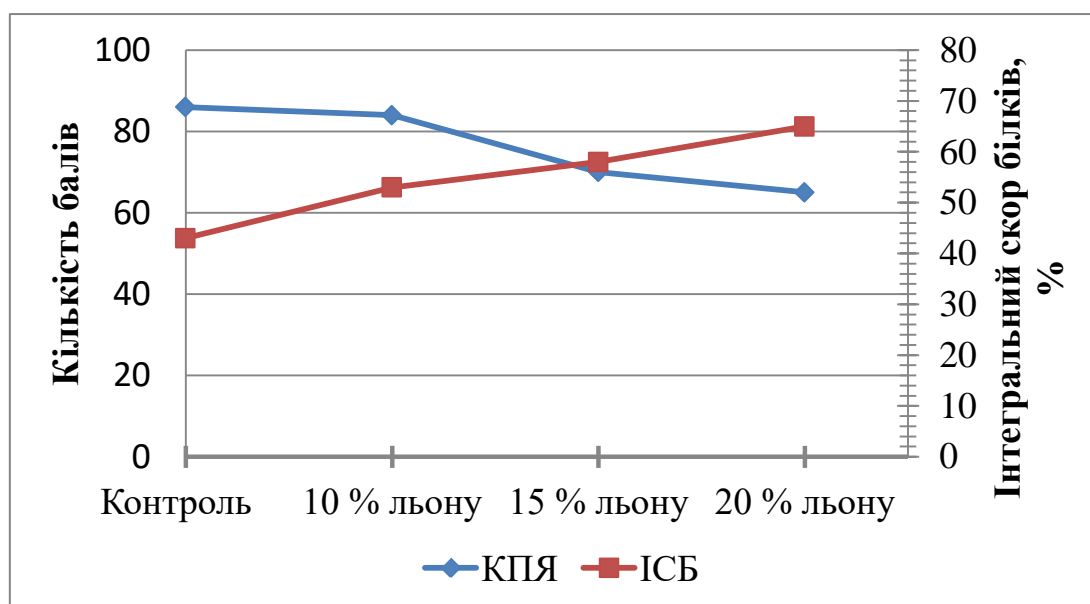


Рис. 3.5 - Графік з даними комплексного показника якості та інтегрального скору виробів

Виходячи з аналізу даних графіку можна стверджувати, що доцільно в рецептуру листових виробів вносити до 15 % подрібненого насіння льону.

Збільшення дозування призведе до погіршення якості виробів, хоча інтегральний скор буде зростати.

Рецептурою листових виробів передбачено значний вміст маргарину на шарування. Оскільки насіння льону є джерелом корисних жирів, багатих ненасиченими жирними кислотами, нами було запропоновано провести дослідження щодо зниження вмісту жиру на шарування за рахунок того, що внаслідок внесення насіння льону в тістову систему потраплятиме певна кількість жиру.

Для проведення дослідження було приготовано 4 дослідних зразки з дозуванням подрібненого насіння льону у кількості 15% до маси борошна та різною кількістю маргарину на шарування.

Дослідні зразки:

Зразок №1. Контрольний зразок, кількість маргарину 35% до маси тіста.

Зразок №2. Кількість маргарину 25% до маси тіста.

Зразок №3. Кількість маргарину 20% до маси тіста.

Зразок №4. Кількість маргарину 15% до маси тіста.

Результати аналізу виробів та їх фото наведено в табл. 3.15 та рис.3.5.

За результатами органолептичного оцінювання було встановлено, що зменшення кількості жиру на шарування дозволяє отримати вироби належної якості, які мають приємні смакові властивості, необхідну шарувату структуру виробів. Зменшення на 10 % маргарину на шарування дозволяло отримати вироби подібні до контролю. Однак, зменшення кількості маргарину на 20 % до маси тіста зумовлювало зниження питомого об'єму виробів на 12 %. У зразку зі зниженням кількості жиру на шарування на 15 % відзначається зменшення об'єму виробів на 5,7 %. Тому для максимально можливого зниження кількості маргарину (як джерела транс-ізомерів) на шарування у рецептурі булочки листової, збагаченої льоном, може бути рекомендовано використання 20 % маргарину на шарування проти 35 % у контролі.

Таблиця 3.15 - Показники якості листкових виробів з подрібненим насінням льону та різною кількістю жиру на шарування

Показники	Кількість внесеного маргарину на шарування, % до маси тіста			
	Контроль 35%	25 %	20 %	15 %
Форма	Правильна, прямокутна, відповідає формі виробу	Правильна, прямокутна, відповідає формі виробу	Правильна, прямокутна, відповідає формі виробу	Правильна, прямокутна, відповідає формі виробу
Колір поверхні	Коричневий, з видимими краплями льону	Коричневий, з видимими краплями льону	Коричневий, з видимими краплями льону	Коричневий, з видимими краплями льону
Смак	Приємний, чітко виражений смак льону, дуже різкий смак жиру	Приємний, чітко виражений смак льону, жирність менш виражена	Приємний, чітко виражений смак льону, смак жиру ледь відчувається	Приємний, чітко виражений смак льону, смак жиру слабо відчутний
Запах	Властивий виробу, із приємним запахом льону	Властивий виробу, із приємним запахом льону	Властивий виробу, із приємним запахом льону	Властивий виробу, із приємним запахом льону
Питомий об'єм, см ³ /г	2,80	2,75	2,64	2,46



Рис. 3.6 - Листкові вироби з 15 % до маси борошна подрібненого насіння льону та різною кількістю маргарину на шарування (зліва направо): 35, 25, 20, 15 % до маси тіста.

Оскільки під час розроблення листкового виробу збагаченого насінням льону спостерігалось деяке зменшення його об'єму нами було запропоновано для

покращання його якості дослідити можливість використання поліпшувача Мажемікс з зеленою етикеткою, призначеного для листових виробів. Підставою для вибору поліпшувача були зміни якості клейковини (коротко рвана, рихла) при доданні подрібненого насіння льону, виявлені у розділі 5. Magimix™ із зеленою етикеткою рекомендовано при переробці борошна з короткорваною клейковиною.

Поліпшувач «Мажимікс» із зеленою етикеткою містить у своєму складі відновник L-цистеїн. Він дозволяє послабити клейковинний каркас, що позитивно впливає на розтяжність. Дозування поліпшувача становило відповідно рекомендаціям 0,5 % до маси борошна.

Контролем був виріб з дозуванням подрібненого насіння льону 15 % до маси борошна та 20 % маси маргарину на шарування. В дослідний зразок вносили поліпшувач.

Результати аналізу готових виробів наведено в рис 3.7 та 3.8.

Вироби з поліпшувачем характеризувалися більшим об'ємом на 3,7 %, порівняно з контрольним зразком, та кращою шаруватістю. Це, напевне, досягається складовими поліпшувача, що містять суху пшеничну клейковину, аскорбінову кислоту, ферментні препарати та поверхнево-активні речовини.

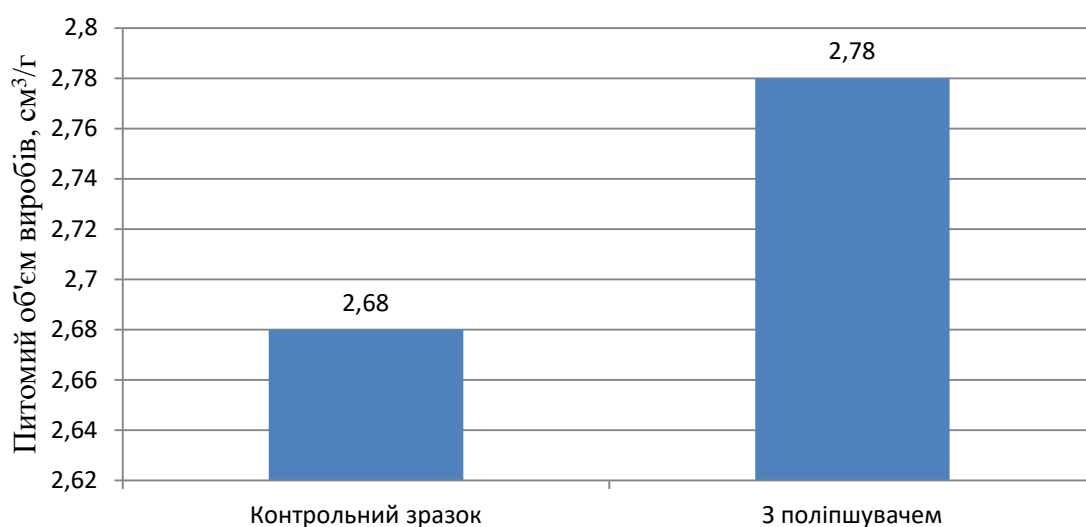


Рис. 3.7 – Питомий об'єм булочки листової з льоном



Рис. 3.8 - Фото булочки листкової з льоном (зліва направо): *контроль, з полішувачем*

Таким чином, було встановлено, що подрібнене насіння льону технологічно можливо застосовували у рецептурі листкових хлібобулочних виробів для збагачення виробу поліненасиченими жирними кислотами родини ω -3 та водорозчинними полісахаридами, які, відповідно клінічним дослідженням, ефективні для запобігання негативного впливу трансжирів харчових продуктів.

Результати досліджень, розглянутих в розділі, опубліковані в [290-295.]

3.7 Висновки

1. Проведені дослідження обраних для роботи високоліноленових жовтонасіневих сортів льону «Золотистий» та «Світлозір» показали, що їх насіння містить майже у два рази більше білка, який здатний за своїм амінокислотним складом доповнити пшеничне борошно лімітуючою амінокислотою лізин. В насінні льону сортів Золотистий та Світлозір вміст жиру становить 45,6 % і 48,1 % відповідно, що у 41,5 та 43,7 разів більше, ніж в пшеничному борошні. У порівнянні з пшеничним борошном вміст α -ліноленової кислоти в насінні льону майже у 10 разів більший, ніж у борошні пшеничному. Насіння льону може бути джерелом харчових волокон та вітаміну Е для збагачення хлібобулочних виробів.

2. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для забезпечення балансу смакових властивостей хліба з пшеничного борошна, структури його м'якушки та максимально збагатити виріб складовими насіння льону

рекомендовано ціле насіння вносити у кількості до 15 % до маси борошна, подрібнене насіння льону – у кількості 20 % до маси борошна.

3. Встановлено, що у разі використання насіння льону у подрібненому вигляді доцільно використовувати доцільно використовувати ПНЛ з розмірами частинок 1000 мкм. Зменшення крупності ПНЛ негативно позначається на еластичності та пружності м'якушки виробів.

4. У результаті порівняльного впливу насіння льону різних сортів на якість хлібобулочних виробів виявлено, що з технологічної точки зору виробництва хлібобулочних виробів сорт високоліноленового жовтонасіневого льону цілого чи подрібненого не впливає на якість хліба. Використання коричневонасіневих високоліноленових сортів, порівняно з жовтонасіневими, має суттєвий вплив лише на формування забарвлення скоринки та м'якушки виробів.

5. Встановлено, що подрібнене насіння льону технологічно можливо застосовували у рецептурі листкових хлібобулочних виробів для збагачення виробу поліненасиченими жирними кислотами родини ω -3 та водорозчинними полісахаридами, які, відповідно клінічним дослідженням, ефективні для запобігання негативного впливу трансжирів харчових продуктів. При цьому дозування подрібненого насіння льону у кількості 15 % до маси борошна дозволяє не лише підвищити харчову цінність виробів, а й знизити рецептурну кількість маргарину на шарування.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ, ЩО ПОКРАЩУЮТЬ ЯКІСТЬ ХЛІБА З НАСІННЯМ ЛЬОНУ

4.1 Дослідження впливу гідратації насіння льону на якість пшеничного хліба.

В розділах 3.2 та 3.3 роботи було встановлено, що для збагачення пшеничного хліба жовтонасіневим льоном олійним його технологічно можливе дозування становить 15 % до маси борошна для цілого насіння та 20 % до маси борошна – для подрібненого. При цьому було відзначено, що для покращання якості готових виробів з насінням льону доцільно застосовувати технологічні заходи. На підприємствах хлібопекарської галузі у разі використання насіння льону у виробництві хлібобулочних виробів іноді застосовують його замочування протягом 20...30 хв у холодній воді. Однак, науково обґрунтованих даних щодо ефективності застосування у хлібопеченні цієї операції для насіння льону та її параметрів обмаль. Метою замочування насіння льону є перехід водорозчинних полісахаридів (слизів), які розміщуються на поверхні оболонки насінини у зневодненому стані, надаючи йому блискучого вигляду. Однак, варто відбутися контакту насіння льону з водою протягом кількох секунд найменші молекулярні фракції полісахаридів на поверхні оболонки гідратуються з утворенням більш в'язких, порівняно з водою, розчинів. Далі у гідратований стан починають переходити високомолекулярні полісахариди. Останніми гідратуються найбільш високомолекулярні полісахариди, що локалізуються у внутрішніх шарах оболонки насіння та в ендоспермі. Утворені розчини полісахаридів насіння характеризуються відносно низькою в'язкістю, мають високі емульгуючі та піноутворюючі властивості [272].

Полісахариди слизу насіння льону представляють практичний інтерес, оскільки можуть виступати як водоутримуючий агент, структуроутворювач у виробництві харчових виробів.

Згідно з сучасними уявленнями, слизі насіння льону є сумішшю високомолекулярних полісахаридів, що включають дві фракції: нейтральну (75%) та кислу (25%).

Реологічні властивості полісахаридів насіння льону, на думку авторів роботи [273], є результатом синергетичної взаємодії нейтральної та кислої фракцій.

Згідно з даними роботи [274], слизі, екстраговані з жовтого насіння льону, мають більш виражені реологічні властивості, ніж слизі з коричневого насіння, що обумовлено присутністю в них помітно більш низького вмісту кислотної фракції і більш високою кількістю нейтральних полісахаридів.

Полісахариди насіння льону відносяться до харчових волокон, які є фізіологічно необхідним компонентом їжі, що дозволяє їх розглядати не лише як технологічну добавку, а й біологічно цінний інгредієнт [275].

Зважаючи на технологічні властивості полісахаридів насіння льону як структуроутворювача та їх фізіологічну важливість, вченими проводяться дослідження щодо параметрів екстрагування слизів з насіння льону. Однак, ці дослідження стосуються вилучення слизеутворюючих полісахаридів з насіння льону як сировинного інгредієнту. В умовах хлібопечення, параметри, за яких відбуватиметься гідратація насіння льону для екстрагування водорозчинних полісахаридів, відрізнятимуться, адже умови проведення замочування обмежені кількістю води, що витрачається на замішування тіста. Це спонукало нас до проведення досліджень щодо встановлення оптимального гідромодулю насіння льону та води для проведення замочування, тривалості цього процесу та температури води, які були б ефективні саме для умов хлібопечення.

Під час замочування насіння льону у рідку фазу переходять водорозчинні харчові волокна, які мають структуроутворюючі властивості та впливатимуть на формування якості хліба з додаванням замоченого насіння льону.

Відомо, що кількість слизів, яка утворюється під час контакту насіння льону з водою залежить від параметрів замочування. За даними науковців відомо, що

ефективно процес екстрагування відбувається за співвідношення насіння та води 1:20 [276].

Однак, в наших дослідках кількість води, що витрачається для замочування насіння залежить від загальної кількості води для замішування тіста. Тому для встановлення оптимального гідромодуля для замочування насіння льону були запропоновані наступні співвідношення насіння та води: 1:1, 1:2, 1:3 та 1:4. Замочування цілого насіння льону відбувалося протягом 60 хв., температура води для замочування становила 20°C. Замочування проводили без додаткового перемішування маси. Дозування насіння льону у всіх зразках становило 15 % до маси борошна. Використовували насіння жовтонасіневого сорту льону олійного «Світлозір». Результати аналізу готових виробів, які випікали з тіста, замішаного з додаванням насіння льону, замоченого за різного гідромодулю наведено в табл. 4.1 та рис 4.1.

Встановлено, що застосування попереднього замочування насіння льону за всіх значень гідромодулю насіння та води дозволяє отримати вироби з більшим питомим об'ємом на 2,5; 5,0; 11,3 та 21,6 % відповідно до збільшення гідромодулю.

Зі збільшенням кількості води для замочування відбувається більш глибоке набухання насіння і перехід у рідку фазу тіста більшої кількості розчинних харчових волокон, які мають здатність до структуроутворення, вбудовуючись в структуру тіста.

У разі використання попереднього замочування насіння під час замішування тіста воно є меншим конкурентом клейковинним білкам за воду. Утворені під час замочування насіння розчини полісахаридів відразу приймають участь в утворенні структури тіста. Напевно, під час замішування тіста водорозчинні полісахариди льону утворюють додаткові міжмолекулярні водневі зв'язки з білками клейковини. Це проявляється в покращанні еластичності тіста та його газотримувальній здатності.

Таблиця 4.1- Показники якості готових виробів

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Контроль з сухим насінням льону	Гідромодуль			
		1:1	1:2	1:3	1:4
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,40	2,46	2,52	2,67	2,92
Н/Д подового хліба	0,42	0,52	0,56	0,49	0,45
Стан поверхні	Правильна, гладка із включенням насіння льону, без тріщин і підривів				
Колір скоринки	Світло-жовтий	Більш виражений, яскравий світло-жовтий в порівнянні з контролем		Світло-жовтий, наближений до золотистого	
Стан м'якушки	Колір світлий з жовтим відтінком, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці не рівномірно, пористість середня тонкостінна	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці рівномірно, спостерігається міцний зв'язок насінин з м'якушкою, пористість середня, тонкостінна		Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці рівномірно, дуже тонкостінна, не достатній зв'язок насінин з м'якушкою	
Смак і аромат	Властивий хлібу, під час розжовування відчувається насіння льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак				

Внесення насіння льону у замоченому стані сприяє розвитку об'єму виробів, розпушенню м'якушки та формуванню тонкостінної пористості. При цьому спостерігається більш рівномірний розподіл насіння в структурі м'якушки. Кожна насінина наче огортається тонкою плівочкою клейковини, що візуально дає ефект утворення більш світлої м'якушки, порівняно з контролем, а також міцному її утриманні в структурі м'якушки. Зі зростанням гідромодулю при замочуванні насіння льону відзначається утворення більш тонкостінної пористості м'якушки. У разі застосування гідромодулю насіння та води 1:4 отримують вироби найбільшого об'єму. Однак, м'якушка цього виробу, не

зважаючи на хорошу розпушеність, характеризується дуже тонкостінною пористістю, що погіршує утримання нею насінин і призводить до її крихтливості. Тому для отримання хорошої якості формового хліба доцільно застосовувати попереднє замочування насіння у співвідношенні насіння та води 1:1 – 1:3.

Замочування насіння льону за гідромодулю насіння та води 1:1 та 1:2 сприяє покращанню формостійкості виробів, порівняно з контролем, на 23,8 % та 33,3 %, відповідно. Однак, у разі підвищення гідромодулю отримують формостійкість виробів вищу, ніж в контролі, але вона значно менша, ніж у зразку з гідромодулем 1:2 (0,49 для гідромодулю 1:3 проти 0,56 для гідромодулю 1:2).

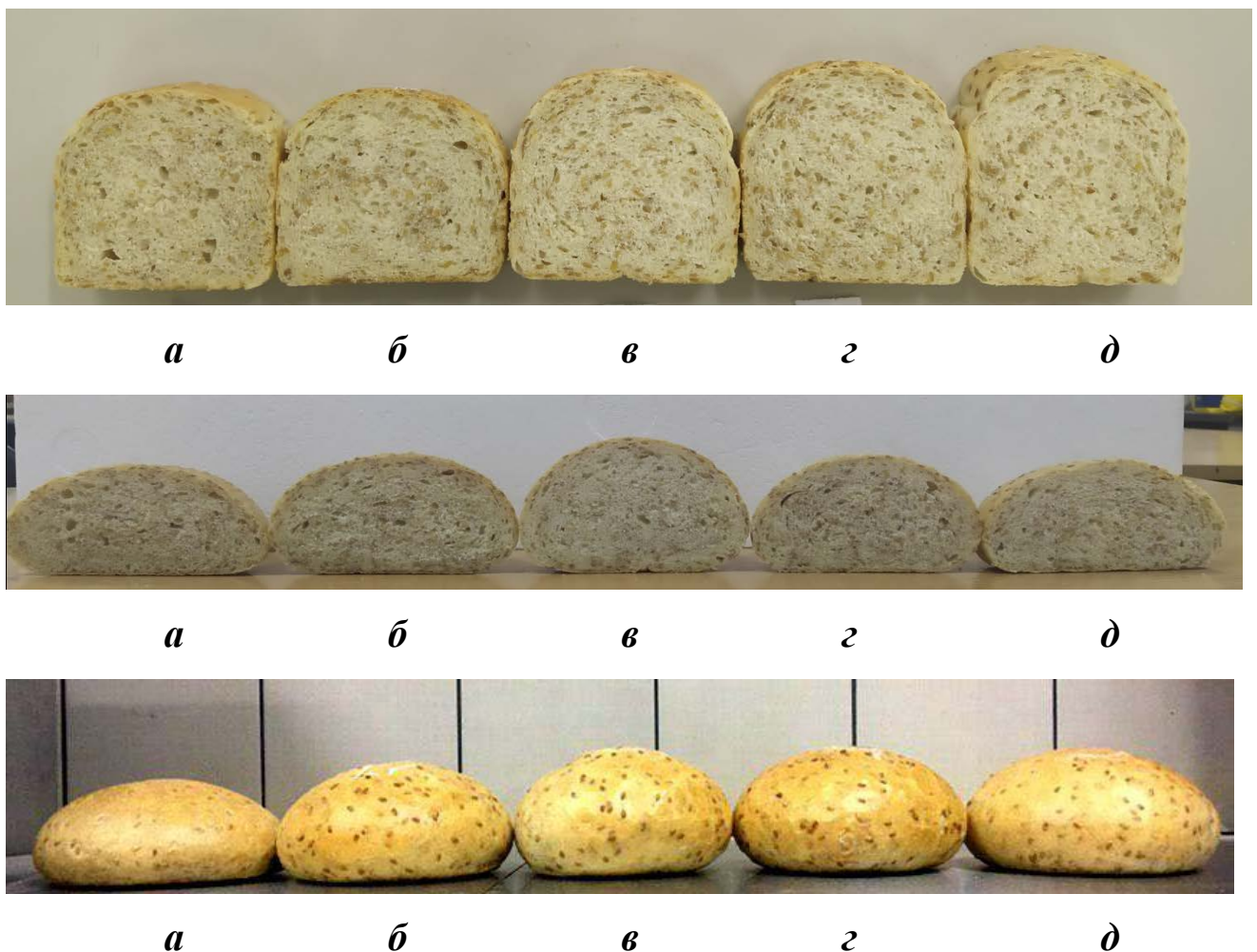


Рис. 4.1 – Хліб з насінням льону, замоченим за різного гідромодулю:
a – контроль з сухим насінням льону; *б* – гідромодуль 1:1; *в* – гідромодуль 1:2; *г* – гідромодуль 1:3; *д* – гідромодуль – 1:4.

Напевно, зменшення формостійкості виробів за гідромодулю 1:3 пов'язано з більшим порушенням клейковинного каркасу внаслідок включення в тістову

систему прошарків в'язких розчинів полісахаридів. Однак, збільшення об'єму формових виробів за цього гідромодулю може бути пов'язано з тим, що тістова заготовка додатково утримується формою.

Таким чином, для отримання виробів високої якості доцільно застосовувати замочування насіння льону у співвідношенні з водою 1:2 та 1:3 для формового хліба та 1:2 для подового виробу.

Наступним етапом було встановлення тривалості замочування насіння льону. За літературними джерелами відомо, що на кількість екстрагованого слизу з насіння льону і його якість суттєво впливає тривалість замочування.

У проведених дослідженнях замочування насіння льону проводили протягом 60, 90, 120, 150, 180 та 210 хв, оскільки у більшості літературних джерел існують дані, що подовження тривалості замочування сприяє більшому екстрагуванню водорозчинних полісахаридів льону. Ці дані різняться умовами проведення екстрагування: застосування перемішування, ультразвукового оброблення та ін.. Нам потрібно встановити оптимальну тривалість замочування насіння льону для покращання якості хліба з насінням. Дозування насіння льону у всіх зразках становило 15 % до маси борошна, співвідношення насіння та води 1:3. Замочування проводили без додаткового перемішування маси. Результати аналізу готових виробів наведено в табл. 4.2.

Встановлено, що зі зростанням тривалості замочування в усіх зразках хліба покращується, порівняно з контролем, питомий об'єм. Аналіз впливу тривалості замочування на якість виробів між дослідними зразками показав, що доцільним є замочування насіння льону до 150 хв. За цієї тривалості отримують найбільший питомий об'єм хліба, який на 12,5 % більший, ніж у контрольному зразку.

У разі подовження тривалості замочування насіння понад 150 хв спостерігається не лише зменшення питомого об'єму хліба, а й погіршення формування структури його м'якушки, зокрема пористість стає не рівномірною з формування дуже розпушених або ущільнених ділянок, нерівномірний розподіл в ній насіння льону. Напевне, такі зміни обумовлені погіршенням газоуримувальної здатності тіста внаслідок утворення дуже тонких клейковинних

плівок, які порушуючись не утримують структуру пор і обумовлюють формування ущільнених ділянок.

Таблиця 4.2 - Показники якості готових виробів

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Контроль з сухим насінням льону	Тривалість замочування, хв					
		60	90	120	150	180	210
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,41	2,62	2,65	2,69	2,71	2,65	2,66
Н/Д подового хліба	0,35	0,40	0,43	0,46	0,46	0,42	0,42
Стан поверхні	Правильна, гладка із включенням насіння льону, без тріщин і підривів						
Колір скоринки	Світло-жовтий	Більш виражений, яскравий світло-жовтий				Золотистий	
Стан м'якушки	Колір світлий з жовтим відтінком, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці не досить рівномірно. Пористість середня тонкостінна.	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці рівномірно, спостерігається міцний зв'язок насінин з м'якушкою. Пористість середня тонкостінна.				Колір світлий, забарвлена рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці не рівномірно, не достатній зв'язок насінин з м'якушкою, в м'якушці з'являються ущільнені ділянки	
Смак і аромат	Властивий хлібу, під час розжовування відчувається насіння льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак						

Збільшення тривалості замочування насіння до 150 хв сприяє покращанню на 14...31 % формостійкості виробів.

Потрібно відзначити, що за умови замочування насіння протягом 120 хв отримують значення і питомого об'єму і формостійкості виробів близькі до максимальних показників, отриманих за тривалості замочування протягом 150 хв. Тому можна рекомендувати тривалість замочування насіння льону для отримання виробів високої якості 120...150 хв.

На процес екстрагування полісахаридів насіння льону суттєвий вплив має температура води. Для встановлення оптимальної температури води для гідратації насіння льону проводилося пробне лабораторне випікання. За літературним даними відомо, що у разі підвищення температури покращується екстрагування полісахаридів лляного насіння, але для замочування насіння льону для виготовлення хлібобулочних виробів необхідно встановити ефективність застосування для цієї операції високих температур води. Було запропоновано провести замочування насіння льону водою за таких температур: 20°C, 40°C, 60°C, 80°C та 95°C. Дозування насіння льону у всіх зразках становило 15 % до маси борошна, співвідношення насіння та води 1:3, тривалість замочування 120 хв. Замочування проводили без додаткового перемішування маси. Результати аналізу готових виробів наведено в табл. 4.3.

Встановлено, що підвищення температури води, якою замочували насіння льону, сприяло формуванню більшого об'єму виробів дослідних зразків, порівняно з контрольним. Поряд з цим вироби з найбільшим об'ємом (3,03 см³/ г у дослідному зразку проти 2,38 см³/ г у контролі) та формостійкістю (0,46 у дослідному зразку проти 0,39 у контролі) було отримано за умови замочування насіння льону водою температурою 60 °С. М'якушка хліба цього зразка характеризувалася добре розвиненою пористістю, високою еластичністю. Напевно, за цієї температури екстрагуються полісахариди з високими структуроутворювальними властивостями. Існують дані, що при екстрагуванні полісахаридів насіння їх вихід активно збільшується за умови підвищення температури від 20 до 60 °С. За температури понад 60 °С вихід полісахаридів продовжує зростати, але динаміка процесу знижується, і приріст маси стає не таким значним, тому рекомендовано температурний режим екстрагування не перевищувати 80 °С [277].

У зразках хліба із замочуванням насіння водою температурою 80 і 95°C відзначалося погіршенням питомого об'єму та формостійкості виробів. Поряд з цим, спостерігається погіршення і стану м'якушки для зразка з замочуванням температурою 95 °С, а саме розвивалася дуже крупна, не рівномірна та

тонкостінна пористість, зменшувалося зчеплення насіння льону з м'якушкою, при натисканні на м'якушку спостерігалася її ламкість та підвищена крихкуватість.

Таблиця 4.3 – Показники якості готових виробів

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник и	Контроль з сухим насінням льону	Температура води для гідратації насіння льону, °C				
		20	40	60	80	95
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,38	2,43	2,45	3,03	2,47	2,43
H/D подового хліба	0,39	0,38	0,42	0,46	0,39	0,29
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів					
Колір скоринки	Світло-жовтий		Золотисто-жовтий			
Стан м'якушки	Колір світлий з жовтим відтінком, забарвлення рівномірне, насіння льону включене в м'якушку. Пористість середня. М'якушка еластична.	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону включене в м'якушку. Пористість середня, тонкостінна, Еластичність м'якушки краща, ніж в контролі		Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону включене в м'якушку. Пористість середня, тонкостінна. Еластичність м'якушки дещо гірша, ніж в контролі.	Колір світлий, забарвлення не рівномірне, насіння льону включене в м'якушку. Пористість крупна, тонкостінна. Еластичність м'якушки гірша, ніж в контролі	
Смак і аромат	Властивий хлібу, під час розжовування відчувається насіння льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак					

Отже, рекомендовано для замочування насіння льону у виробництві хлібобулочних виробів застосовувати воду температурою 60 °C.

Для підтвердження ефективності обраних параметрів процесу гідратації насіння льону було проведено пробне лабораторне випікання, за якого дозування

насіння льону становило 15 %, гідромодуль 1:3, тривалість гідратації 120 хв, температура 60 °С. Для порівняння паралельно випікали контроль із внесенням сухого насіння льону за такого ж дозування. Кількість води вносились однакова в обох зразках. Результати аналізу готових виробів наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Показники якості готових виробів

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показники	Результати вимірювань дослідних зразків хліба	
	Контроль з сухим насінням льону	Дослідний зразок із гідратованим насінням льону
Питомий об'єм хліба, см ³ /100 г	1,82	2,47
Н/Д подового хліба	0,40	0,45
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів	Правильна, гладка із включеннями насіння льону на поверхні, без тріщин і підривів
Колір скоринки	Світло-жовтий	Золотистий
Стан м'якушки	Колір кремовий, забарвлення рівномірне, насіння льону включене в м'якушку; в розрізі насінини – сухі. М'якушка дрібнопориста, еластична, швидко відновлюється після натискання.	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону рівномірно розподілене по всій структурі м'якушки. М'якушка пружна, еластична, швидко відновлюється після натискання. Пористість тонкостінна. Насіння міцно включене в структуру м'якушки
Смак і аромат	Властивий хлібу, характерний, горіховий, відчувається характерний олійний присмак. Насіння льону трохи жорсткувате під час розжовування.	Властивий хлібу, характерний, горіховий, відчувається характерний олійний присмак. Насіння льону легко розжовується.

Встановлено, що у разі застосування обраних параметрів питомий об'єм хліба підвищується на 36 %, покращується формостійкість виробів. Скоринка виробу набуває золотистого кольору, насіння льону рівномірно розподілялося на поверхні виробу, на відміну від контролю, в якому насіння було розташоване досить хаотично. М'якушка в дослідному зразку в порівнянні з контролем більш еластична та пружна, насіння льону краще з'єднане з тістовою системою. Під час органолептичної оцінки було встановлено, що насіння льону в дослідному зразку набагато приємніше розжовуються, за рахунок їх набухлості. Крім цього було відзначено, що м'якушка виробу з замочуванням мала більш світліший колір. Це,

напевно, зумовлено тим, що під час перебігу процесів тістоприготування, полісахариди насіння льону взаємодіючи зі складовими борошна утворюють комплекси, вклинюються у структуру клейковинного каркасу і приймають участь у формуванні стінки пор під час випікання. При цьому під дією температури ці полісахариди зневоднюються і формують блискучу поверхню на стінках пор. Завдяки такій блискучій поверхні збільшується їх відбивальна і візуально м'якушка стає світлішою.

У реальному технологічному процесі для отримання виробів хорошої якості важливими є раціональне поєднання всіх трьох параметрів замочування насіння льону: гідромодулю, тривалості та температури води для замочування.

Для вирішення даного питання використовували методику експериментально-статистичного моделювання для вирішення задач типу «Технологія – властивість».

В процесі моделювання досліджували залежність питомого об'єму (Y_1) хлібобулочних виробів параметрів замочування насіння льону: тривалість замочування насіння (X_1), температура замочування насіння (X_2) та гідромодуль насіння та води для замочування (X_3).

Для того, щоб оцінити міру впливу на досліджувані результативні показники кожного із введених у модель факторів при фіксованому положенні на середньому рівні інших факторів, проведено трьохфакторний регресійний аналіз експериментальних даних. Для цього будуємо математичну модель у вигляді аналітичного виразу, котрий якнайкраще відображував зв'язок факторних ознак з результативною, тобто знаходимо функцію вигляду. Для експериментальних даних, рівняння множинної регресії можна виразити у лінійній формі:

$$Y(X_1, X_2, X_3) = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \varepsilon, \quad (4.1)$$

де b_0 - вільний член, який визначає значення Y , в разі, коли всі незалежні змінні X_i рівні 0.

b_1, b_2 – показують наскільки зміниться результативна ознака, при зміні на одиницю вимірювання кожного незалежного фактора X_1, X_2 та X_3 .

ε – випадкова змінна, що характеризує відхилення факторів X_1 , X_2 та X_3 від лінії регресії (залишкова змінна).

В нашому дослідженні - математичне сподівання випадкового відхилення ε_i дорівнює 0 для всіх спостережень ($M(\varepsilon_i) = 0$).

Для оцінки невідомих параметрів b_0 , b_1 , b_2 застосовано метод найменших квадратів (МНК). Згідно з методом невідомі параметри функції вибираються таким чином, щоб сума квадратів відхилень експериментальних (емпіричних) значень Y_i від їх розрахункових (теоретичних) значень була мінімальною, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ip})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \varphi(X_i, b_0, b_1, \dots, b_k))^2 \rightarrow \min, \quad (4.2)$$

Для проведення моделювання було обрано діапазон факторного простору (табл. 3.17).

Таблиця 4.5 – Діапазон факторного простору

Досліджувані фактори	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
X_1 – тривалість замочування насіння льону, хв	90	150	120	30
X_2 – температура замочування насіння льону, °C	40	80	60	20
X_3 – гідромодуль води до маси насіння льону для замочування	1	3	2	1

Матриця планування експерименту і результати проведених досліджень представлені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Матриця планування експерименту і його результати

№ досліджу	Рівень фактору			Рівень фактору			Вихідна змінна	
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	$Y_{\text{експер.}}, \text{см}^3/\text{Г}$	$Y_{\text{розрахункове}}, \text{см}^3/\text{Г}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	120	60	2	2,55	2,403
2	0	0	+1	120	60	3	2,73	2,490
3	0	-1	+1	120	40	3	2,53	2,410
4	+1	0	+1	150	60	3	2,71	2,490
5	+1	-1	0	150	40	2	2,52	2,323

Продовження табл. 4.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	+1	-1	+1	150	40	3	2,58	2,410
7	-1	0	+1	90	60	2	2,70	2,490
8	-1	+1	+1	90	80	3	2,60	2,470
9	-1	+1	0	90	80	2	2,62	2,483

Моделювання та обробка експериментальних даних виконувалися за допомогою математичного пакету MathCad та «Аналізу даних» (ET) MS Excel [278, 279].

Отримане рівняння математичної моделі має вигляд:

$$Y_1 = 1,99 + 0,004 \cdot X_1 + 0,004 \cdot X_2 + 0,087 \cdot X_3 \quad (4.3)$$

Відношення дисперсії неадекватності до дисперсії експерименту становить $F=1,43$, критична величина розподілення Фішера $F_{\Phi}=3,587$ дають змогу отриманому рівнянню регресії адекватно описувати даний процес й може бути використане для вибору оптимальних параметрів виробництва хлібобулочних виробів з визначеною тривалістю замочування насіння льону: тривалість змочування, температура води для замочування та гідромодуль.

Для встановлення максимального значення питомого об'єму було здійснено оптимізацію процесу за допомогою симплекс-центроїдних планів Шеффе.

Для встановлення максимального значення питомого об'єму було здійснено оптимізацію процесу в середовищі математичного пакету MathCad15.

Встановлено, що максимальне значення питомого об'єму $Y=2,49 \text{ см}^3/\text{г}$ досягається при координатах оптимуму:

В кодованому вигляді

$$X_1 = 0$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = +1$$

В кодованому вигляді

$$X_1 = +1$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = +1$$

В кодованому вигляді

$$X_1 = -1$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = +1$$

В натуральному вигляді

$$X_1 = 120 \text{ хв}$$

$$X_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$X_3 = 3$$

В натуральному вигляді

$$X_1 = 150 \text{ хв}$$

$$X_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$X_3 = 3$$

В натуральному вигляді

$$X_1 = 90 \text{ хв}$$

$$X_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$X_3 = 2$$

Таким чином, досягнення хорошого показника питомого об'єму можливо за гідромодулю 3, температури води для замочування 60 °С та тривалості замочування як 120 хв, так і 150 хв. Для раціонального використання часу для підготовки замоченого льону приймемо оптимальну тривалість замочування 120 хв.

У разі замочування насіння льону, повинна залишатися достатня кількість води для приготування розчинів та замішування тіста. Експериментальні дослідження показали, що хороші результати питомого об'єму отримано також у разі застосування гідромодулю 1:2. Тому для виявлення методом моделювання оптимального діапазону параметрів замочування X_1 а X_2 при постійному показнику X_3 будували графічні інтерпретації моделювання [280].

Стабілізуючи фактори на певному рівні отримуємо графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоповерхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів (рис. 4.2). Це дозволяє вибрати більш уточнений спектр параметрів технологічного процесу для отримання хлібобулочних виробів хорошої якості з внесенням замоченого насіння льону.

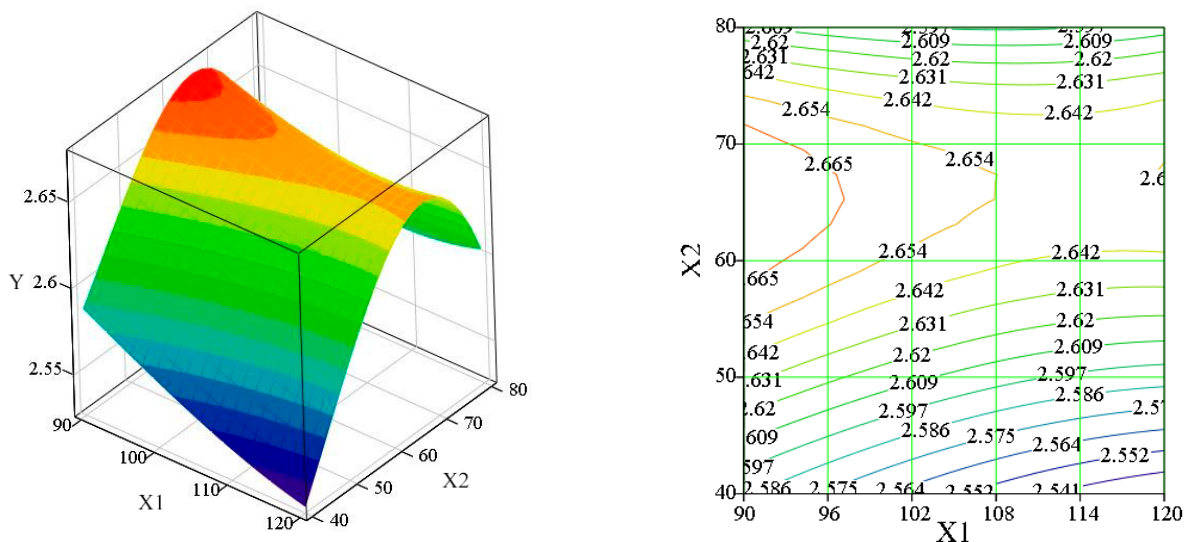


Рис. 4.2 – Графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоповерхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів

Аналіз ізоліній та ізоповерхонь відгуку для питомого об'єму свідчить, що у разі стабілізації X_3 в точці характерній для гідромодулю 2, найбільший об'єм

формових виробів із замоченим насінням льону можливо отримати за тривалості замочування насіння льону Х1 в діапазоні 90...108 хв та температурі води для замочування Х2 в діапазоні 58...72 °С.

Встановлена ефективність застосування у виготовленні хліба операції замочування для цілого насіння льону перед замішуванням тіста спонукала провести пробні лабораторні випікання із застосуванням цієї операції для подрібненого насіння льону. Подрібнене насіння льону використовували в кількості 20 % до маси борошна. Параметри замочування використали з встановлених під час моделювання процесу з цілим насінням: гідромодуль 1:2, тривалість замочування 90 хв, температура води для замочування 60 °С. Для порівняння ефективності цих параметрів готувати також зразок для якого замочування проводили за температури води 20 °С. Контролем був зразок з ПНЛ без замочування.

За результатами випікання (табл. 4.7, рис. 4.3) можна стверджувати про доцільність застосування попереднього замочування подрібненого насіння льону для виготовлення подових виробів, адже спостерігається значне покращання формостійкості виробів, зокрема для зразка з замочуванням водою з температурою 60 °С на 13,7 %.

Таблиця 4.7 – Показники якості хліба з подрібненим насінням льону

(n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показник	Внесено подрібнене насіння льону 20 % до маси борошна		
	Контроль без замочування	Замочування водою температурою 20°С	Замочування водою температурою 60°С
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,4	2,45	2,61
Формостійкість, h/d	0,51	0,56	0,58



Рис. 4.3 - Фото виробів (зліва направо): контроль з ПНЛЗ без його замочування, хліб з ПНЛЗ, яке було замочене водою температурою 20°C; хліб з ПНЛЗ, яке було замочене водою температурою 60°C.

Напевне, в цьому випадку визначну роль відіграють слизі льону, які набухаючи, підвищують в'язкість тістової системи та підвищують поверхневий натяг, що сприяє покращанню утримання форми. Питомий об'єм цього зразка підвищується на 8,7 %.

Таким чином, застосування операції замочування цілого та подрібненого насіння льону є ефективним технологічним заходом поліпшення якості пшеничного хліба з цими продуктами.

4.2 Встановлення режимів замішування тіста з додаванням насіння льону

Замішування тіста – найбільш значуща технологічна стадія від якої залежить хід технологічного процесу та формування якості хліба. Мета замішування – отримання маси тіста з певними структурно-механічними властивостями, які забезпечують оптимальний перебіг операцій поділу тіста на шматки, формування тістових заготовок, їх вистоювання та випікання хліба.

В умовах хлібопекарських підприємств замішування тіста для виготовлення хліба з доданням різних видів насіння найчастіше здійснюють у тістомісильних машинах періодичної дії. Тому виникла необхідність дослідити оптимальні параметри замішування тіста з насінням льону для досягнення високої якості виробів. Сьогодні на хлібопекарських підприємствах для замішування тіста застосовують двохшвидкісні тістомісильні машини різної потужності. Особливість замішування в них тіста полягає в його утворенні під час першої

швидкості замішування та пластифікації під час другої швидкості. На підприємствах для кожного асортименту виробів розроблені технологічні рекомендації щодо замішування тіста. При цьому для одних виробів тісто можуть переважно замішувати на першій швидкості, а потім декілька хвилин домішувати на другій швидкості, для інших виробів – замішування тіста на 1 та 2 швидкості здійснюють однаковою тривалістю, але найпоширенішим є режим за якого – на першій швидкості замішують тісто короткий час, а в основному вимішування здійснюється на 2 швидкості. Оскільки насіння льону під час утворення тіста вклинюється в його структуру та порушує клейковинний каркас, то виникла необхідність встановити оптимальні режими замішування такого тіста у тістомісильних машинах періодичної дії.

Під час проведення досліджень тісто готували з борошна пшеничного вищого сорту. На підставі попередніх досліджень було прийнято дозування насіння льону жовтого сорту 15 % до маси борошна в цілому вигляді. Насіння льону перед замішуванням замочували протягом 90 хв, при гідромодулі насіння та води 1:2 та температури води 60 °С. Тісто готували безопарним способом. Замішування тіста здійснювали в тістомісильній машині періодичної дії Esher на першій та другій швидкості. Режими замішування тіста з насінням льону наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Тривалість замішування тіста з додаванням цілого насіння льону

Режим замішування	Тривалість замішування, хв						
	Контр оль	Зразки					
		1	2	3	4	5	6
1 швидкість	5	5	5	5	10	15	20
2 швидкість	5	10	15	20	5	5	5

Бродіння всіх зразків тіста становило 120 хв. Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у термостаті за температури (38 ± 2) °С і відносній вологості (78 ± 2) %. Хліб випікали у лабораторній печі Sveba за температури 210-220 °С.

Результати досліджень готових виробів з насінням льону, виготовлених за різної тривалості замішування тіста, наведено в табл. 4.9 та рис. 4.4.

За результатами досліджень встановлено, що подовжений режим замішування тіста на другій швидкості дозволяє отримати кращу якість готових виробів в порівнянні з подовженим режимом замішування на першій швидкості. Оптимальною тривалістю замішування тіста є 5 хв на першій швидкості та 15 хв на другій швидкості. За такого режиму замішування об'єм виробів збільшується порівняно з контрольним зразком на 22,4 % та покращується стан м'якушки: м'якушка стає більш еластичною, її пористість тонкостінною, зв'язок насіння льону з м'якушкою хліба зміцнюється, м'якушка набуває світлішого забарвлення. Насіння льону на поверхні виробів більш помітне, однак міцно огорнуте тонесенькою плівкою денатурованої клейковини.

У разі подовження тривалості замішування тіста до 20 хв на другій швидкості відзначається також збільшення об'єму виробів на 23 %, порівняно з контролем. При цьому формується дрібна, тонкостінна пористість, але погіршується зв'язок насінин з м'якушкою.

Таблиця 4.9 – Показники якості готових виробів з додаванням цілого насіння льону

Показники	Контроль	Зразки					
		1	2	3	4	5	6
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Тривалість замішування: перша / друга швидкість, хв	5/5	5/10	5/15	5/20	10/5	15/5	20/5
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,5	2,79	3,06	3,08	2,3	2,6	2,7
Формостійкість	0,40	0,42	0,45	0,41	0,38	0,36	0,33
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів						
Колір скоринки	Золотистий						

Продовження табл. 4.9.

1	2	3	4	5	6	7	8
Стан м'якушки	Колір кремовий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілене по м'якушці нерівномірно, більш товстостінна пористість.		Колір світлий, забарвлення рівномірне, пористість рівномірна тонкостінна, насіння льону розподілене по м'якушці рівномірно, спостерігається міцний зв'язок насіння з м'якушкою.		Колір світлий, забарвлення рівномірне, пористість рівномірна тонкостінна, насіння льону розподілене по м'якушці рівномірно, спостерігається недостатньо міцний зв'язок насіння з м'якушкою.		
Смак і аромат	Властивий хлібу, під час розжовування відчувається насіння льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак.						



Контроль 1 2 3 4 5 6

Рис. 4.4 – Хліб з додаванням цілого насіння льону, виготовлений за різних режимів замішування (перша / друга швидкість): контроль – 5 хв / 5 хв; зразок 1 – 5 хв / 10 хв; зразок 2 – 5 хв / 15 хв; зразок 3 – 5 хв / 20 хв; зразок 4 – 10 хв / 5 хв; зразок 5 – 15 хв / 5 хв; зразок 6 – 20 хв / 5 хв.

Крім цього тісто за такого замішування було дуже складним в обробленні та підлипало. Тому не доцільно збільшувати тривалість замішування тіста на другій швидкості понад 20 хв.

У випадку подовженого замішування тіста на першій швидкості воно набувало при розробленні липкості, об'єм готових виробів був меншим, порівняно з виробами, виготовлених з тіста замішаного з подовженою тривалістю на другій швидкості.

У виробництві хлібобулочних виробів параметри технологічного процесу взаємопов'язані та в сукупності обумовлюють формування якості виробів.

Тривалість замішування тіста за періодичного способу приготування може бути одним із факторів, що визначає тривалість бродіння напівфабрикату. Тому доцільно провести моделювання технологічного процесу за сумісного впливу тривалості замішування тіста на 1 та 2 швидкості та тривалості бродіння.

Для проведення моделювання було обрано діапазон факторного простору (табл. 4.10).

Матриця планування експерименту і результати проведених досліджень представлені в табл. 4.11.

За результатами моделювання та обробка експериментальних даних за допомогою математичного пакету MathCad та «Аналізу даних» (ET) MS Excel отримано рівняння математичної моделі.

Таблиця 4.10 – Діапазон факторного простору

Досліджувані фактори	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
X_1 – тривалість замішування на першій швидкості, хв	4	8	6	2
X_2 – тривалість замішування на другій швидкості, хв	5	15	10	5
X_3 – тривалість бродіння, хв	90	150	120	30

Таблиця 4.11 - Матриця планування експерименту і його результати

№ досліджу	Рівень фактору			Рівень фактору			Вихідна змінна	
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	$Y_{\text{експер.}}, \text{см}^3/\text{Г}$	$Y_{\text{розрахункове}}, \text{см}^3/\text{Г}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-1	-1	-1	4	5	90	2,41	2,544
2	-1	-1	0	4	5	120	2,50	2,509
3	0	-1	+1	6	5	150	2,58	2,474
4	0	0	-1	6	10	90	2,80	2,799
5	-1	0	0	4	10	120	2,82	2,764
6	-1	0	+1	4	10	150	2,75	2,729

Продовження табл. 4.11.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	-1	+1	-1	4	15	90	3,18	3,054
8	-1	+1	0	4	15	120	2,98	3,019
9	-1	+1	+1	4	15	150	2,86	2,984
10	+1	-1	-1	8	5	90	2,70	2,698
11	+1	-1	0	8	5	120	2,67	2,663
12	+1	-1	+1	8	5	150	2,62	2,628

Рівняння математичної моделі:

$$Y_1 = 3,317 + 0,015 \cdot X_1 + 0,051 \cdot X_2 - 0,0012 \cdot X_3 \quad (4.4)$$

Відношення дисперсії неадекватності до дисперсії експерименту становить $F=1,43$, критична величина розподілення Фішера $F\Phi=3,587$ дають змогу отриманому рівнянню регресії адекватно описувати даний процес й може бути використане для вибору оптимальних параметрів виробництва хлібобулочних виробів з визначеною тривалістю змішування тіста на першій та другій швидкості і тривалістю його бродіння.

Для встановлення максимального значення питомого об'єму було здійснено оптимізацію процесу за допомогою симплекс-центроїдних планів Шеффе.

Для встановлення максимального значення питомого об'єму було здійснено оптимізацію процесу в середовищі математичного пакету MathCad 15.

Встановлено, що максимальне значення питомого об'єму $Y=3,054$ см³/г досягається при координатах оптимуму:

В кодованому вигляді

$$X_1 = -1$$

$$X_2 = +1$$

$$X_3 = -1$$

В натуральному вигляді

$$X_1 = 4 \text{ хв}$$

$$X_2 = 15 \text{ хв}$$

$$X_3 = 90 \text{ хв}$$

Таким чином, досягнення хорошого показника питомого об'єму можливо за тривалості замішування на першій швидкості 4 хв, на другій швидкості 15 хв, та тривалості бродіння 90 хв.

Стабілізуючи фактори на певному рівні отримуємо графічні інтерпретації (рис. 4.5) результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоповерхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів. Це дозволяє вибрати більш уточнений

спектр параметрів технологічного процесу для отримання хлібобулочних виробів хорошої якості із застосуванням параметрів замішування тіста та його бродіння. Графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоперхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів. Виходячи з аналізу ізоліній та ізоперхонь встановлено, що хороший питомий об'єм хліба досягається за умови стабілізації X1 на рівні замішування 4 хв, при X2 (тривалості замішування на другій швидкості) 13...15 хв та при X3 (тривалості бродіння 90...110 хв).

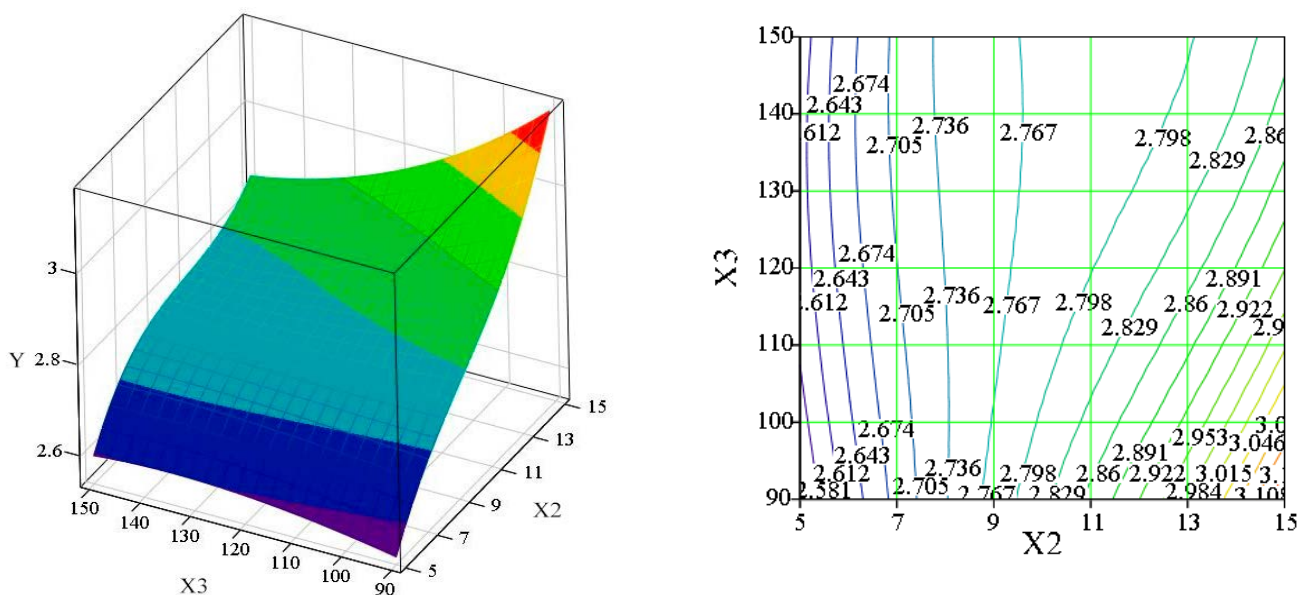


Рис. 4.5 – Графічні інтерпретації результатів моделювання у вигляді ізоліній та ізоперхонь відгуку для питомого об'єму хлібобулочних виробів

Проведено також комплекс досліджень щодо визначення оптимальних параметрів замішування тіста у разі використання насіння льону у подрібненому стані. Зважаючи на результати попередніх досліджень замішування тіста з додаванням насіння льону в цілому вигляді було прийнято проводити дослідження постійної тривалості замішування тіста на першій швидкості та змінною тривалістю замішування та другій швидкості. Під час проведення дослідження дозування подрібненого насіння льону становило 20 % до маси борошна, яке попередньо замочували за параметрами, встановленими в підрозділі

4.1. Тривалість бродіння тіста становила 120 хв. Результати дослідження занесено до таблиці 4.12.

За результатами дослідження встановлено, що зі збільшенням тривалості замішування тіста на другій швидкості стан м'якушки погіршується, а саме: зменшується її розпушеність, пористість формується не рівномірна, м'якушка набуває кришкуватості.

Поряд з цим погіршувався стан тіста: з подовженням тривалості замішування до 15-20 хв воно ставало менш еластичним, набувало липкості. Напевне, це зумовлено з одного боку більшим загущенням тістової системи розчинами полісахаридів льону, а з іншого – взаємодією жиру насіння льону з клейковинними білками, що не дозволяло сформувати розвинутий еластичний клейковинний каркас.

Таблиця 4.12 – Показники якості готових виробів з додаванням подрібненого насіння льону

Показники	Зразки			
	1	2	3	4
Режим замішування перша/друга швидкість	5/5	5/10	5/15	5/20
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,6	2,7	2,5	2,5
Формостійкість	0,38	0,38	0,35	0,35
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Золотистий			
Стан м'якушки	Колір кремовий, забарвлення рівномірне, пористість рівномірна.		Колір кремовий, забарвлення рівномірне, пористість нерівномірна, зменшується розпушеність м'якушки, з'являється липкість.	
Смак і аромат	Властивий хлібу, під час розжовування відчувається насіння льону, притаманний горіховий аромат, відчувається олійний присмак.			

Таким чином, оптимальним режимом замішування тіста за умови внесення подрібненого насіння льону є 5 хв на першій швидкості та до 10 хв – на другій швидкості.

4.3 Визначення оптимальної вологості тіста за використання насіння льону

Важливим параметром технологічного процесу, що зумовлює формування структурно-механічних властивостей тіста, перебіг колоїдних, біохімічних та інших процесів в ньому є вологість тіста.

Насіння льону як в цілому, так і в подрібненому стані має суттєвий вплив на формування якості тіста і готових виробів обумовлених значною реакційною здатністю при замішуванні тіста водорозчинних полісахаридів насіння льону, які містяться в його оболонках насіння. Ці полісахариди є конкурентами за воду з білками та крохмалем борошна під час замішування тіста, тому було проведено дослідження встановлення оптимальної вологості тіста за умови використання насіння льону в цілому та подрібненому стані.

Під час досліджень тісто готували з борошна пшеничного вищого сорту. Насіння льону додавали в цілому вигляді в кількості 15,0 % до маси борошна, в подрібненому – 20 % до маси борошна. Перед замішуванням тіста продукти замочували за гідромодулю 1:2, тривалістю 90 хв водою температурою 60 °С.

Було припущено, що підвищення вологості тіста сприятиме набухання водорозчинних полісахаридів, знижуючи її конкурування за воду з іншими складовими тістової системи та сприятиме формуванню тіста з кращими властивостями. Тому тісто готували вологістю 42, 44, 46 та 48 %, безопарним способом, замішування, оброблення тіста та випікання тістових заготовок проводили, як вказано у розділі 2. Результати досліджень наведено в таблиці 4.13.

Встановлено, що під час замішування тіста у зразках з вологістю 44, 46, 48 % відзначалася липкість тіста, яка на момент оброблення тіста зменшилася для зразку тіста з вологістю 44 %. В інших зразках липкість тіста зумовлювала труднощі для його оброблення.

У разі збільшення вологості тіста спостерігалось покращання газоутримувальної здатності тіста поряд зі збільшення розпливання тіста. Це зумовило формування дещо більшого об'єму виробів та зниження їх формостійкості. Напевне, у разі збільшення вологості тіста у тістовій системі

утворюються більша частка розчинів водорозчинних полісахаридів, однак меншої в'язкості, що у меншій мірі загущує тістову систему і ймовірно більш активно взаємодіє з клейковинними білками. Деяке покращання питомого об'єму виробів за вологості тіста 46 та 48 % може бути зумовлено тим, що тістова заготовка утримується формою під час випікання, адже формостійкість цих виробів знижується на 7 та 11 %, відповідно, порівняно зі зразками з вологістю 42 та 44 %. Поряд з цим відзначено, що зі збільшенням вологості тіста до 46-48 % погіршується пористість м'якушки, вона стає більш крупною та товстостінною, зменшується її пружність та еластичність, з'являється липкість.

Таким чином, наше припущення щодо ефективності замішування тіста з високою вологістю не підтвердилося. Тісто з цілим насінням льону доцільно готувати вологістю в діапазоні 42...44 %. За такої вологості вироби мали значення питомого об'єму виробів в межах похибки дослідження. М'якушка формувалася суха, еластична.

Таблиця 4.13 – Вплив вологості тіста на параметри технологічного процесу та якість хліба

Показник	Дослідні зразки з відповідною відносною вологістю тіста			
	42,0 %	44,0%	46,0%	48,0%
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Тісто				
Масова частка вологи, %	41,8	44,2	45,9	47,9
Тривалість бродіння, хв.	120			
Тривалість вистоювання тістових заготовок, хв.	50	48	54	54
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,31	2,33	2,39	2,41
Розпливання кульки тіста, мм	78	81	85	88
Консистенція тіста	Тісто сухе, хороше в розробці		Тісто липне, дуже складне в обробці	

Продовження табл. 4.13.

1	2	3	4	5
Хліб				
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,78	2,82	2,83	2,87
Формостійкість	0,52	0,52	0,49	0,46
Стан поверхні	Правильна, гладка із включенням насіння льону, без тріщин і підривів		Правильна, але має на поверхні деякі нерівності, із включенням насіння льону, без тріщин і підривів	
Колір скоринки	Яскравий, світло-жовтий		Світло-жовтий, наближений до золотистого	
Стан м'якушки	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці рівномірно та має кращу з'єднувальну здатність в клейковинному каркасі, м'якушка суху на дотик		Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці рівномірно, але погіршується пористість в порівнянні з попередніми, м'якушка суху на дотик	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілено по м'якушці рівномірно, але погіршується пористість в порівнянні з попередніми, м'якушка набуває липкості

У разі використання подрібненого насіння льону дослідження щодо визначення оптимальної вологості тіста проводили за умови замішування тіста вологістю 42,0 %, 43,0 %, 44,0 % та 45,0%. Результати визначень наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Вплив вологості тіста на параметри технологічного процесу та якість хліба

Показник	Дослідні зразки з відповідною відносною вологістю тіста			
	42,0 %	43,0%	44,0%	45,0%
1	2	3	4	5
Тісто				
Масова частка води, %	42,2	43,1	44,0	45,3
Тривалість бродіння, хв.	120			
Тривалість вистоювання тістових заготовок, хв.	45	40	40	34

Продовження табл.4.14.

Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,25	2,32	2,39	2,34
Розпливання кульки тіста, мм	76	76	79	82
Консистенція тіста	Тісто сухе, хороше в обробці		Тісто дещо підлипає під час обробки	Тісто липне, складне в обробці
Хліб				
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,64	2,76	2,80	2,75
Формостійкість	0,43	0,45	0,42	0,38
Стан поверхні	Правильна, гладка із включенням, без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Коричнево-жовтий			
Стан м'якушки	Колір кремовий, забарвлення рівномірне з включенням частинок подрібненого льону, пористість рівномірна середня, суха на дотик			Колір кремовий, забарвлення рівномірне з включенням частинок подрібненого льону, пористість рівномірна середня з товстими стінками, липкувата на дотик

Встановлено, що у разі використання подрібненого насіння льону погіршення якості тіста, а саме поява липкості, що утруднювала поділ тістових заготовок та їх формування, відзначено за вологості тіста 45 %, при цьому відзначалося також зменшення питомого об'єму та формостійкості виробів і появу липкості м'якушки. За вологості тіста 44 % вироби мали найбільший об'єм, однак тісто на етапі розроблення для цього зразку було дещо липкувате, що може ускладнити процес його поділу у виробничих умовах на тістоподільниках. Тому рекомендованою вологістю тіста у разі використання подрібненого насіння льону є 43 %. За такої вологості вироби характеризуються хорошим станом м'якушки: не липка, еластична з добре розвинутою пористістю. Питомий об'єм цих виробів був більшим на 4,5 % за питомий об'єм виробів, виготовлених з тіста вологістю 42 %.

4.4 Дослідження впливу способу приготування тіста на технологічний процес і якість хліба з насінням льону

Спосіб приготування тіста є одним із заходів регулювання якості хлібобулочних виробів. Широке впровадження на підприємства хлібопекарської галузі двохшвидкісних тістомісильних машин сприяло більшому поширенню безопарних прискорених способів з інтенсивним замішуванням тіста, що дозволяють скоротити технологічний процес та зменшити технологічні затрати. Однак, традиційні опарні способи приготування пшеничного тіста дозволяють отримати високоякісну продукцію з вираженим ароматом, смаком, хорошою структурою м'якучки, яка добре зберігає свіжість.

Ефективність застосування двохшвидкісного замішування тіста у разі використання цілого насіння льону за безопарного способу приготування тіста підтверджена у підрозділі 4.2.

Для можливості застосування у виробництві хлібобулочних виробів з цілим насінням льону опарних способів приготування було проведено дослідження щодо встановлення в яку фазу (опару чи тісто) доцільно вносити насіння льону. Серед опарних способів значне поширення у виробництві хлібобулочної продукції мають густі опари. Враховуючи, що насіння льону володіє високою водопоглинальною здатністю внаслідок конкурування за воду водорозчинних полісахаридів оболонки насіння було запропоновано спробувати застосовувати спосіб приготування на рідкій опарі для забезпечення.

Під час проведення досліджень тісто готували з борошна пшеничного вищого сорту. Дозування насіння льону в цілому та подрібненому вигляді становило відповідно 15 та 20 % до маси борошна відповідно. Для кожного виду опари (густої та рідкої) дослідження проводили в двох варіантах: 1 – з внесенням насіння льону цілого або подрібненого в першу фазу – в опару, на якій замішували тісто і 2 – з внесенням цих продуктів у другу фазу – тісто. Опару готували вологістю 45 % для густої та 70 % для рідкої. Тривалість бродіння опари – 180 хв. Замішане тісто на опарі виброджувало 60 хв.

Результати досліджень готових виробів різного способу приготування тіста з внесення цілого насіння льону білого в опару та тісто наведено в таблиці 4.15. та рис..4.6.

За результатами дослідження встановлено, що у разі приготування тіста на густій та рідкій опарі більший об'єм виробів отримують у разі внесення цілого насіння льону у першу фазу. Так, виготовлення виробів на густій та рідкій опарі з внесенням в неї насіння зумовлює збільшення питомого об'єму виробів відповідно на 24 та 29 %, порівняно з виробами на густій та рідкій опарі, в яких насіння додано у другу фазу – тісто. Напевно, у разі внесення насіння льону у першу фазу водорозчинні полісахариди вклинюючись у структуру напівфабрикату у вигляді в'язких розчинів, утворюють за час бродіння опари з клейковинними білками та крохмалем комплекси. Коли до такої опари додають решту борошна і води для замішування тіста ці полісахариди вже в значно меншій мірі конкурують з клейковинними білками, що вносяться з новою порцією борошна за воду, і приймають участь в утворенні тіста як структуроутворювач, який при перемішуванні набуває піноподібного стану. У випадку, коли насіння льону вноситься у другу фазу водорозчинні полісахариди льону активно конкурують з білками та крохмалем за воду, при цьому утворені розчини полісахаридів формують у структурі тіста в'язкі згустки, які огортають білкові речовини та крохмальні зерна, але не встигають проявити своїх структуроутворюючих властивостей, а діють лише як загусник тістової системи. Потрібно відмітити, що вироби, які виготовляли за внесення насіння льону у другу фазу характеризувалися недостатньою еластичністю м'якушки та підвищеною пружністю, особливо у зразку на рідкій опарі.

Таблиця 4.15 – Показники якості готових виробів з додаванням цілого насіння льону

Показники	Результати вимірювань дослідних зразків хліба			
	Густа опара		Рідка опара	
	Дозування цілого насіння льону в		Дозування цілого насіння льону в	
	опару	тісто	опару	тісто
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	3,15	2,54	2,97	2,3
Н/Д подового хліба	0,54	0,48	0,49	0,42
Крихтуватість м'якушки, %	1,8	1,5	2,9	1,5
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Світло-жовтий			Золотистий
Стан м'якушки	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону розподілене по м'якушці рівномірно, міцний зв'язок насінин з м'якушкою. Пористість тонкостінна, рівномірна. М'якушка набуває дрібнопористої дещо нерівномірної	Колір світлий з жовтим відтінком, забарвлення рівномірне, пористість рівномірна, середня за розмірами товщина стінок пор. Насіння льону розподілене по м'якушці рівномірно, менш міцний зв'язок насіння з м'якушкою.	Колір світлий з жовтим відтінком, забарвлення рівномірне. Пористість крупна, тонкостінна, нерівномірна. Насіння льону розподілене по м'якушці не рівномірно, зв'язок насіння та м'якушки не міцний. М'якушка крихкувата, особливо при нарізанні.	Колір світлий з жовтим відтінком, забарвлення рівномірне. Пористість крупна, середня за розмірами товщина стінок пор, нерівномірна. Насіння льону розподілене по м'якушці не рівномірно, зв'язок насіння та м'якушки недостатній. М'якушка еластична.
Смак і аромат	Властивий хлібу, під час розжовування відчувається насіння льону, притаманний горіховий аромат, відчувається приємний олійний присмак.			



1

2

3

4

Рис. 4.6 - Хліб виготовлений опарним способом: 1 – густа опара з внесення насіння в опару; 2 – густа опара з внесенням насіння в тісто; 3 – рідка опара з внесення насіння в опару; 4 – рідка опара з внесенням насіння в тісто.

Оцінка хліба, виготовленого опарним способом з внесенням насіння в опару, показала, що у випадку застосування рідкої опари формується дуже тонкостінна м'якушка виробів, яка зумовлює її підвищену крихтуватість під час нарізання виробів. Тому раціональним способом приготування тіста за умови використання цілого насіння льону є спосіб на традиційній густій опарі з внесення насіння льону в опару.

Виконано також комплекс досліджень щодо виявлення доцільності внесення ПНЛ в першу чи другу фазу у разі застосування опарного способу приготування тіста. Результати дослідження наведено в таблиці 4.16.

Встановлено, що найбільший питомий об'єм виробів отримано за приготування тіста у випадку внесення ПНЛ у першу фазу – як густу, так і рідку опару. Значне погіршення якості відзначалося у зразку, виготовленого на рідкій опарі з внесенням ПНЛ в тісто. Вироби мали найменший об'єм, м'якушка була занадто пружна, колір її був темний не рівномірний, відзначалася мармуровість забарвлення.

Ефективність застосування способу приготування тіста на густій та рідкій опарі з внесенням ПНЛ в першу фазу напевно обумовлена тими ж причинами, що і у випадку використання цілого насіння: складові подрібненого насіння льону – жир, водорозчинні полісахариди, білкові речовини максимально проявляють свою взаємодію зі складовими борошна на етапі приготування першої фази. Далі під час замішування тіста, внаслідок вже сформованих комплексів зі складовими борошна, ці складові ПНЛ менш реакційно здатні до нових взаємодій, але приймають участь в формуванні структури напівфабрикатів.

Таблиця 4.16 – Показники якості готових виробів з додаванням подрібненого насіння льону білого

Показники	Результати вимірювань дослідних зразків хліба			
	Густа опара		Рідка опара	
	Дозування льону в		Дозування льону в	
	опару	тісто	опару	тісто
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,9	2,82	3,1	2,53
Н/Д подового хліба	0,5	0,44	0,45	0,43
Крихкуватість, %	2,2	3,0	2,8	1,2
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Золотисто-коричневий			
Стан м'якушки	Колір з кремовим відтінком з включенням частинок подрібненого насіння льону. Пористість дрібна, тонкостінна, рівномірна. М'якушка добре еластична та пружна	Колір з кремовим відтінком з включенням частинок подрібненого насіння льону. Пористість середня, тонкостінна, рівномірна. М'якушка менше еластична більше кришиться	Колір з кремовим відтінком з включенням частинок подрібненого насіння льону. Пористість середня, дуже тонкостінна, рівномірна. М'якушка еластична, менше пружна.	Колір з темно-кремовим відтінком з включенням частинок подрібненого насіння льону. Характерна мармуровість забарвлення. Пористість середня, товстостінна, рівномірна. М'якушка дуже пружна
Смак і аромат	Властивий хлібу, притаманний горіховий аромат, відчувається приємний олійний присмак			

Потрібно відзначити, що у разі застосування способу на рідкій опарі з внесення ПНЛ в опару, хоч і отримують виріб з найбільшим питомим об'ємом, м'якушка його, на відміну від способу приготування на густій опарі з внесенням ПНЛ в опару, характеризується дещо меншою еластичністю та є ознаки кришкуватості м'якушки.

Таким чином, у разі використання подрібненого насіння льону тісто доцільно готувати на густій опарі з внесенням ПНЛ в опару.

Основні результати досліджень, які викладені в розділі, опубліковано в [285-289]

4.5 Висновки

1. На підставі експериментальних досліджень та оптимізації технологічного процесу було встановлено, що у разі використання цілого та подрібненого насіння льону у виробництві пшеничного хліба доцільно застосовувати операцію замочування за таких параметрів: гідромодуль насіння льону та води 1:2 або 1:3, температура води на замочування 60 °С, тривалість замочування 90...120 хв. У разі застосування обраних параметрів питомий об'єм хліба, виготовленого із замочуванням цілого насіння підвищується на 36 %, порівняно зі зразком без замочування, а у випадку із замочуванням подрібненого ПНЛ – підвищується на 13,7 %.

2. Дослідження режимів замішування тіста показало, що покращання якості хлібобулочних виробів спостерігається за умови замішування тіста на першій швидкості 5 хв та другій швидкості 15 хв у разі додавання цілого насіння льону та тривалості замішування першій швидкості 5 хв та другій швидкості до 10 хв – у разі додання ПНЛ.

3. Експериментальними даними підтверджено, що тісто з цілим насінням льону доцільно готувати вологістю в діапазоні 42...44 %. За такої вологості вироби мали значення питомого об'єму виробів в межах похибки дослідження. Рекомендованою вологістю тіста у разі використання подрібненого насіння льону є 43 %. За такої вологості вироби характеризуються хорошим станом м'якушки: не липка, еластична з добре розвинутою пористістю.

4. Встановлено, що у разі замішування тіста опарним способом з додавання цілого або ПНЛ, їх доцільно вносити у першу фазу. Виготовлення виробів на густій та рідкій опарі з внесенням в неї насіння льону зумовлює збільшення питомого об'єму виробів відповідно на 24 та 29 %, порівняно з виробами на густій та рідкій опарі, в яких насіння додано у другу фазу – тісто. Ймовірно, причиною цього є взаємодія водорозчинних полісахаридів насіння льону з клейковинними білками та крохмалем борошна опари з утворенням комплексів, завдяки яким під час замішування тіста виявляються піноутворюючі властивості полісахаридів, а не лише їх здатність загущувати тісто.

РОЗДІЛ 5

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПЕРЕБІГ БІОХІМІЧНИХ І МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ТІСТІ З НАСІННЯМ ЛЬОНУ

Якість готових виробів обумовлюють структурно-механічні властивості тіста та біохімічні і мікробіологічні процеси, що відбуваються в ньому. Виходячи з встановленої у підрозділі 4.1 ефективності застосування попереднього замочування насіння льону цілого та подрібненого на якість готових виробів, виникла необхідність дослідити особливості формування структурно-механічних властивостей тіста, перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів у тістових напівфабрикатах з замоченим цілим та подрібненим насінням льону, порівняно зі зразками з сухим цілим та подрібненим насінням льону. Дослідження проводили за встановлених у розділі 3 технологічно можливих дозувань. Порівняння перебігу процесів здійснювали для зразків тіста з цілим насінням у кількості 15 % до маси борошна у разі його внесення у замоченому стані, порівняно з сухим та для зразків з подрібненим насінням льону у кількості 20 % до маси борошна у разі його внесення у замоченому стані, порівняно з сухим.

Таким чином в усіх наступних дослідженнях дослідні зразки були наступні:

- контроль (без додавання насіння льону);
- з додаванням цілого насіння (сухого) 15 % льону до маси борошна;
- з додаванням замоченого цілого насіння 15 % льону до маси борошна;
- з додаванням подрібненого насіння льону (сухого) 20 % до маси борошна;
- з додаванням замоченого подрібненого насіння льону 20 % до маси борошна.

5.1 Структурно-механічні властивості тіста з насінням льону

Структурно-механічні властивості тіста є основним фактором, який визначає формування об'єму, пористості, структури м'якушки хлібобулочних виробів. У тісті поєднуються такі реологічні властивості, як пружність, еластичність, пластичність, в'язкість. Пружність тіста сприяє збереженню форми тістових заготовок, однак поряд з цим може перешкоджати процесам розвитку

об'єму тістової заготовки. Еластичність – властивість речовини зазнавати значних деформацій без руйнування структури. Від еластичності тіста в значній мірі залежить його газотримуювальна здатність, що впливатиме на розвиток об'єму тістових заготовок під час вистоювання та в перший період випікання.

В'язкість тіста виконує роль структурно-механічного бар'єру при утворенні і руйнуванні його піноподібної пористої структури, перешкоджає розпливанню подових тістових заготовок при вистоюванні і випіканні, тобто забезпечує його формостійкість. Пластичність – протилежна пружності властивість речовини сприймати та зберігати деформацію після усунення навантаження. Внаслідок пластичності заготовки із пшеничного тіста зберігають надану їм форму

Структурно-механічні властивості тіста формуються поєднанням його пружно-еластичних та в'язко-пластичних властивостей. Реологічні властивості тіста залежать від таких факторів, як температура, вологість, тривалість та інтенсивність механічного впливу на тісто, спосіб приготування та тривалість бродіння тіста, хлібопекарські властивості борошна та рецептура.

Хімічний склад насіння льону відмінний від пшеничного борошна, а саме характеризується високим вмістом олії, водорозчинних харчових волокон, білкових речовин, які здійснюватимуть суттєвий вплив на формування структурно-механічних властивостей тіста.

5.1.1 Вплив насіння льону на якість клейковини пшеничного борошна

Визначну роль у формуванні структурно-механічних властивостей тіста має клейковина. Клейковину у тісті утворюють не розчинні у воді білки пшеничного борошна гліадин та глютенін, які набухаючи утворюють губчасто-сітчасту структурну основу. Для встановлення впливу насіння льону на кількість сирої клейковини та її якість відмивали клейковину з тіста. Результати дослідження наведено в таблиці 5.1.

За результатами досліджень було встановлено, що внесення насіння льону як в цілому, так і подрібненому вигляді зумовлює зменшення кількості клейковини, порівняно з контролем, на 17 та 35 %, відповідно.

Оскільки під час випікання готових виробів з таким дозуванням насіння льону у замоченому стані спостерігалось покращання об'єму виробів, було цікаво як застосування операції замочування вплине на кількісні та якісні показники клейковини. Встановлено, що у разі застосування замочування насіння льону як в цілому, так і подрібненому вигляді спостерігається ще більше зменшення вмісту клейковини, порівняно з контролем, на 43 та 65 %.

Оскільки під час замочування насіння льону активно виділяються у рідку фазу слизеутворюючі полісахариди, які напевне і відіграють основну роль у формуванні кількості та якості клейковини у тісті з льоном. Тому дослідили безпосередньо їх на клейковину. Для цього ціле насіння льону замочували водою для екстрагування у воду слизів і потім використовували цю рідку фазу замість води під час замішування тіста. Однак, відмити клейковину у цьому випадку не вдалося. Під час відмивання утворювалася слизька не зв'язна між собою маса, яка під час відмивання майже вся перейшла у воду для відмивання.

Таким чином, можна стверджувати, що слизеутворюючі полісахариди здійснюють визначний вплив на формування клейковини.

У разі замочування насіння льону, як цілого, так і подрібненого спостерігається зменшення кількості клейковини, порівняно з відповідними зразками без замочування на 32 % та 45 %.

Напевно, під час замішування тіста слизеутворюючі полісахариди огортають білкові речовини, обмежуючи їх набухання та вклинюючись в клейковинний каркас перешкоджають утворенню суцільної структури клейковини. Слизі здійснюють вплив на розрив дисульфідних зв'язків в клейковинних білках.

Під час аналізу було також відзначено, що у разі використання подрібненого насіння льону вплив на кількість клейковини був більш визначний, ніж у разі використання цілого насіння льону.

Таблиця 5.1 – Показники якості клейковини

(n=2, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показники	Контроль	Внесено насіння льону, % до маси борошна				З слизями льону
		15 % ЦНЛ	20 % ПНЛ	15 % ЦНЛЗ	20 % ПНЛЗ	
Кількість сирової клейковини, %	28,5	23,7	18,3	16,0	10,0	Відмити клейковину не вдалося
Вологість, %	64,0	66,3	67,8	68,0	68,5	
Гідратаційна здатність, %	178	196	210	213	217	
Пружність за приладом ИДК, од. прил.	55	57	62	65	72	
Розтяжність, см	14 (середня)	12 (середня)	12 (середня)	11 (середня)	9 (коротка)	
Еластичність	Хороша	Хороша	Задовільна	Задовільна	Задовільна	
Колір	Світлий з жовтим відтінком	Сіруватий відтінок	Сіра з невеликою кількістю частинок льону	Сіра	Сіра з частинками подрібненого льону	
Характеристика структури	Хороша	Має ознаки рихлості	Рихла, з розривами	Рихла	Надто рихла з розривами	

Якщо у тісто вноситься ціле насіння льону, то визначний вплив на формування клейковини будуть здійснювати слизеутворюючі полісахариди. А у разі внесення подрібненого насіння льону у тісто потрапляють крім слизеутворюючих полісахаридів інші складові насінини: білкові речовини та жири. Напевно, у разі застосування подрібненого насіння льону певний вплив на білкові речовини борошна здійснює і олія льону, яка переходить у рідку фазу. Жири подрібненого насіння льону адсорбційно зв'язуючись з білками борошна блокують імовірні місця зчеплення колоїдних частинок і цим послаблюють взаємний зв'язок між ними, що зумовлює зниження кількості клейковини, що відмивається.

Крім цього переважаючим компонентом білкового комплексу льону є водорозчинні білки, відносний вміст яких становить приблизно половину інших груп білків. На другому місці по масовій частці знаходяться солерозчинні білки. Частка лугорозчинних білків невелика.

Білки льону, незважаючи на наявність у них певної частки проламінової і глютелінової фракцій, не здатні самотійно формувати клейковинний каркас. Внаслідок їх взаємодії зі складовими борошна можуть утворюватися фракції, які втрачаються під час відмивання клейковини.

Однією із причин зменшення кількості клейковини може бути також висока водопоглинальна здатність некрохмальних полісахаридів льону, які конкуруючи з білком за воду, створюють умови для зменшення набухання клейковинних білків. Крім того подрібнені оболонки ПНЛ включаючись у структуру тіста мають більшу водопоглинальну здатність, а також можуть механічно пошкоджувати клейковину.

Однак, при цьому відзначається підвищення гідратаційної здатності клейковини. Напевне, це зумовлено включенням в прошарки клейковини розчинів некрохмальних полісахаридів у вигляді в'язких гелів.

За зовнішнім виглядом, у разі додавання насіння льону, клейковина набувала рихлої не зв'язаної структури. Порушення цілісної структури клейковини зумовлює зменшення розтяжності клейковини та зниження її

пружності. Особливо погіршення структури клейковини спостерігалось у випадку додавання сухого та замоченого подрібненого насіння льону. Ймовірною причиною цього також є значний вміст в олії ненасичених жирних кислот, які завдяки своїм карбоксильним групам можуть вступати у взаємодію з аміногрупами клейковинного білка і зумовлювати конформаційні зміни білкових молекул. Крім того ненасичені жирні кислоти льону можуть окислювати сульфгідрильні групи білків з утворенням дисульфідних зв'язків, що призводить до ущільнення білкової молекули.

Під час замішування тіста та його бродіння в тістовій системі відбуваються численні колоїдні, біохімічні та мікробіологічні зміни. Тісто – це полікомпонентна система, в якій одночасно діють ферменти борошна та дріжджів, змінюються властивості білкових речовин та ін. У разі внесення насіння льону в тістову систему воно також впливатиме на перебіг цих процесів і зокрема зміни стану клейковини. Тому наступним етапом наших досліджень було встановити вплив внесення цілого та подрібненого насіння льону у сухому та замоченому стані на кількість та якість клейковини дріжджового тіста в процесі його бродіння.

Для цього готували такі ж зразки тіста, як в попередньому визначені, але додавали пресовані дріжджі. Відмивання клейковини проводили після замішування та через 2 год бродіння. Результати досліджень наведено в таблицях 5.2 та 5.3.

Результати досліджень свідчать, що показники якості клейковини відмитої після замішування дріжджового тіста були подібними до отриманих в попередньому досліді. Однак після 2 год бродіння відзначалися суттєві зміни.

У всіх зразках тіста після 2 год бродіння спостерігалось зменшення вмісту клейковини по відношенню до початкового значення. Це відбувалось внаслідок закономірних процесів дезагрегації білкових речовин.

Аналіз вмісту клейковини дослідних зразків через 2 год бродіння порівняно з контролем показав зменшення кількості клейковини у зразках:

- з цілим сухим та замоченим насінням льону на 29 та 55 % відповідно;

- у зразках з сухим та замоченим подрібненим насінням льону на 74 та 90 %, відповідно.

Загальне зменшення клейковини у зразках з льоном могло відбуватися через процеси утворення під час бродіння тіста білково-полісахаридних комплексів, які відмивалися від час відмивання клейковини. А таке значне зменшення кількості клейковини у зразках з подрібненим насінням льону могло бути зумовлене також активністю протеолітичних ферментів, які присутні в насінні льону, і потрапляли у рідку фазу тіста, коли льон вносили у подрібненому вигляді.

Якісні показники клейковини змінювалися відповідно тим закономірностям, що вже встановили: зменшувалася розтяжність клейковини та її пружність.

5.1.2 Вплив насіння льону цілого та подрібненого на пружно-еластичні властивості тіста

Проведенні дослідження пробних випікань (розділ 3) показали, що застосування операції замочування цілого та подрібненого насіння льону сприяє покращанню якості готових виробів, зокрема їх об'єму. Однак, аналіз показників якості клейковини, відмитої з таких зразків тіста свідчить про значне зменшення її кількості та погіршення якості. Тому виникла необхідність дослідити структурно-механічні властивості безпосередньо зразків тіста з внесенням цілого та подрібненого насіння льону, зокрема їх пружно-еластичні властивості.

Пружно-еластичні властивості тіста визначали за допомогою фаринографа фірми Брабендер.

Фаринограми зразків контрольного та дослідних зразків тіста наведено на рис. 5.1. Результати розшифрування фаринограм наведено в таблиці 5.4.

Аналіз даних показує, що додавання цілого та подрібненого насіння льону зумовлює подовження тривалості утворення тіста. Це пояснюється тим, що ціле насіння або часточки подрібненого насіння потребують більше часу для їх набухання та включення в тістову систему.

Таблиця 5.2 – Показники якості клейковини дріжджового тіста після замішування

(n=3, p≤0,95)

Показники	Зразки				
	Контроль	Льон цілий	Льон подрібнений	Льон цілий замочений	Льон подрібнений замочений
Маса сирієї клейковини, %	28,46	23,8	18,4	16,5	11,0
Вологість, %	61,3	66,2	67,0	67,5	68,2
Пружність за приладом ИДК, од. прил.	57	60	64	67	74
Розтяжність, см	13	11	11	10	9
Еластичність	Хороша	Хороша	Хороша	Задовільна	Задовільна
Колір	Світлий з жовтим відтінком	Сіруватий відтінок	Сірий з невеликою кількістю крапель льону	Сірий	Сірий з краплями подрібненого льону
Структура	Хороша	Хороша	Рихла, з розривами	Рихла	Надто рихла

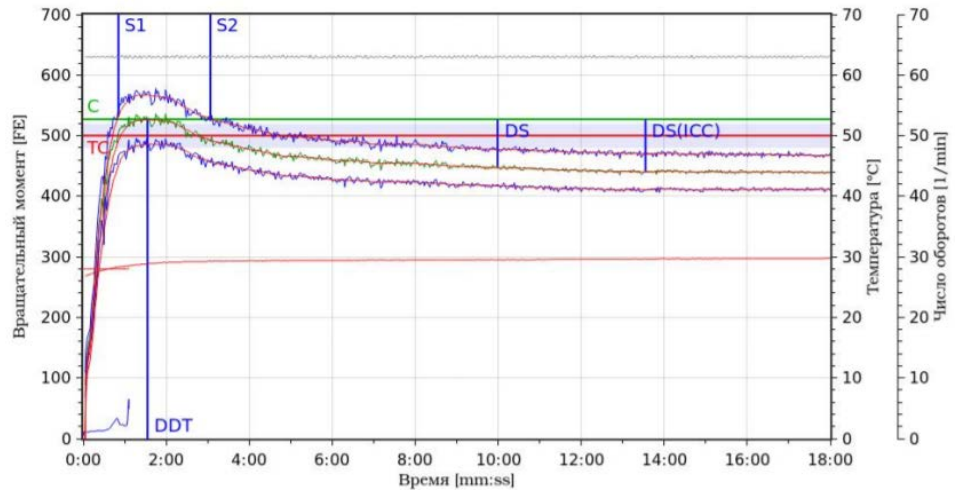
Таблиця 5.3 – Показники якості клейковини дріжджового тіста через 2 год бродіння (n=3, p≤0,95)

Показники	Зразки				
	Контроль	Льон цілий	Льон подрібнений	Льон цілий замочений	Льон подрібнений замочений
Маса сирієї клейковини, %	24,3	17,3	6,3	13,5	2,26
Вологість, %	68,0	66,8	67,8	67,8	68,1
Пружність за приладом ИДК, од. прил.	63	61	69	70	88
Розтяжність, см	14	10	10	9	7
Еластичність	Хороша	Середня	Задовільна	Задовільна	Задовільна
Колір	Світлий з жовтим відтінком	Сіруватий відтінок	Сіра з великою кількістю частинок льону	Сірий	Сірий з частинками подрібненого льону
Структура	Хороша	Має ознаки рихлості	Рихла, з розривами	Рихла	Надто рихла з розривами

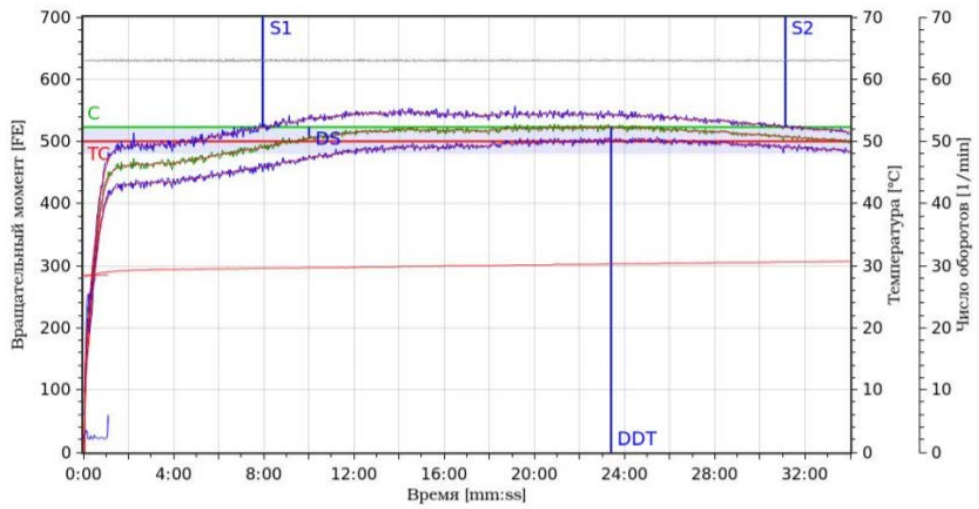
Таблиця 5.4 – Структурно-механічні властивості тіста за фаринографом
(n=3, p≥0,95)

Показники	Контроль	Внесено цілого насіння льону, 15 % до маси борошна	Внесено подрібненого насіння льону, 20 % до маси борошна
Консистенція, од. приладу	527	523	523
Тривалість утворення, хв	1,33	23,24	6,36
Еластичність, од. приладу	90	50	70
Стабільність, хв	2,13	23,10	10,10
Розрідження через 12 хв замішування, од. приладу	87	-	40

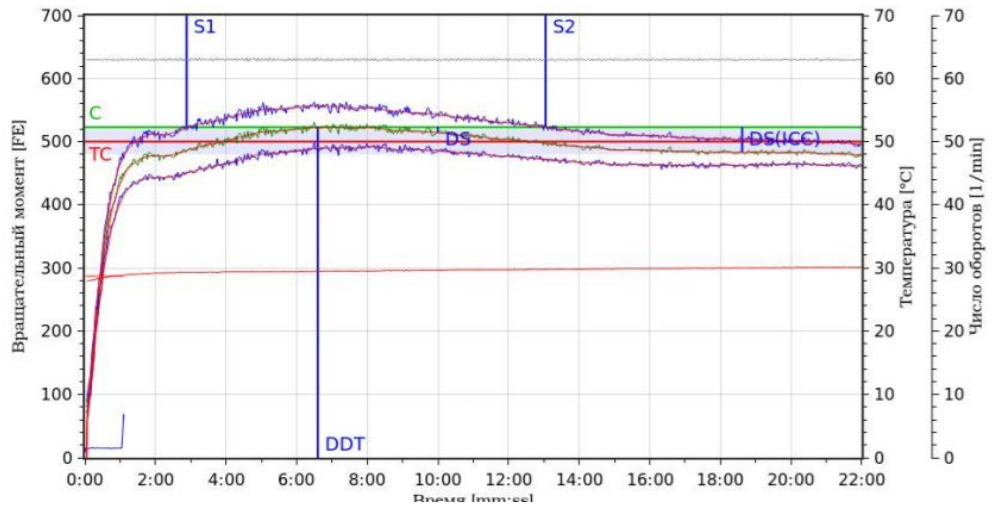
Особливо виразно це спостерігається при додаванні цілого насіння. Так, в контрольному зразку тривалість утворення тіста становила 1хв 33 с, тоді як в дослідному зразку з додаванням 15 % насіння льону (сухого) 23 хв 24 с. При цьому характер кривих фаринограм контрольного і дослідного зразків також суттєво відрізняються. Напевне, визначну роль у цьому мали водорозчинні полісахариди оболонки насіння льону: під час взаємодії оболонки насіння льону з водою спочатку екстрагується кисла фракція полісахаридного комплексу, що має меншу молекулярну масу. Перехід кислої фракції полісахаридів льону у водний розчин триває до 10 хв, після чого в гідратований стан починають переходити більш високомолекулярні полісахариди. Останніми гідратуються найбільш високомолекулярні полісахариди, що локалізуються у внутрішніх шарах оболонки насіння і в ендоспермі. Цю закономірність переходу полісахаридів льону було відзначено і під час замішування дослідного зразка тіста з цілим насінням льону: протягом 8 хв замішування участь в утворенні тіста приймали полісахариди кислої фракції, розчини яких суттєво не перешкоджали набухання білкових речовин борошна, однак уповільнювали цей процес. У подальшому у рідку фазу тіста переходять полісахариди нейтральної фракції, що утворюють розчини високої в'язкості і тістова система загущується, що значно знижує та уповільнює набухання білків борошна.



Контроль



15 % до маси борошна цілого насіння льону (сухого)



20 % до маси борошна подрібненого насіння льону (сухого)

Рис. 5.1 - Фаринограми зразків тіста

Це і зумовлює значне подовження тривалості замішування тіста. У зв'язку з цим у виробництві хліба з додаванням цілого насіння льону необхідно передбачити подовжену тривалість замішування тіста для повного утворення структури тіста. Це підтверджує отримані нами дані в підрозділі 4.2 щодо встановлення режимів замішування.

У зразку з подрібненим насінням льону, не зважаючи на різне дозування, тривалість замішування менша, ніж у зразку з цілим насінням, 6,36 хв проти 23,24 хв. Ймовірно тут свою роль відіграють жири, які потрапляють у тісто з подрібнених частинок льону, і які також огортаючи ці подрібнені частинки зменшують контакт водорозчинних полісахаридів насіння льону з рідкою фазою.

Отримані дані також свідчать, що у обох зразках тіста з насінням льону погіршується еластичність, порівняно з контролем. Напевне, це зумовлено погіршення розвитку клейковини тіста під дією слизеутворюючих полісахаридів жиру, що вивільняється з ПНЛ. Поряд з цим спостерігається подовження тривалості стійкості тістової системи та зменшення її розрідження. Напевно, це зумовлено в'язкими розчинами водорозчинних слизеутворюючих полісахаридів, які включаються в структуру тіста та здатні за своїми властивостями структурувати систему.

В попередніх дослідженнях була показана технологічна ефективність застосування операції замочування. Фаринограми зразків тіста з цілим та подрібненим льоном, внесених у сухому та замоченому стані представлений на рис. 5.2. Результати розшифрування фаринограм (рис. 5.2) наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Структурно-механічні властивості тіста за фаринографом

(n=3, p≥0,95)

Показники	Внесено насіння льону, % до маси борошна			
	15% льону цілого		20% льону подрібненого	
	сухого	замоченого	сухого	замоченого
Консистенція, од. прил.	500	500	500	500
Тривалість утворення, хв	20	6	7,5	3,5
Стабільність, хв	15	15	8,0	7,0
Розрідження протягом замісу, 15 хв од. прил.	25	30	40	50

Припущення, що додавання цілого та подрібненого насіння льону зумовлює подовження тривалості утворення тіста внаслідок того, що ціле насіння або часточки подрібненого насіння потребують більше часу для їх набухання та включення в тістову систему, підтверджують результати аналізу таблиці 4.6. Встановлено, що у разі замочування цілого і подрібненого насіння льону тривалість утворення тіста становить 6,0 та 3,5 хв проти 20,0 та 7,5 хв для зразків з цілим та подрібненим насінням льону, внесених у сухому вигляді. Тобто в результаті попереднього замочування, утворені розчини полісахаридів відразу взаємодіють зі складовими борошна.

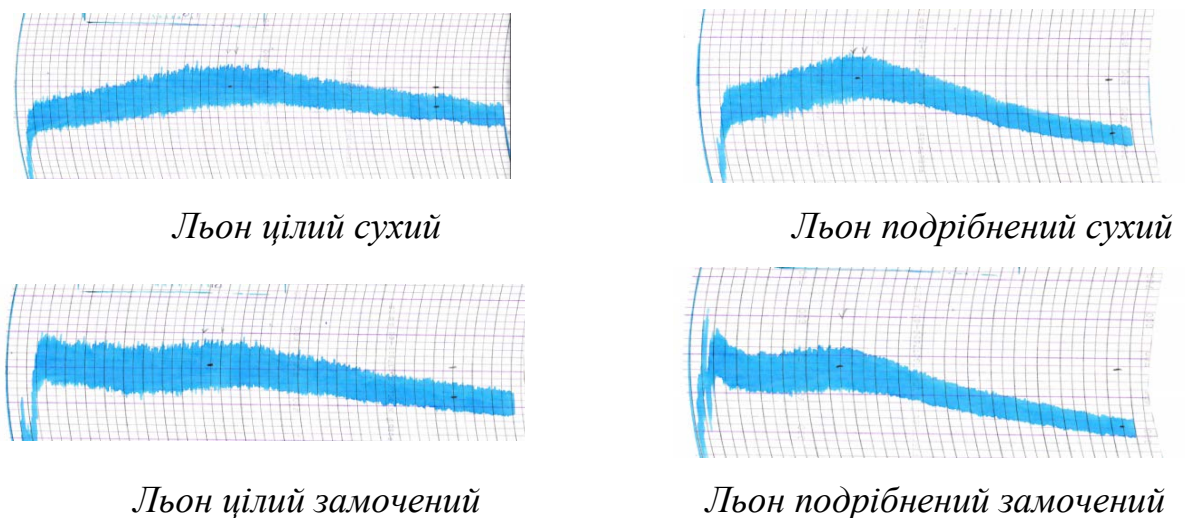


Рис. 5.2 - Фаринограми зразків тіста

Ймовірно потрапляючи у тістову систему уже у вигляді в'язких розчинів полісахариди проявляють свої структуроутворювальні властивості, внаслідок переходу під час змішування у піноподібний стан із в'язкого гелю. Поряд з цим потрібно відзначити, що на стійкість тіста внесення ПНЛ або ЦНЛ у замочену стані не впливає, але дещо збільшується розрідження.

Зменшення еластичності тіста підтверджено даними, одержаними за допомогою альвеографа Шопена (рис. 5.3, табл. 5.6).

Обробка альвеограм показала, що зразки тіста з льоном мають меншу розтяжність порівняно з контролем. При цьому відношення P/L збільшується при використанні і цілого і подрібненого насіння льону, але більше у зразках із замоченим. Такі значні величини показника P/L свідчать про незбалансованість

показників пружності та розтяжності у бік зростання пружності і характерні для випадків з низькою якістю клейковини Це, очевидно, пов'язано з впливом складових льону на біополімери тіста і, в першу чергу, на білки.

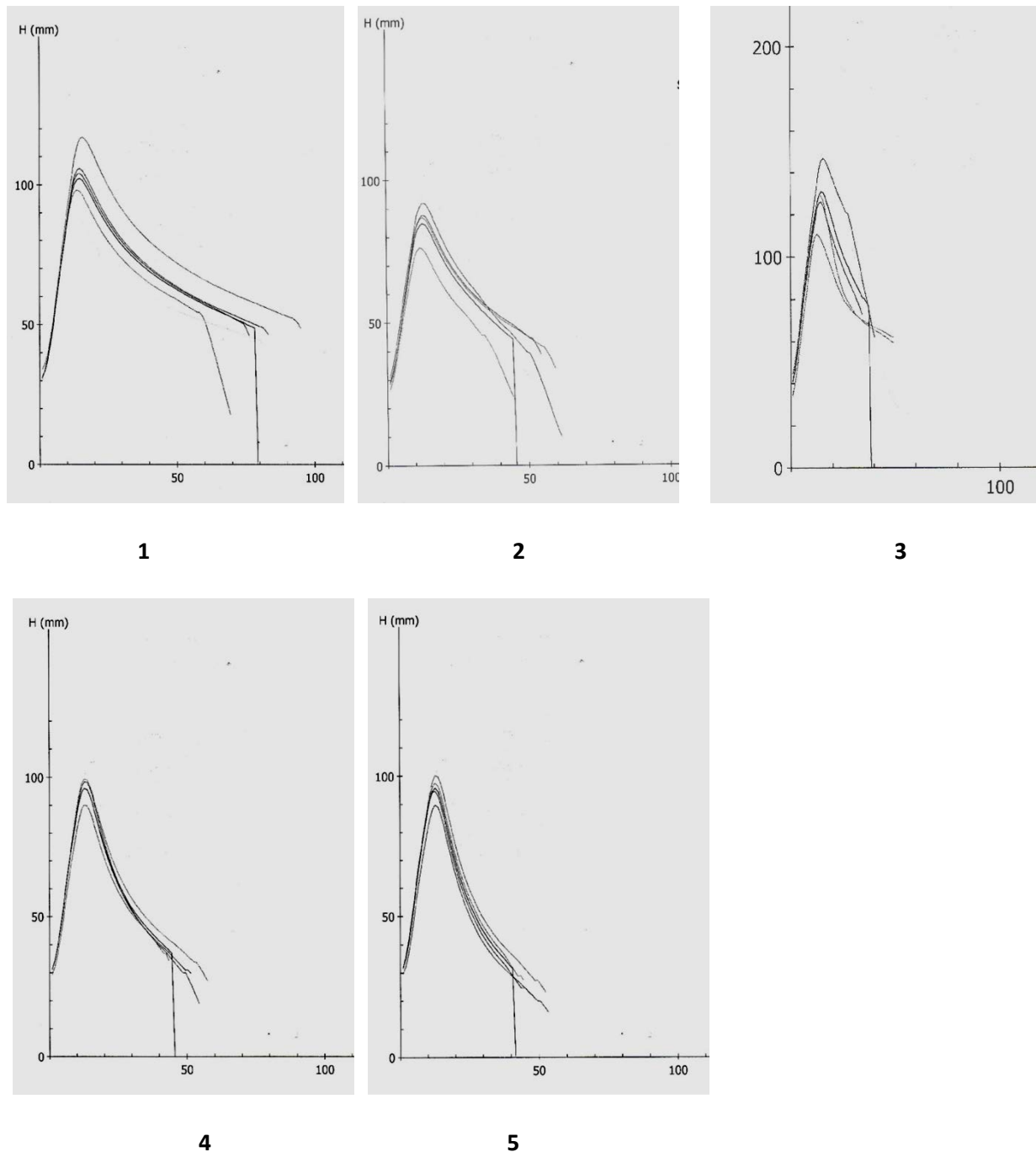


Рис 5.3 - Альвеограми тіста: 1- тісто з борошна в/с; 2 – тісто з додаванням 15 % до маси борошна ЦНЛ сухого; 3 – тісто з додаванням 15 % до маси борошна ЦНЛЗ замоченого; 4 – тісто з додаванням 20 % до маси борошна ПНЛ сухого; 5 – тісто з додаванням 20 % до маси борошна ПНЛ замоченого.

Таблиця 5.6 – Пружно-еластичні властивості тіста за альвеографом

n=3, p≥0,95

Показники	Контроль	Внесено, % до маси борошна			
		15		20	
		сухого	замоченого	сухого	замоченого
Пружність, P, мм	113	93	144	106	105
Розтяжність, L, мм	77	44	37	44	40
P/L	1,47	2,11	3,89	2,41	2,63
Площа альвеограми, S, см ²	19,5	14,8	13,5	14,8	14,1
Питома робота деформації, W, 10 о.а.	346	174	233	176	154

Крім цього для зразків з льоном і в сухому і в замоченому стані зменшуються показники питомої роботи деформації та площі альвеограми. Це, напевне, зумовлено з одного боку утворенням рихлої не зв'язаної клейковини, яка не здатна надати тісту достатньої розтяжності, а з іншого підвищенням в'язкості тістової системи внаслідок утворення в прошарках тіста в'язких розчинів полісахаридів. Внаслідок цього під час проведення визначення кулька тіста не може достатньо розтягнутися. Найбільша пружність у зразку з цілим замоченим насінням льону, можливо, пов'язана з тим, що водорозчинні полісахариди насіння льону утворюють з глідиноювою фракцією клейковини комплекси, внаслідок чого у тіста зростає глютенінова фракція, яка й надає тісту більшої пружності.

Пружно-еластичні властивості тіста здійснюють прямий вплив на показник газоутримувальної здатності тіста.

Газоутримувальна здатність тіста залежить від двох факторів, а саме від структурно-механічних властивостей тіста і інтенсивності його бродіння, тобто кількості CO₂, що при цьому виділяється. Ці фактори формують розвиток об'єму тіста. Під час проведення досліджень газоутримувальну здатність тіста характеризували величиною питомого об'єму тіста через 4 години його бродіння.

Підготовлені зразки тіста масою 100 г поміщали в циліндр об'ємом 500 см³, ущільнювали його і ферментували за температури 30 °С. Питомий об'єм тіста визначали кожну годину ферментації. Результати досліджень наведено на рис. 5.4.

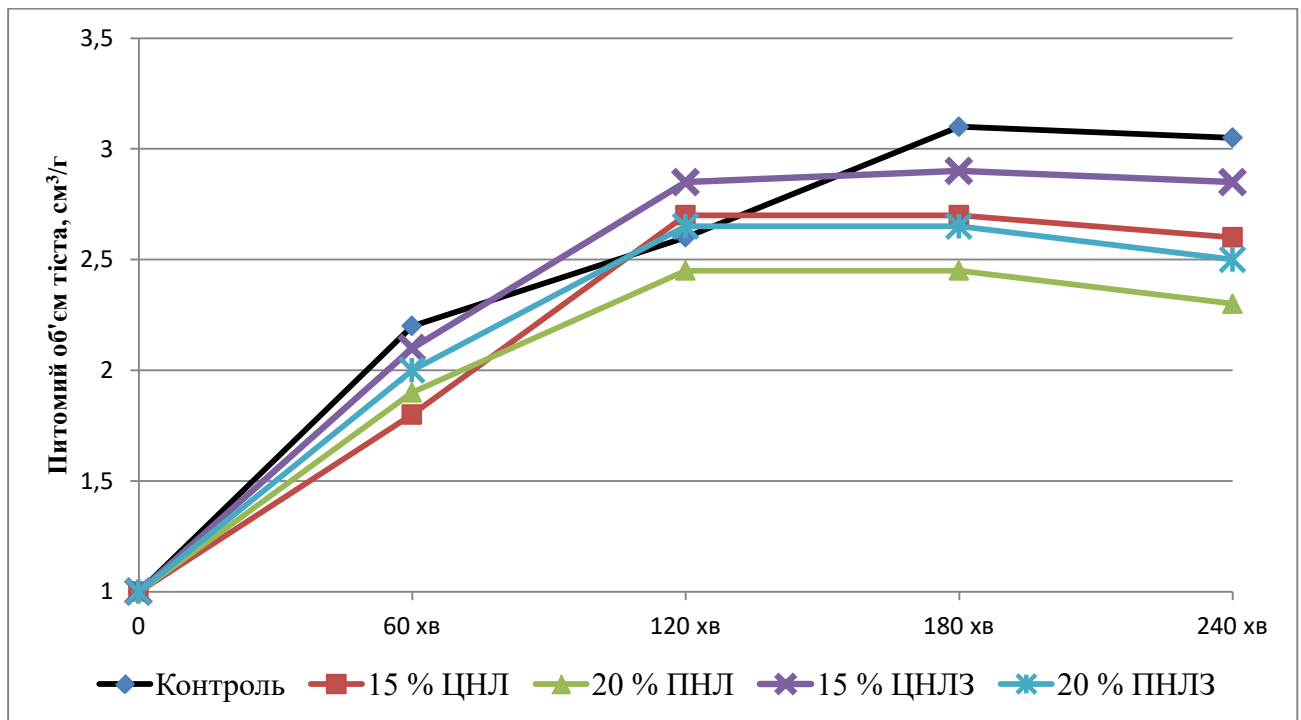


Рис. 5.4 - Зміна питомого об'єму тіста з внесенням цілого та подрібненого насіння льону.

Встановлено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону призводить до зниження об'єму всіх зразків тіста. Зниження питомого об'єму тіста у зразках з цілим та подрібненим насінням льону зумовлено недостатнім розгалуженням клейковинного каркасу, внаслідок зменшення кількості клейковини та порушення її цілісності, що і призводить до нездатності утримувати діоксид вуглецю. Однак, у зразках із замочуванням цілого та подрібненого насіння льону питомий об'єм збільшується відносно відповідних зразків без замочування на 7,5 та 8 % відповідно. Це свідчить, що в даних зразках тіста покращується газоутримувальна здатність, чим і пояснюється покращання об'єму готових виробів цих зразків. Покращання газоутримувальної здатності зумовлено стабілізацією системи слизеутворюючими полісахаридами, які знаходяться в прошарках тістової системи, але не просто у вигляді в'язких гелів, а набувають піноподібного стану,

та утворюють комплекси з клейковинними білками, утворюючи у тістовій системі просторові зв'язки. Зважаючи на отримані дані можна рекомендувати для зразків тіста з додаванням цілого та подрібненого насіння льону їх попереднє замочування під час замішування тіста, а тривалість тістоприготування тіста до 120 хв, щоб вистоювання тістових заготовок припадало на етап максимальної газотримуючої здатності тістових заготовок.

5.1.3 Вплив насіння льону цілого та подрібненого на в'язко-пластичні властивості тіста

Тісто – це структурована система, в'язкість якої змінюється в процесі перебігу колоїдних, біохімічних, мікробіологічних процесів під час бродіння тіста на вистоювання тістових заготовок.

В'язкість тіста можна характеризувати його здатністю розпливатися, яке зумовлене зміщенням шарів тіста внаслідок внутрішнього тертя системи під дією деформації, що накопичується в тісті під час бродіння.

Досліджували вплив насіння льону на в'язкість тіста шляхом контролю розпливання кульки тіста протягом трьох годин бродіння за температури 30 °С.

Результати досліджень наведено в таблиці 5.7 та рис. 5.5.

Таблиця 5.7 – Розпливання кульки тіста, мм

n=3, p≥0,95

Тривалість, год	Контроль	Внесено, % до маси борошна			
		15 ЦНЛ	20 ПНЛ	15 ЦНЛЗ	20 ПНЛЗ
0	40	40	40	40	40
1	72	62	65	62	62
2	80	81	68	75	68
3	82	83	71	75	68

За результати досліджень встановлено, що внесення цілого сухого насіння льону практично не впливає на розпливання кульки тіста, порівняно з контрольним зразком, в той час коли у разі додання 20 % сухого подрібненого насіння льону розпливання кульки тіста зменшується на 15 %. Напевно, це

пов'язано з високою водозв'язуючою здатністю білків та розчинних і нерозчинних полісахаридів подрібненого насіння.

Внесення цілого та подрібненого насіння льону в замоченому стані зумовлює менше розпливання тіста на 10% та 4 %, порівняно з відповідними зразками внесеними у сухому вигляді. В цьому випадку визначний вплив має полісахадний комплекс слизу. Слизі, що екстрагуються з насіння жовтого кольору характеризуються переважанням у своєму складі нейтральної фракції полісахаридів. Головною складовою нейтральної фракції є пентозан-арабіноксилан, вміст якого обумовлюється вмістом ксилози і арабінози. Наявність ксилози має визначну роль у формуванні в'язкості системи, з її збільшенням підвищується в'язкість розчину. Тому у разі внесення замочених лляних продуктів в рідкій фазі тістових систем буде підвищуватися в'язкість.

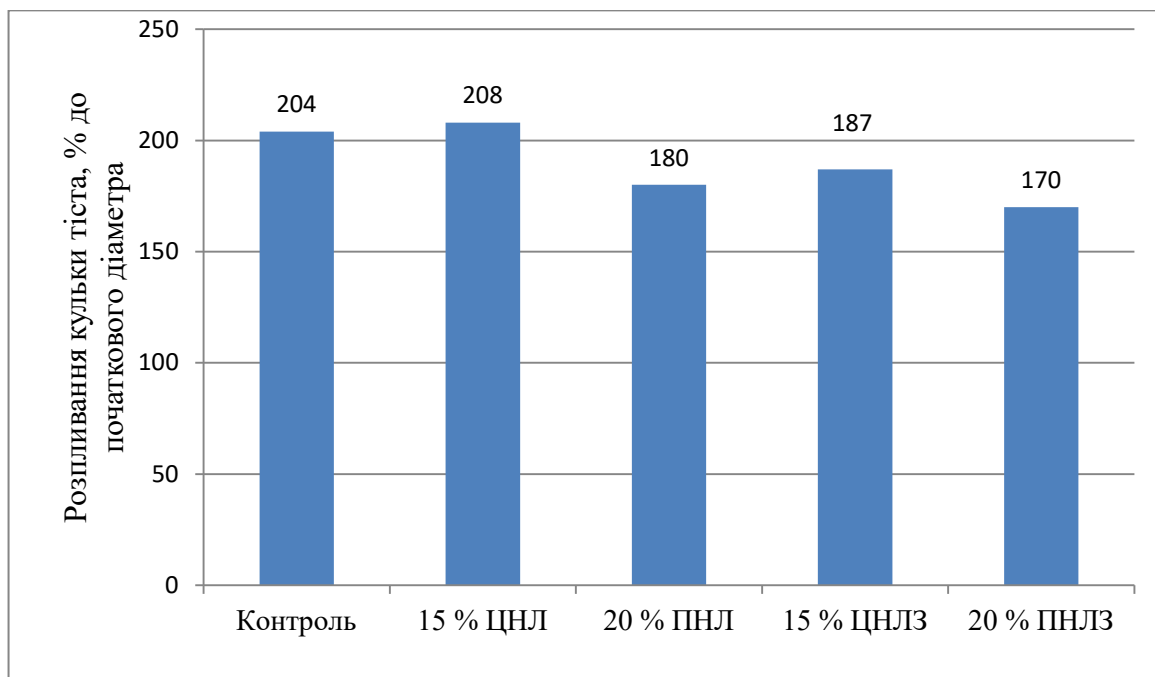


Рис. 5.5 - Розпливання кульки тіста, % до початкового діаметра

Зменшення розпливання тістових заготовок у зразках з замоченими продуктами свідчить про збільшення в'язкості тіста, що зумовлює підвищення формоутримувальної здатності тістових заготовок і має сприяти покращанню формостійкості (H/D) подових виробів.

Дослідження в'язко-пластичних властивостей тіста також здійснили за показником умовно граничної напруги зсуву. Ці дослідження були проведені на пенетрометрі АП-4/1. Результати пенетраційних досліджень є об'єктивними характеристиками щодо характеристики опору матеріалу зсуву. Основним значенням, отриманим при пенетрації, є гранична напруга зсуву, значення якого розраховується за формулою Ребіндера, виходячи з глибини занурення конусу.

Результати досліджень наведені на рис. 5.6.

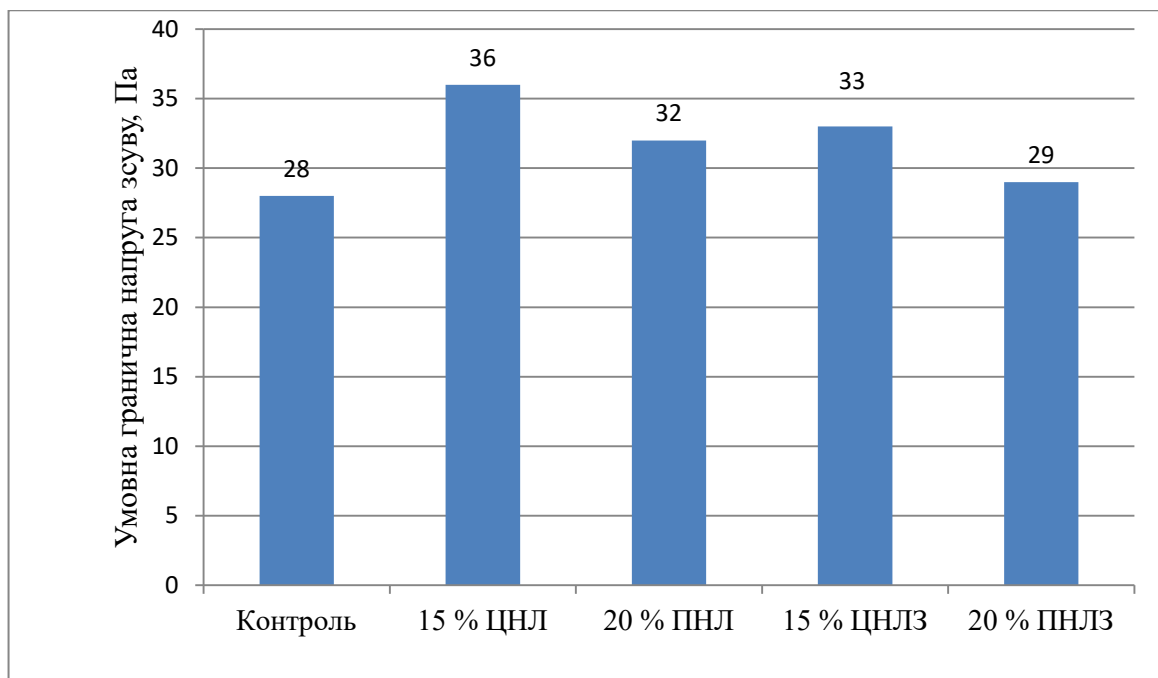


Рис. 5.6 - Умовна гранична напруга зсуву тіста

За даними рис. 5.6 умовна гранична напруга зсуву тіста з лляними продуктами підвищується на 17...28 % для зразків з цілим насінням та 3,5...14 % - для зразків з подрібненим насінням. Тому можна стверджувати, що додавання лляних продуктів підвищує в'язкість тістової системи. Найбільш виражено це у зразку з сухим цілим насінням льону. Однак, це пов'язано не лише з підвищенням в'язкості тіста, але й включенням в тістову систему цілого насіння, що зумовлює застосування більшого зусилля для зсуву тістових шарів. У випадку додавання подрібненого насіння подібний, але менш виражений ефект загущення зумовлений наявністю подрібнених часточок оболонок льону. Застосування замочування лляних продуктів зумовлює активне включення в тістову систему слизеутворюючого полісахаридного комплексу, який одночасно підвищує

в'язкість тістової системи і огортає насіння та частинки подрібненого льону, чим зумовлює застосування меншого зусилля для зміщення тістових шарів під час занурення конусу.

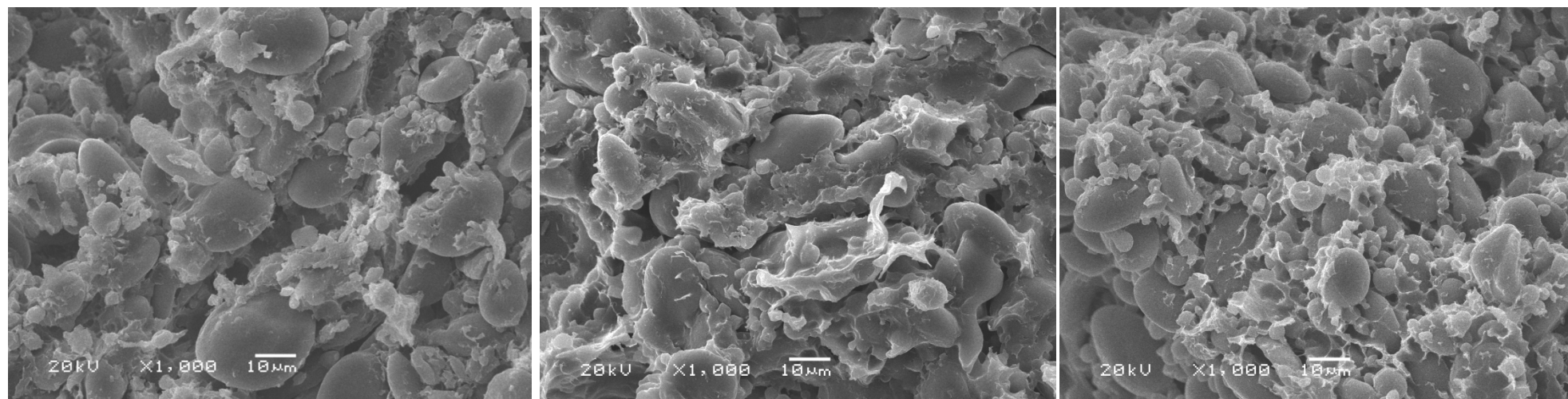
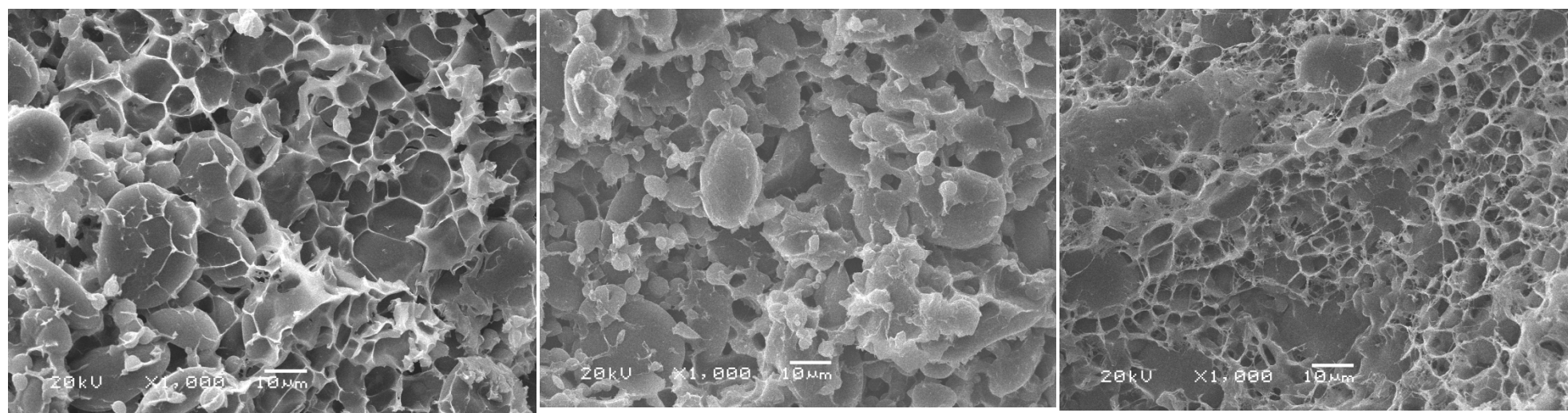
5.1.4. Мікроструктура тіста з насінням льону

Результати пробних лабораторних випікань та характеристики стану клейковини і структурно-механічних властивостей тіста свідчать про суттєвий вплив лляних продуктів на процеси утворення тіста. При цьому вплив лляних продуктів різниться від того в якому саме стані було додано продукт. Для виявлення суттєвих відмінностей лляних продуктів на властивості тіста було досліджено його мікроструктуру допомогою скануючого мікроскопу JEOL JSMM-200.

Для дослідження замішували наступні зразки тіста: контроль – без внесення льону, зразки з 15 % до маси борошна цілого льону у сухому та замоченому стані, зразки з 20 % до маси борошна подрібненого насіння льону та зразок, при замішуванні якого замінено воду на розчин слизів.

Фотографії мікроструктури тіста у збільшенні 1000 наведено на рис. 5.7.

Аналіз мікроструктури показав, що залежно від стану внесення насіння льону спостерігається відмінний вплив на складові борошна. У випадку з цілим сухим насінням льону у структурі тіста спостерігаються згустки в'язких гелів, які не рівномірно розподілені по масі. Тобто у разі внесення цілого сухого насіння льону при його контакті з водою з поверхні насінин виділяються водорозчинні полісахариди, які у вигляді в'язкого геля знаходяться у структурі тіста і тим самим загущують тістову систему. Не рівномірність його розміщення зумовлена, ймовірно тим, що в'язкий розчин виділяючись з поверхні насінини, розміщується у ділянках тіста, що навколо насінини.

**Контроль****15 % ЦНЛ****15 % ЦНЛЗ****20 % ПНЛ****20 % ПНЛЗ****Слизі****Рис. 5.7 - Мікроструктура тіста у збільшенні 1000**

У випадку внесення подрібненого насіння льону розчинами водорозчинних полісахаридів у вигляді тонких плівок покриті всі складові тіста – білкові речовини, крохмаль. Це і є напевно причиною погіршення якості клейковини, що відмивається з такого тіста.

У разі застосування операції замочування насіння льону цілого та подрібненого, відбуваються суттєві зміни зі складовими тіста і цей вплив дещо подібний, як у випадку цілого, так і подрібненого насіння. Під час операції замочування водорозчинні полісахариди екстрагуються, а при замішуванні тіста відразу приймають участь в утворенні тіста, внаслідок цього вони відразу взаємодіють з клейковинними білками, утворюючи комплекси. Це чітко можна спостерігати на фото, адже білкові речовини набули стану дрібних фракцій в тістовому просторі. У зразку з ПНЛЗ полісахаридні розчини також тісто взаємодіють з крохмалем, адже всіх крохмальні зерна покриті в'язким розчином. Як і зразку з ЦНЛЗ, так і в зразку з ПНЛЗ здається, що білково-полісахаридні комплекси утворюють розпушену просторову структуру. Напевне, тут проявляються структуроутворювальні властивості розчинів, а не тільки здатність загущувати у вигляді в'язких гелів. Відомо, що під час збивання розчини полісахаридів насіння льону мають здатність набувати піноподібного стану. Напевне, ця властивість в певній мірі проявляється під час замішування тіста. Підтвердженням цього є мікроструктура тіста, замішаного на розчині полісахаридів. Для цього зразка ми спостерігаємо відсутність чітко окреслених білкових речовин. В структурі тіста знаходиться розгалужена сітка в якій утримуються зерна крохмалю. Ця сітка, напевне, є білково-полісахаридним комплексом, який проявив свої структуроутворювальні властивості у вигляді піноподібної розгалуженої системи.

5.2 Біохімічні і мікробіологічні процеси у тісті з насінням льону

5.2.1. Вплив насіння льону на фракційний склад білків тіста

Під час вивчення мікроструктури тіста було припущено, що водорозчинні полісахариди насіння льону, у разі попереднього замочування насіння, при замішуванні тіста утворюють білково-полісахаридні комплекси, змінюючи білковий склад тіста. У зв'язку з цим було вивчено вплив цілого та подрібненого насіння льону на фракційний склад білкових речовин тіста. Результати досліджень наведені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Фракційний склад білкових речовин тіста, мг/100 г СР

n=3, p≥0,95

Фракція	Контроль	ЦНЛ		ПНЛ	
		15 % до маси борошна		20% до маси борошна	
		сухий	замочений	сухий	замочений
Загальний азот	2,417	2,39	2,37	2,76	2,65
Азот клейковини:					
після замішування	1,840	1,508	1,206	1,710	1,490
через 180 хв ферментації	1,729	1,342	0,784	1,330	0,650
Водорозчинний азот					
після замішування	0,237	0,290	0,370	0,463	0,490
через 180 хв ферментації	0,273	0,360	0,440	0,640	0,790
Проміжна фракція					
після замішування	0,340	0,520	0,794	0,587	0,670
через 180 хв ферментації	0,415	0,688	1,146	0,790	1,180

Встановлено, що внесення цілого насіння льону знижує у тісті азот клейковини та підвищує кількість проміжного білка.

Додавання ПНЛ зумовлює збільшення загального вмісту білка, оскільки насіння містить у 2 рази більше білка, ніж в борошні.

Додавання як цілого, так і подрібненого насіння льону у замоченому стані підвищує на 60 та 49 % вміст проміжної фракції, порівняно зі зразками без

замочування. Проміжна фракція білка – це дуже гідратована клейковина. Білок в цьому стані рухливий, рівномірно розподіляється по всій масі тіста і надає йому певних пружно-еластичних властивостей. Збільшення цієї фракції білка підтверджує наше припущення щодо формування білково-полісахаридних комплексів.

5.2.2 Вплив насіння льону на накопичення кислотності тіста та склад органічних кислот в тісті

Під час бродіння в тісті накопичуються продукти життєдіяльності дріжджів та молочнокислих бактерій, продукти гідролізу біополімерів, що мають кислу реакцію. Внаслідок цього кінцева титрована кислотність тістових напівфабрикатів збільшується. За головний показник дозрівання тіста прийнята титрована кислотність тіста

Тісто готували безопарним способом. Контролем було тісто без додання насіння льону. Титровану кислотність тіста визначали на початку та в кінці його дозрівання (на 3 год).

Встановлено (табл. 5.9), що при додаванні лляних продуктів початкова кислотність тіста порівняно з контролем підвищується лише у зразках з ПНЛ на 0,2...0,4 град початкова та на 1,0...1,4 град – кінцева. Напевне, з ПНЛ у тістову систему потрапляють жири, багаті поліненасиченими жирними кислотами, що і зумовлює підвищення кислотності, а також перехід з ПНЛ водорозчинних білкових речовин, що є додатковим джерелом живлення для бродильної мікрофлори.

Таблиця 5.9 – Титрована кислотність тіста

n=3, p≥0,95

Показник	Контроль	15 % до маси борошна		20 % до маси борошна	
		Льон цілий сухий	Льон цілий замочений	Льон подрібнений сухий	Льон подрібнений замочений
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Початкова кислотність, град	1,4	1,4	1,4	1,6	1,8

Продовження табл.. 5.9.

Кінцева кислотність, град	1,8	2,0	2,0	2,8	3,2
Приріст кислотності, град	0,4	0,6	0,6	1,2	1,4

За час бродіння у зразках з цілим насінням льону кислотність зростає практично як і в контрольному зразку, а у зразках з подрібненим насінням льону приріст кислотності становить 1,2...1,4 град, порівняно з 0,4 град у контролі.

Поряд з цим цікаво дослідити чи змінюється склад органічних кислот в тісті, які є продуктами молочнокислого бродіння в тісті.

Тісто готували безопарним способом масовою часткою вологи 43,0 %, виброджувало – 3 години, за температури 30 °С.

Проводили дослідження вмісту нелетких органічних кислот у тісті а методикою М.І. Княгінічева та Г.Л. Дерновської-Зеленцової.

Результати досліджень наведено в табл.. 5.10.

Таблиця 5.10 – Вміст нелетких органічних кислот в тісті, мг/100 г

n=3, p≥0,95

Показник	Контроль	15 % до маси борошна		20 % до маси борошна		Слизі
		Льон цілий сухий	Льон цілий замочений	Льон подрібнений сухий	Льон подрібнений замочений	
молочна	138,7	132,3	125,6	158,6	161,8	93,1
сума яблучної та бурштинової	23,6	33,5	38,4	39,2	42,1	62,3
сума винної та лимонної	10,3	12,8	13,1	13,6	14,3	13,5
Всього кислот	172,6	178,6	177,1	211,4	218,2	168,9

Визначення вмісту органічних кислот в кінці бродіння тіста показало, що їх вміст підвищується порівняно з контролем на 22...26 % у зразках з подрібненим насінням льону та незначно перевищує контроль у зразках з цілим насінням льону. Це корелює з результатами накопичення кислотності в напівфабрикатах. При цьому у зразках з ПНЛ зростає вміст всіх нелетких органічних кислот. А у зразках з цілим насінням льону спостерігається зміна складу органічних кислот у

бiк збiльшення нелетких органiчних кислот за сумою яблучної i бурштинової та сумою винної та лимонної. Напевно, причиною цього є змiна рiдкої фази тiста, внаслiдок переходу в неї розчинiв полiсахаридiв льону та особливостями життєдiяльностi мiкрофлори тiста за таких умов живлення. Пiдтвердженням цього є змiна складу органiчних кислот у зразку тiста зi слизями, в якому на 32 % знижується вiмiст молочної кислоти, порiвняно з контролем та на 63 % зростає вiмiст суми яблучної та бурштинової кислот. Такий перерозподiл складу органiчних кислот сприятиме появі у готових виробах фруктового аромату.

5.2.3 Дослiдження впливу насiння льону на процеси газоутворення у тiстi та накопичення спирту пiд час бродiння

Одним iз основних процесiв, що забезпечують дозрiвання тiста, є процеси бродiння. В пшеничному тiстi превалюючим видом бродiння є спиртове, iнтенсивнiсть якого залежить вiд активностi мiкрофлори тiста i забезпеченостi її продуктами ферментативного гiдролiзу бiополiмерiв борошна та iнших складових рецептури. Процеси бродiння супроводжуються утворенням дiоксиду вуглецю, спирту, летких органiчних кислот, що забезпечують розпушення тiста.

Процес бродiння вiдбувається як внаслiдок життєдiяльностi дрiжджiв, так i внаслiдок бiохiмiчних перетворень складових тiста. Тому дослiдили процеси бродiння у тiстi з додаванням насiння льону. Щоб встановити безпосереднiй вплив насiння льону на газоутворення тiста дотримувалися умови, що у прилад помiщають шматки тiста, якi мiстили однакову кiлькiсть борошна. Тобто змiнним фактором, який впливатиме на процес буде кiлькiсть доданого цiлого або подрiбненого насiння льону у сухому або замоченому станi.

Результати дослiджень зображенi на рис. 5.8. Як видно з графiку газоутворення в тiстi з внесеним насiнням льону у цiлому сухому та замоченому виглядi протягом 150 хв. бродiння вiдбувається аналогiчно контрольному зразку. В подальшому кiлькiсть видiленого в ньому дiоксиду вуглецю незначно зростає.

У зразку з додаванням подрiбненого насiння у сухому виглядi спостерiгається також збiльшення видiлення дiоксиду вуглецю пiсля 90 хв

бродіння. У зразку з замоченим подрібненим насінням льону покращання газоутворення спостерігається після 60 хв бродіння. У випадку з слизами спостерігається деяке погіршення порівняно з контролем виділення діоксиду вуглецю.

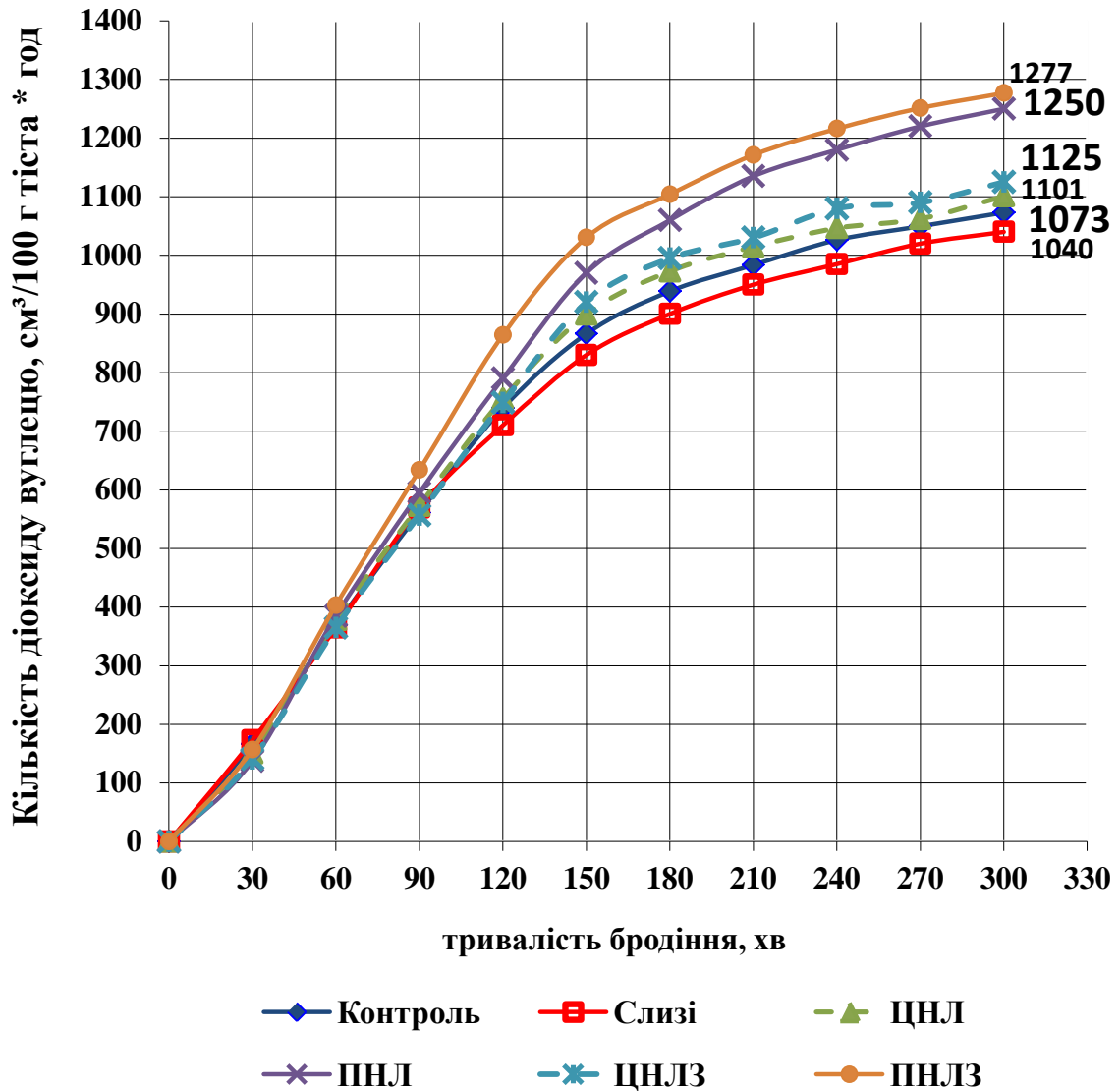


Рис. 5.8 - Газоутворення у тісті

Для розуміння перебігу процесу бродіння необхідно проаналізувати закономірності динаміки газоутворення.

Криві динаміки газоутворення дослідних зразків зображено на рис. 5.9.

За ствердженням І.К. Елецький зміна швидкості газоутворення характеризує динаміку бродіння та є критерієм бродильної активності дріжджів.

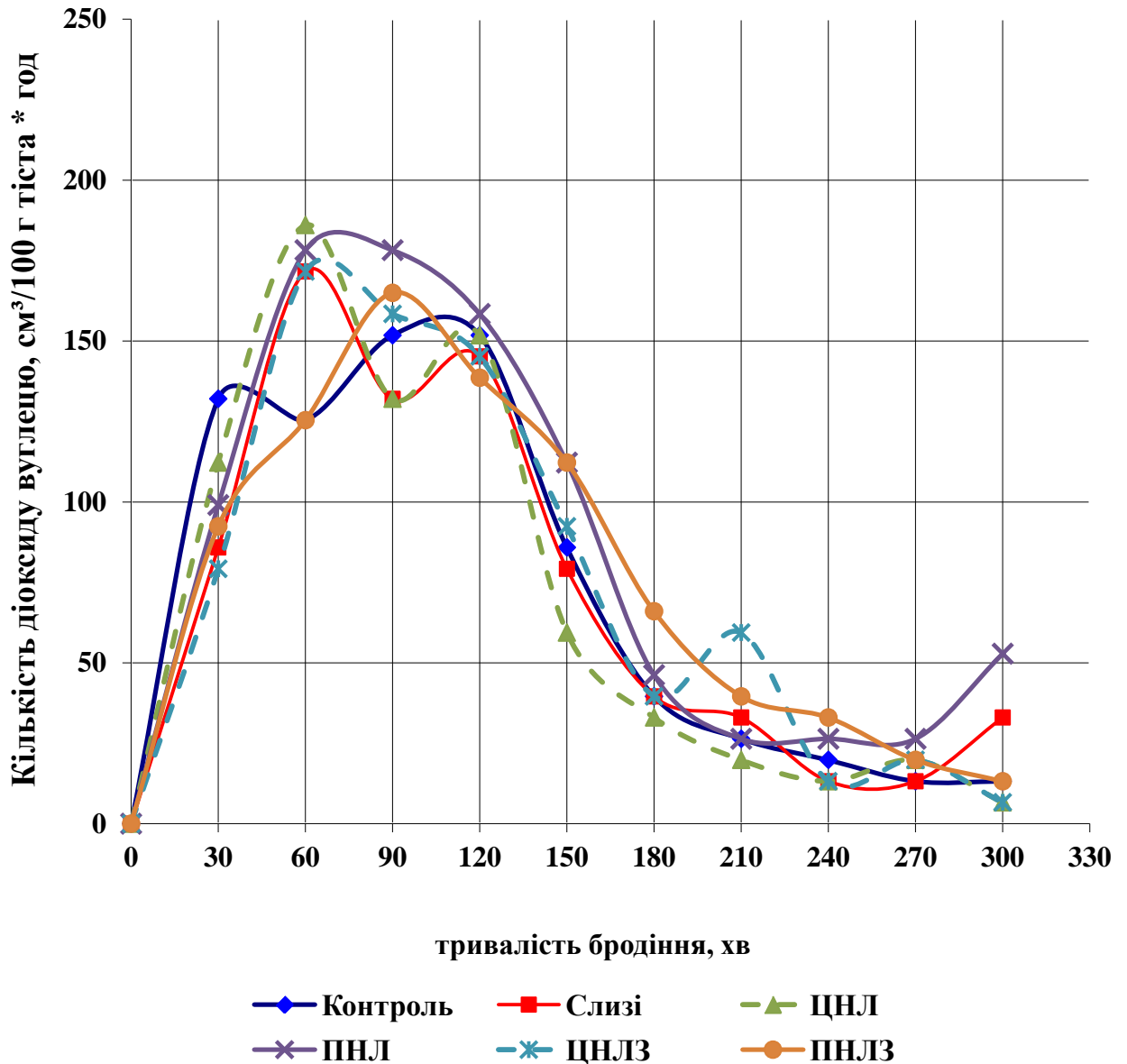


Рис. 5.9 - Динаміка виділення діоксида вуглецю у зразках тіста

На початку бродіння дріжджі зброджують власні цукри. Після їх збродження газоутворення знижується до рівня інтенсивності збродження мальтози, який досягається на початку другої стадії бродіння, якого набула ферментна система дріжджів під час досягнення максимуму виділення CO_2 , а також і залежність від накопичення мальтози внаслідок ферментативного гідролізу крохмалю борошна. Процес виділення діоксида вуглецю стадійний.

Спочатку дріжджі зброджують власні цукри борошна за допомогою зимазного комплексу. Після закінчення в середовищі власних цукрів вони задіюють свій мальтазний комплекс для зброджування мальтози.

Як видно з рис. 5.9 у контрольному зразку спостерігається двохстадійність бродіння і перебудова дріжджів на зброджування мальтози відбувається на 60 хв бродіння.

Тісто, в якому рецептурна кількість води замінена на розчин слизів має подібний двохстадійний характер, однак перший пік досягається на 30 хв пізніше, ніж в контрольному зразку і при цьому кількість виділеного діоксиду вуглецю на 37 % більша, ніж в контролі. Напевне це зумовлено тим, що під час екстрагування слизеутворюючих полісахаридів при замочуванні насіння льону водою у рідку фазу переходять і інші водорозчинні речовини: білки, цукри, які є додатковим живленням для дріжджів. Через це перебудова дріжджів на зброджування мальтози відбувається на 30 хв пізніше, ніж у контролі.

У зразку з внесенням цілого насіння льону характер динаміки виділення діоксиду вуглецю подібний до зразку зі слизями. Однак кількість виділеного діоксиду вуглецю на всіх стадіях дещо вища.

Для пояснення цього потрібно зрозуміти механізм переходу гідроколоїдів насіння льону у рідку фазу тіста.

Гідроколоїди насіння льону це полісахариди, зосереджені в лляному слизі, що покриває насіння льону і надає їм блиск. Якісний і кількісний склад полісахаридів слизу залежить від сортових особливостей і кліматичних умов. До складу моносахаридів входять ксилоза, глюкоза, галактоза, рамноза, фукоза і галактуронова кислота.

У складі полісахаридів лляного слизу містяться три високомолекулярних полісахариди: 75% (від загальної змісту слизу) найбільш вязкого нейтрального полісахариду з молярною масою $1,2 \times 10^6$ г / моль; 3,75% кислого полісахариду AF1 з молярною масою $6,5 \times 10^5$ г/моль; 21,55% кислого полісахариду AF2 з молярною масою $1,7 \times 10^4$ г/моль.

Нейтральна фракція практично не містить галактуронову кислоту, ксилоза - основа цієї фракції.

У кислої фракції переважає галактуроновою кислота і виявлені сліди ксилози.

Велике значення для властивостей гідроколоїдів насіння льону має вміст в них протеїну. Залежно від умов виділення кількість білка може варіюватися в інтервалі 5...60%. При цьому відзначається, що нейтральна фракція не містила білка, він знаходився в асоціатах з полімерами кислої фракції. Роботами науковців було відзначено, що жовте насіння льону порівняно з коричневим насінням містить більше нейтральних фракцій полісахаридів.

Водна екстракція полісахаридів супроводжується переходом в розчин водорозчинних білків: альбуміну і глобулінів. Особливо актуально це для насіння льону, так як їх білковий комплекс містить велику кількість водорозчинних протеїнів.

Процес переходу полісахаридів в розчин супроводжується паралельною екстракцією водорозчинних фракцій білків, що знаходяться в оболонці насіння льону.

З точки зору фракційного складу - кисла фракція полісахаридного комплексу насіння льону має меншу молекулярну масу в порівнянні з нейтральною. Також вважається, що білок здебільшого пов'язаний з полімерами кислої фракції. У нейтральній фракції він не виявлений. Тому можна припустити, що першими з насіння льону екстрагуються в основному полімери кислої фракції.

Очевидно має місце послідовний перехід в водний розчин спочатку білково-полісахаридних асоціатів (10 хв), що представляють кислу фракцію, а потім (15 хв), безпосередньо полісахаридних структур з меншим вмістом білка.

Подальше збільшення сухої речовини екстракту після 30 хв протікання процесу можна пояснити тим, що до цього часу набрякла оболонка частково відходить від ядра і в розчин починають переходити екстрактивні речовини з ядра.

Слід зазначити, що в сухих екстрактах полісахаридів присутня невелика кількість ліпідних компонентів ймовірно також асоційованих з полісахаридними і білковими структурами.

Виходячи з таких теоретичних даних можна припустити, що під час контакту з рідкою фазою тіста в неї з поверхні насінини починають екстрагуватися білково-полісахаридні асоціати, завдяки білковій складовій яких покращуються склад живильного середовища для дріжджів.

У зразку з подрібненим насінням льону характер динаміки виділення діоксиду вуглецю відмінний, а саме спостерігається одностадійність бродіння. При цьому досягнення піку відбувається майже на 30 хв пізніше, ніж в контрольному зразку. Напевно, з подрібненого насіння льону відбувається конкурентне екстрагування водорозчинних білкових речовин та полісахаридів, що містять не лише білкові асоціати, але й цукри, зокрема глюкозу. Таке покращання живильного середовища для дріжджів сприяє тому, що воно не перебудовується на зброджування мальтози.

Застосування замочування цілого та подрібненого насіння льону надає одностадійного характеру бродіння, при цьому порівняно зі зразками з сухим цілим і подрібненим насінням інтенсивність виділення дещо знижується. Можливо причиною цього є те, що внаслідок потрапляння при замішуванні вже в'язких розчинів полісахаридів навколо дріжджової клітини утворюється в'язке середовище, яке обволікає її і уповільнює надходження до неї поживних речовин. Поряд з цим з подрібненого насіння льону у рідку фазу тіста екстрагуються ліпіди, які також огортаючи дріжджову клітину знижують її активність.

І.К. Елецький в своїх роботах доводить, що для досягнення хорошої якості виробів необхідно процес бродіння тіста припинити за 30...40 хв до досягнення піку виділення діоксиду вуглецю, щоб етап вистоювання тістових заготовок припадав на максимальне газоутворення. Виходячи з цього можна припустити, що для зразку з цілим насінням льону тривалість бродіння становитиме 90 хв, а для зразків з подрібненим та замоченими лляними продуктами скоротити до 60 хв.

Поряд з виділенням діоксиду вуглецю дослідили також кількість спирту, що накопичується під час бродіння. Визначення проводили у відповідних зразках тіста на початку та в кінці бродіння. Тривалість бродіння зразків тіста становила 120 хв. Розраховували приріст спирту в процесі бродіння. Результати досліджень представлені на рис. 5.10.

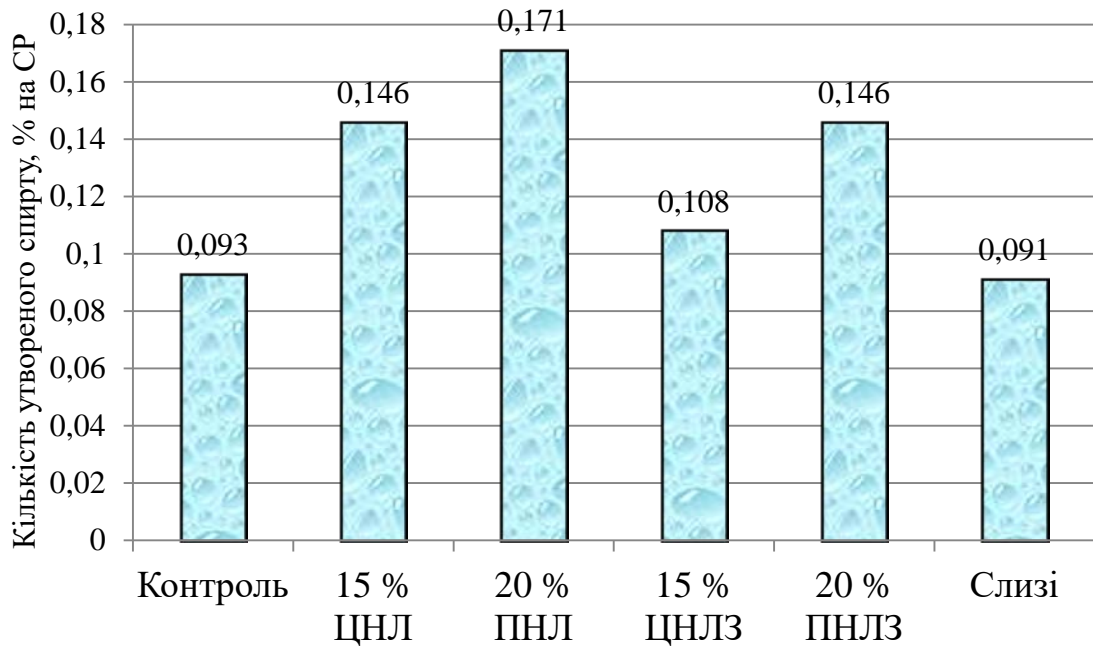


Рис. 5.10 - Кількість утвореного спирту в процесі бродіння

За даними гістограми можна стверджувати, що виявлені нами закономірності щодо збільшення виділення діоксиду вуглецю у разі внесення цілого насіння льону та деякого його зниження у разі замочування підтверджують дані щодо накопичення спирту. Про більшу інтенсивність бродіння у зразках з подрібненим сухим та замоченим насінням льону теж свідчать дані щодо збільшення вмісту спирту в цих зразках, порівняно з контролем.

Подібні дані щодо накопичення спирту у контролі та зразку зі слизями доводить той факт, що внесення замість води розчинів полісахаридів поряд з збаченням рідкої фази тіста зумовлює значне загущення рідкої фази тіста, що в свою чергу ускладнює доступ до дріжджової клітини поживних речовин, тому ми і не спостерігаємо значної інтенсифікації бродіння.

5.2.4 Дослідження впливу насіння льону на бродильну активність дріжджів

Життєдіяльність дріжджової мікрофлори напівфабрикатів залежить від впливу на неї складових рецептури тіста.

Про вплив цілого та подрібненого насіння льону, внесеного у тісто в сухому або замоченому стані на бродильну активність дріжджів судили за їх підйимальною силою.

Підйимальна сила дріжджів залежить від їх біологічної активності та адаптованості до анаеробних умов життєдіяльності у тістовій системі.

В роботі використовували стандартну методику визначення підйимальної сили дріжджів. При цьому замість борошна другого сорту використовували пшеничне борошно 1 сорту з додаванням насіння льону.

За першим підйомом тіста оцінювали зимазну активність дріжджів, а за другим та третім – мальтозну. Результати досліджень наведені в таблиці 5.11.

Дані таблиці свідчать, що внесення слизів подовжує перший підйом тіста до 73 хв, проти 51 хв контролю. Внесення цілого насіння льону майже не впливає на швидкість першого підйому тіста, в той час як його замочування та внесення ПНЛ та ПНЛЗ уповільнюють під'єм тіста. У випадку з подрібненим насінням це може бути зумовлено також тим, що подрібнені частинки оболонок при набряканні зв'язують значну частину вологи і тим самим підвищують в'язкість тістової системи, погіршуючи доступ до дріжджової клітини поживних речовин.

Аналіз мальтазної активності за другим та третім підйомом тіста показав, що внаслідок замочування підйимальна сила тіста подовжується як в зразку з цілим, так і подрібненим, на 3 та 7 хв, відповідно, порівняно зі зразками з сухим цілим та подрібненим.

Таблиця 5.11 – Тривалість підйому тіста, хв.

n=3, p≥0,95

Етап дослідження	Контроль	Внесено насіння льону, % до маси борошна				Слизі
		15% льону цілого		20% льону подрібненого		
		сухого	замоченого	сухого	замоченого	
Перший підйом, хв	51	50	66	64	71	73
Другий підйом, хв	31	31	37	30	40	42
Третій підйом, хв	39	29	26	29	26	19
Загальна тривалість другого та третього підйомів, хв	70	60	63	59	66	61

Для встановлення впливу насіння льону на стан дріжджової мікрофлори готували витяжки з дослідних зразків тіста після 120 хв бродіння та висівали їх на поживне середовище. Результати підрахунку дріжджів на поживному середовищі наведено на рис. 5.11.

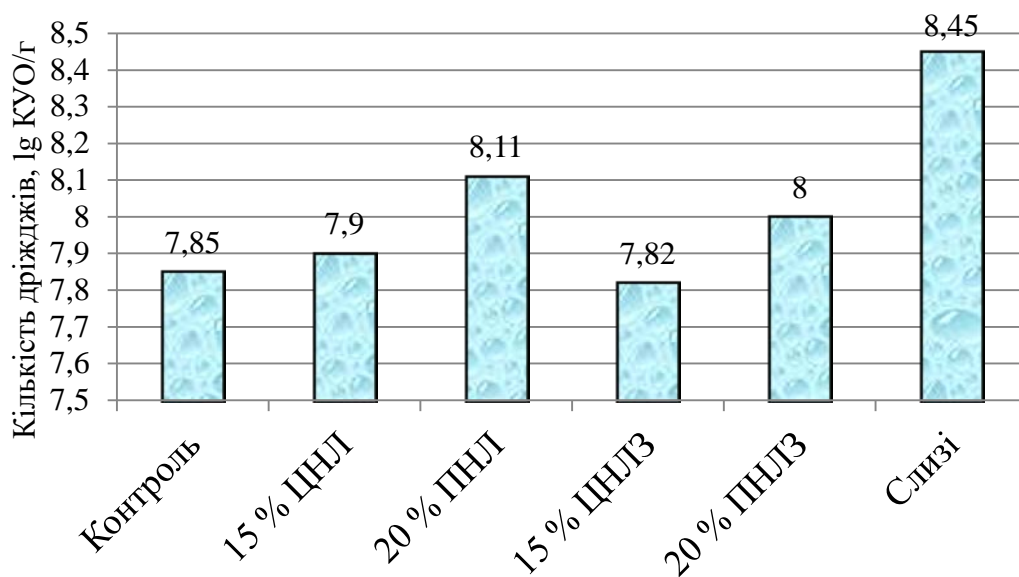


Рис. 5.11 - Кількість дріжджів, висіяних на поживне середовище

Результати досліджень свідчать, що дещо більше дріжджів на 1,9...3,3 % міститься у зразках з подрібненим насінням льону. Також виявлено, що найбільший приріст дріжджів (на 7,6 %) був у зразку зі слизями дріжджів. Ймовірно внесення дріжджів у тістову систему зі слизями більше сприяло їх розмноженню, а не бродінню. Можливо це є причиною того, що на початку бродіння підйомна сила дріжджів була більшою, ніж у контролі.

5.2.5 Дослідження впливу насіння льону на кінетику цукрів у тісті під час його дозрівання та амілоліз крохмалю тіста.

Газоутворення в тісті залежить від вмісту власних цукрів борошна, але в більшій мірі обумовлено його цукроутворювальною здатністю, яку забезпечують активність амілаз та податливість крохмалю амілолізу. Від накопичення цукрів в тісті під час його дозрівання залежить інтенсивність процесів бродіння та утворення забарвлення скоринки хліба внаслідок реакції Майєра.

Поряд з процесом накопичення мальтози в тісті внаслідок гідролітичного розщеплення крохмалю відбувається зброджування її мікроорганізмами тіста.

Від співвідношення між інтенсивністю накопичення цукрів в тісті внаслідок ферментативного гідролізу крохмалю та інтенсивністю збродження їх мікроорганізмами, залежить вміст цукру в тісті перед обробленням та випіканням.

Кількість цукрів, що утворилась за час дозрівання тіста визначали за різницею між їх вмістом у бездріжджовому тісті після замішування і через 4 год його ферментації. Кількість зброджених цукрів – за різницею між сумою кількості цукрів у дріжджовому тісті після замішування і кількістю цукрів, що утворилась у бездріжджовому тісті, та кількістю цукрів, що містилась у дріжджовому тісті після 4 год бродіння.

Результати досліджень наведені в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Накопичення і збродження цукрів у процесі бродіння тіста, % на СР

n=3, p≥0,95

Показники	Контроль	15 % ЦНЛ	20 % ПНЛ	15 % ЦНЛЗ	20 % ПНЛЗ
Бездріжджове тісто					
Вміст цукрів після замішування	1,25	1,23	1,24	1,24	1,26
Через 2 год ферментації	2,03	2,22	1,84	1,66	1,78
Утворилось цукрів	0,78	0,48	0,6	0,42	0,48
Дріжджове тісто					
Після замішування	1,27	1,11	1,25	1,23	1,24
Через 2 год ферментації	0,79	0,67	0,85	0,83	0,92
Зброджено цукрів	1,26	1,05	1,0	0,82	0,8

Встановлено, що у зразках з доданням замоченого цілого і подрібненого насіння льону зброджено і накопичено цукрів менше, ніж у відповідних зразках з сухими лляними продуктами. Напевне, це пов'язано із загущенням рідкої фази тіста полісахаридами насіння льону, які необмежено набухаючи утворюють в'язкий колоїдний розчин, який огортаючи дріжджові клітини знижує їх активність, а огортаючи зерна крохмалю знижує їх піддатливість до амілолізу.

Для підтвердження цього було проведено дослідження на амілографі. Результати досліджень представлені в табл. 5.13.

Встановлено, що у разі додавання цілого насіння льону спостерігається зниження, порівняно з контролем, температури початку клейстеризації крохмалю та підвищення в'язкості системи. Це зумовлено процесами, які одночасно відбуватимуться в системі, а саме процеси набрякання крохмалю пшеничного борошна та розчинних харчових волокон насіння льону.

Таблиця 5.13 – Показники амілограм досліджуваних суспензій

n=3, p≥0,95

Водно-борошняні суспензії	Час до початку клейстеризації крохмалю (утворення в'язкої системи), хв	Температура початку клейстеризації крохмалю (утворення в'язкої системи), °С	Максимальна в'язкість системи, од. приладу
1	2	3	4
Контроль	7,5	48,2	605
15 % цілого насіння льону	7,0	47,5	745
20 % подрібненого льону сухого	7,5	48,2	720
15 % цілого насіння льону з замочуванням	7,0	49,7	760
20 % подрібненого льону замоченого	6,5	47,5	712

Відповідно до анатомічно-морфологічної будови насіння льону відомо, що блискуча, в сухому стані, поверхня оболонки насіння це склоподібний шар зневоднених слизеутворюючих полісахаридів. При контакті насіння льону з водою вже через декілька секунд низькомолекулярні фракції полісахаридів на поверхні оболонки гідратуються з утворенням більш в'язких, в порівнянні з

водою, розчинів. Через кілька хвилин в гідратований стан починають переходити більш високомолекулярні полісахариди. Останніми гідратуються найбільш високомолекулярні полісахариди, що локалізуються у внутрішніх шарах оболонки насіння і в ендоспермі.

Саме ці водорозчинні полісахариди конкурують за воду з крохмалем, набрякають скоріше, ніж починається клейстеризація крохмалю, що зумовлює прискорення утворення в'язкої системи.

У разі додавання подрібненого насіння льону в системі одночасно здійснюють вплив складові льону :

– олія, що може утворювати на поверхні крохмальних зерен жировий шар і цим може уповільнювати їх гідратацію і тим **зменшувати** швидкість досягнення максимальної в'язкості. Жири також можуть утворювати комплекси з амілозою крохмалю і цим гальмувати набухання крохмальних зерен;

– розчинні та нерозчинні харчові волокна – процес набрякання яких може відбуватися скоріше, ніж клейстеризація крохмалю, і це буде зумовлювати **прискорення** утворення в'язкої системи.

Оскільки у разі внесення сухого подрібненого насіння льону жир та розчинні і нерозчинні харчові волокна будуть впливати на систему одночасно ми не спостерігаємо зміни показників температури клейстеризації та часу до початку клейстеризації.

Таким чином, внесення насіння льону в цілому та подрібненому вигляді у сухому стані збільшує максимальну в'язкість системи в порівнянні з контролем на 23% та 19 % відповідно, що, напевно, пов'язано з тим, що поряд з клейстеризацією крохмалю відбувається набрякання розчинних і нерозчинних харчових волокон, внесених з льоном, що зумовлює збільшення в'язкості суспензії.

У випадку попереднього замочування цілого та подрібненого насіння льону в момент внесення їх в систему розчинні та нерозчинні харчові волокна будуть вже частково набухлими, і відразу зумовлять формування більш в'язкої системи на 25% та 17% відповідно. Як наслідок, при внесенні насіння льону в

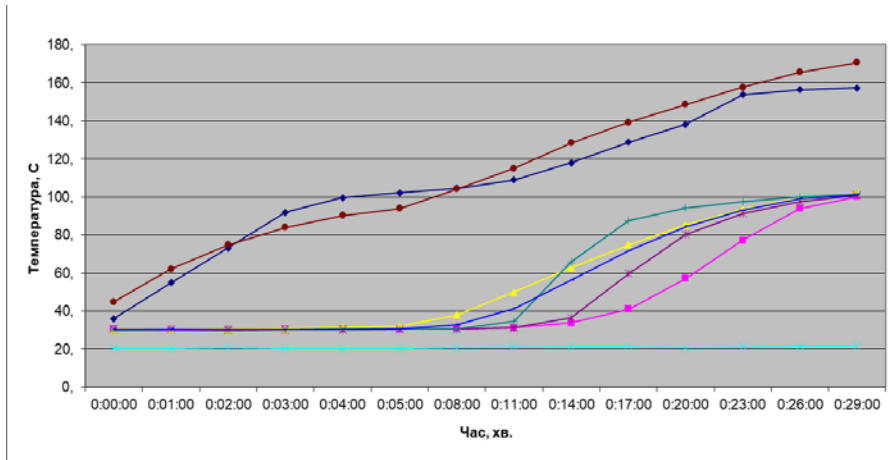
подрібненому замоченому вигляді, спостерігається прискорення утворення в'язкої системи на 1 хв та зниження температури клейстеризації. Внесення замоченого цілого насіння льону найбільше підвищує в'язкість тістової системи.

Таким чином, підвищення в'язкості системи внаслідок внесення сухого або замоченого насіння льону, а також можливе утворення комплексів між крохмалем та слизями, буде зумовлювати зниження піддатливості крохмалю до крейстеризації.

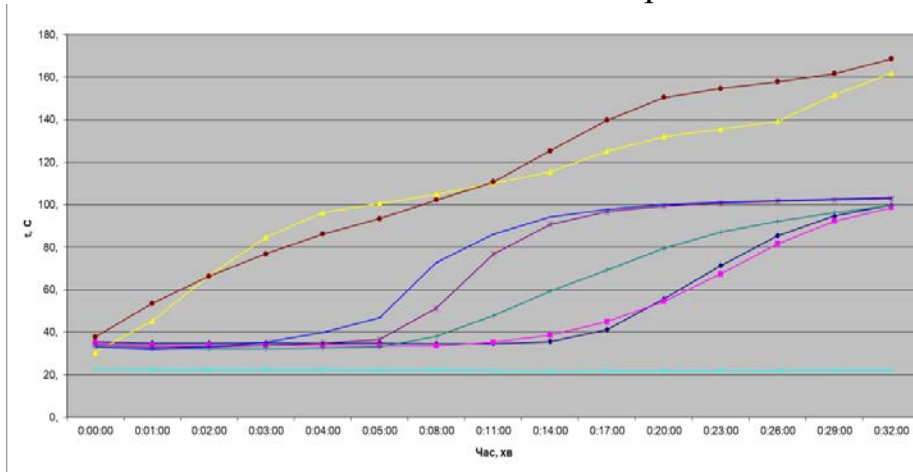
Заключний етап приготування хліба це його випікання. Під час випікання в тісті протікають різноманітні теплофізичні, колоїдні, мікробіологічні та біохімічні процеси. Зокрема, відразу після надходження в піч тістової заготовки починається її прогрів від зовнішніх шарів до внутрішніх. Температура окремих шарів тіста збільшується з різною швидкістю. До кінця випікання температура поверхні хліба сягає 140-180 °С, а в центрі м'якушки - 96-98 °С.

Дослідили вплив додавання в рецептуру пшеничного хліба цілого та подрібненого насіння льону на перебіг процесу прогрівання тістової заготовки. Для дослідження проводили випікання тістових заготовок контрольного та дослідного зразків в які попередньо поміщали термопар. Випікання проводили за температури 200 °С. Криві термопар, щодо зміни температури в тістовій заготовці та швидкості випікання наведено на рис. 5.12. Криві, зображені на графіках характеризують зміну температури окремих шарів тістової заготовки від скоринки до центру. Криві, розміщені відповідно: верхні – це скоринка верхня та нижня, нижня – центр, а проміжні – це шари між ними. Результати досліджень свідчать, що у зразку з внесенням подрібненого насіння льону тривалість випікання подовжується на 3 хв, а з цілим льоном на 6 хв. Спостерігається відмінність в прогріванні тістових заготовок – у зразку з подрібненим льоном шари навколо починають прогріватися раніше, так у зразку з льоном підвищення температури спостерігається вже на 3 хв, в той час як у контрольному та з цілим льоном – на 5 хв. Однак, для досягнення центром тістової заготовки з подрібненим насінням льону температури 96-97 °С необхідно більше часу. Зважаючи на більшу відстань між кривими випікання внутрішніх шарів дослідного зразку, порівняно з

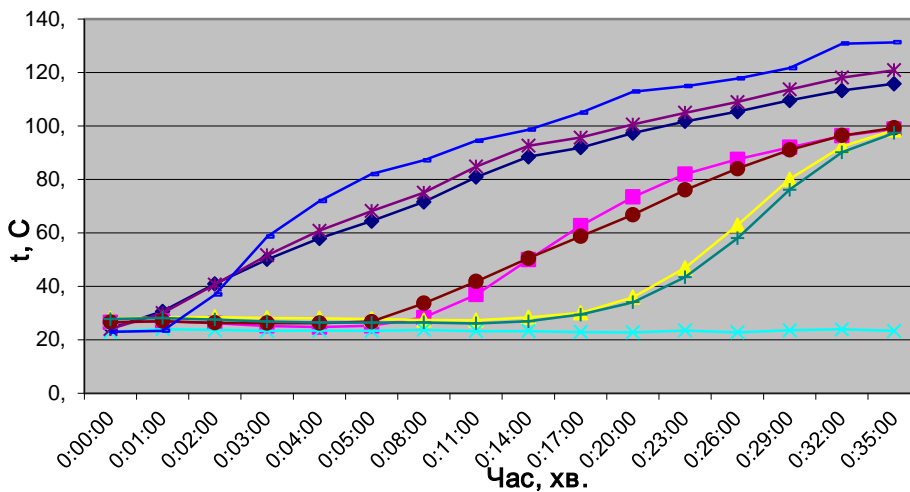
контрольним, можна відзначити, що вони прогриваються повільніше, напевне внаслідок більш в'язкого стану рідкої фази тіста, за рахунок слизів льону.



А - контроль



Б – з додаванням 20 % подрібненого насіння льону



В – з додаванням 15 % цілого насіння льону

Рис. 5.12 - Криві термопар: а – контроль; б – з додаванням 20 % подрібненого насіння льону; в - з додаванням 15 % цілого насіння льону.

Результати досліджень за розділом опубліковані в [291,296-299].

5.3 Висновки

На підставі проведених досліджень було сформульовано наступні висновки:

1. Внесення насіння льону як в цілому, так і подрібненому вигляді зумовлює зменшення кількості клейковини, порівняно з контролем, на 17 та 35 %, відповідно, а у разі застосування замочування, відповідно на 43 та 65 %.

2. Встановлено, що внесення в тісто лляних продуктів зумовлює подовження тривалості утворення тіста, особливо у зразку з цілим насінням, внаслідок того, що ціле насіння або часточки подрібненого насіння потребують більше часу для їх набухання та включення в тістову систему. У разі замочування цілого і подрібненого насіння льону тривалість утворення тіста скорочується та становить 6,0 та 3,5 хв проти 20,0 та 7,5 хв для зразків з цілим та подрібненим насінням льону, внесених у сухому вигляді.

3. Встановлено, що використання замоченого цілого та подрібненого насіння льону покращує газоутримувальну здатність тіста внаслідок стабілізації тістової системи слизеутворюючими полісахаридами, які знаходяться в прошарках тістової системи, але не просто у вигляді в'язких гелів, а набувають піноподібного стану та утворюють комплекси з клейковинними білками, формуючи у тістовій системі просторові зв'язки.

4. Встановлено, що зменшення розпливання тістових заготовок у зразках з замоченими продуктами свідчить про збільшення в'язкості тіста, що зумовлює підвищення формоутримувальної здатності тістових заготовок і має сприяти покращанню формостійкості подових виробів.

5. Встановлено, що додавання як цілого, так і подрібненого насіння льону у замоченому стані підвищує на 60 та 49 % вміст проміжної фракції білка, порівняно зі зразками без замочування, що підтверджує наше припущення щодо ймовірного утворення комплексів між білками борошна та водорозчинними полісахаридами льону.

6. Встановлено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону здійснює значний вплив на динаміку виділення діоксиду вуглецю під час

бродиння, зокрема збагачення рідкої фази тіста розчинами полісахаридів льону, водорозчинними білковими речовинами сприяє інтенсивнішому виділенню діоксиду вуглецю та зміні характеру динаміці виділення вуглекислого на одностадіне бродіння для зразків подрібненим сухим і замоченим насінням льону і цілим замоченим. При цьому рекомендовано скоротити тривалість бродіння для зразку з цілим насінням льону тривалість бродіння до 90 хв, а для зразків з подрібненим та замоченими лляними продуктами до 60 хв.

7. Встановлено, що внесення цілого та подрібненого насіння льону в замоченому вигляді зумовлює уповільнення підйому тіста внаслідок загущенням тістової системи слизями та нерозчинними харчовими волокнами льону, зниження зброджування та утворення цукрів в тістовій системі.

8. Встановлено, що додавання насіння льону уповільнює клейстеризацію крохмалю, внаслідок підвищенню в'язкості системи, що в подальшому зумовлює більш повільне прогрівання тістових шарів під час випікання та подовжує тривалість випікання тістових заготовок та 3...6 хв порівняно з контролем.

РОЗДІЛ 6

СПОЖИВЧА ТА ФІЗІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ

ХЛІБА З НАСІННЯМ ЛЬОНУ

6.1 Вплив насіння льону на збереження хлібом свіжості

В основі важливих характеристик хліба закладена стабільність його споживчих властивостей, одним із важливих показників яких є тривалість збереження ними свіжості. Під час зберігання хліба у зв'язку з процесами черствіння відбувається зниження його якості. Черствіння хліба – складний процес, який з одного боку обумовлений втратою вологи (усиханням), а з іншого є результатом складних фізико-хімічних, колоїдних та біохімічних процесів у хлібі. Під час зберігання виробів відбувається зниження еластичності м'якушки хліба, збільшується показник крихкуватості хліба, відбуваються зміни в мікроструктурі хліба, вироби втрачають смак та аромат.

Вважається, що процес черствіння пов'язаний з ретроградацією крохмалю та трансформацією клейковинних білків. Адже в процесі зберігання, внаслідок агрегації амілози і амілопектину, клейстеризований крохмаль переходить з аморфного стану у кристалічний. Відбувається ущільнення структури крохмальних зерен, внаслідок чого м'якушка набуває жорсткості. Поряд з цим, продовжується денатурація білка, під час старіння клейковина віддає воду, що також призводить до ущільнення структури, надає жорсткості м'якушці

На швидкість черствіння виробів впливають різні фактори, зокрема, якість сировини, склад рецептури, спосіб тістоприготування та умови зберігання.

Включення до рецептури хлібобулочних виробів насіння льону матиме певний вплив і на процеси черствіння.

Дослідження процесів черствіння у хлібі з цілим та подрібненим насінням льону, внесених у сухому та замоченому стані оцінювали за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки за показами пенетрометра АП-4/1, її крихкуватістю та водопоглинальною здатністю. Під час дослідження структурно-механічних властивостей м'якушки визначали загальну деформацію м'якушки. За

зміною загальної деформації розраховували відсоток збереження виробами свіжості через 24 та 48 год. Результати досліджень наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Показники деформації м'якушки хліба з насінням льону

Показники	Контроль (без добавок)	15 % до маси борошна		20 % до маси борошна		Слизі
		ЦНЛ	ЦНЛЗ	ПНЛ	ПНЛЗ	
Деформація м'якушки, од. приладу через 4 години:						
загальна	74	71	74	69	70	79
Через 24 години:						
загальна	48	52	58	48	51	67
Ступінь збереження свіжості, %	68	73	78	70	73	85
Через 48 годин:						
загальна	39	39	44	38	41	52
Ступінь збереження свіжості, %	53	55	60	55	58	66

Встановлено, що всі зразки з насінням льону цілим і подрібненим зберігали свою свіжіть краще ніж контроль і через 24 і через 48 год на 5...10 % у зразках з цілим насінням і на 2...5 % - з ПНЛ. При цьому відзначено, що через 4 год зберігання загальна деформація м'якушки у зразках з ПНЛ була меншою за контроль на 6,7 (для сухого) та 5,4 % (для замоченого). Це пояснюється вбудовою у структуру м'якушки часточок ПНЛ. Відзначено, що зразки із ЦПНЗ та ПНЛЗ зберігали свіжіть краще порівняно з відповідними зразками без замочування на 5 та 3 % відповідно. Ймовірно це зумовлено вологоутримувальною здатністю розчинів полісахаридів насіння льону. Підтвердженням цього є збереження свіжості виробу виготовленого з розчином слизів замість води на 17 % (через 24 год) та 13 % (через 48 год) порівняно з контролем. Цей зразок має найвище значення деформації м'якушки.

Поряд з дослідженнями структурно-механічних властивостей м'якушки визначали зміни її кришкуватості при зберіганні хліба.

Результати досліджень кришкуватості наведено на рис 6.1.

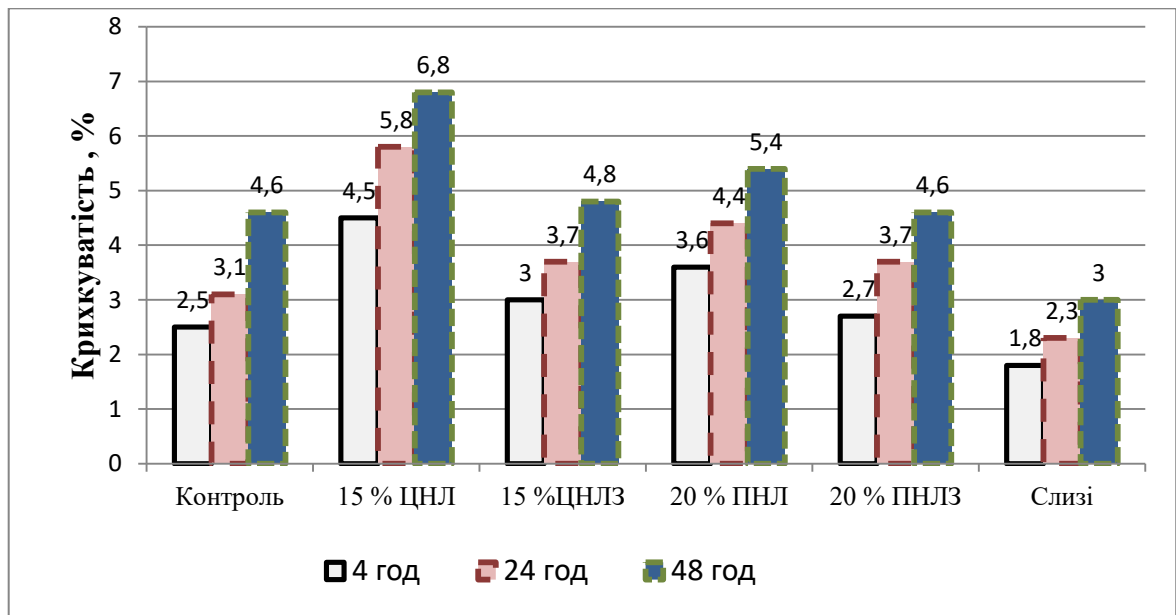


Рис. 6.1 - Крихкуватість м'якушки виробів

Дані рис. 6.1 свідчать, що для зразків хліба з цілим і подрібненим насінням і в сухому і в замоченому стані характерна більша, ніж у контрольному зразку, крихкуватість м'якушки, незважаючи, що за показниками деформації м'якушки вони краще зберігали свіжість, ніж контрольний зразок. Це протиріччя пояснюється тим, що у м'якушці цих виробів містяться ціле або подрібнення насіння льону, яке має різну ступінь зв'язку з м'якушкою і під час струшування зразків м'якушки під час аналізу збільшує показник утворених крихт. Так, через 24 та 48 год зберігання крихкуватість м'якушки була вищою у зразках з ЦНЛ - в 1,8 і 1,5 разів, у зразках з ПНЛ – в 1,4 і 1,7 рази. При цьому у разі попереднього замочування і цілого і подрібненого насіння льону показник крихкуватості цих зразків суттєво знижується, напевно це пов'язано з тим, що у наслідок взаємодії розчинів полісахаридів насіння та білкових речовин борошна утворюються комплекси, які обумовлюють посилення зв'язку з поверхнею насінини. Під час випікання внаслідок денатурації білка та зневоднення розчину полісахариду насінини виявляється наче огорнута тонкою міцною плівкою. У зразку зі слизями насіння льону замість води показник крихкуватості був нижчим, ніж у контролі. Це підтверджує, що застосування попереднього замочування насіння льону сприяє зниженню крихкуватості м'якушки під час зберігання виробів.

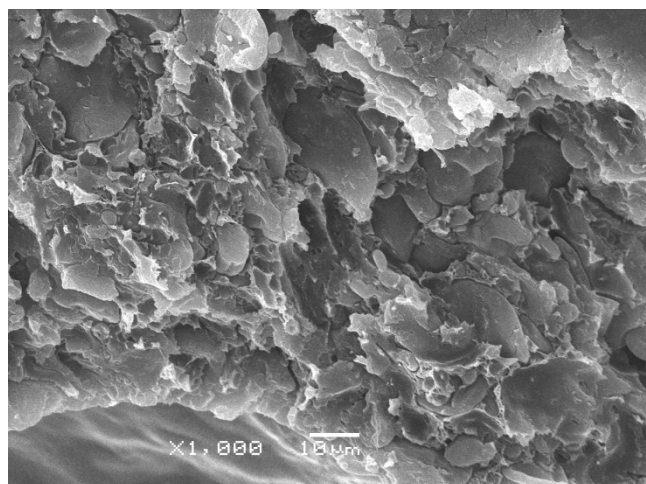
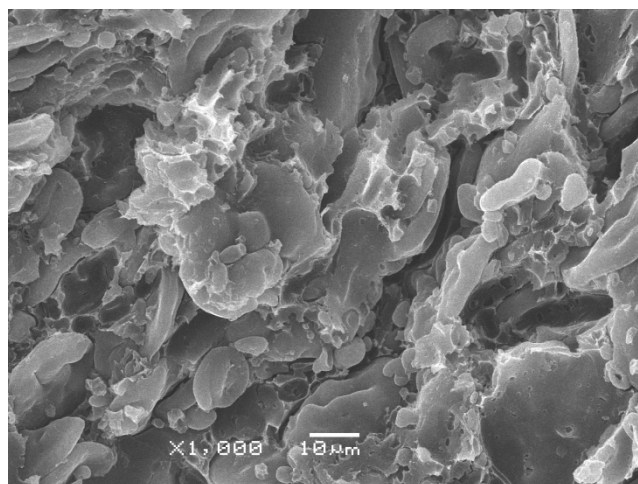
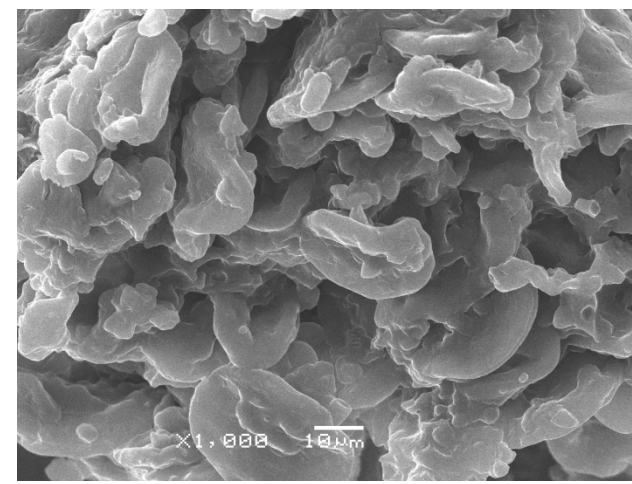
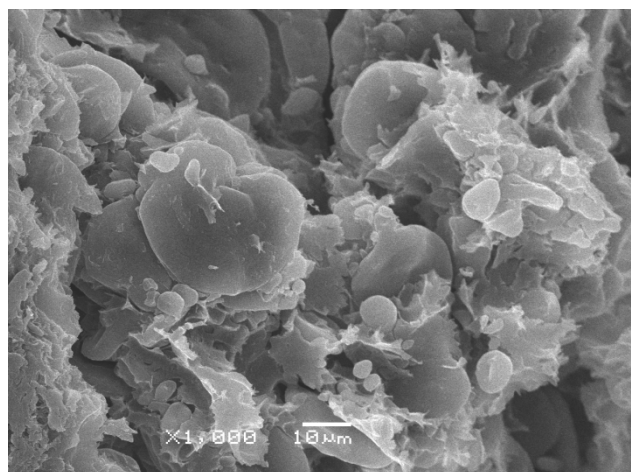
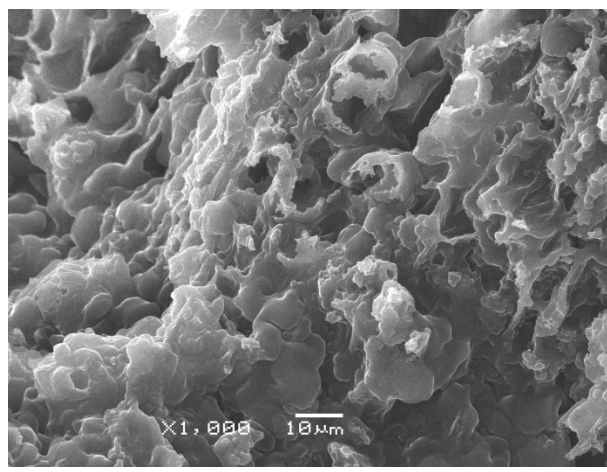
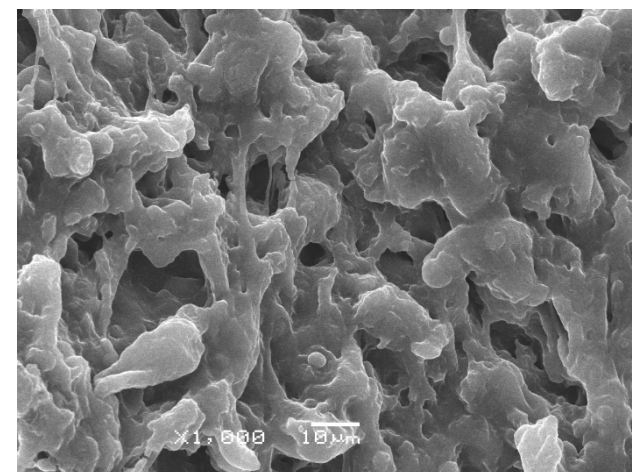
Про суттєві зміни у структурі м'якушки готових виробів з цілим і подрібненим насінням льону у цілому та подрібненому вигляді свідчать мікрофотографії м'якушки наведені на рис. 6.2.

Фотографії мікроструктури хліба у збільшенні 1000 наведено на рис. 6.2.

Аналіз фотографій свідчить, що внесення розчину полісахаридів у тісто замість води, зумовлює утворення суцільної коагульовано-клейстеризованої маси полісахаридів, білкових речовин та крохмалю. Внаслідок цього під час черствіння можуть утворюватися менші, порівняно з контролем, порожнини повітря, що зумовлює меншу крихкуватість м'якушки. Такий ефект спостерігається і у зразках з внесенням ЦНЛЗ і ПНЛЗ. При цьому, у випадку з цілим насінням утворюється клейстеризована маса, яка щільно огортає зерна крохмалю, запобігаючи його ретроградації та втрати ним вологи. У випадку з ПНЛЗ це суцільна мала без чіткого окреслення крохмальних зерен. Такі зміни структури м'якушки сприятимуть утримання нею вологи та уповільнення втрату неї вологи. Ймовірно утворення таких білково-полісахаридних комплексів зумовлює зміну зв'язку вологи у м'якушці виробів.

6.2 Дослідження форм зв'язку вологи в хлібі та їх зміна у процесі зберігання

Загальна вологість хлібобулочного виробу вказує на кількість вологи в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін в продукті. У забезпеченні стійкості ступеня черствіння виробу під час зберігання важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної вологи. До вільної вологи відносять вологу, що доступна для перебігу хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, ця волога не зв'язана полімерами. Зв'язана волога це волога, що утримується білками, вуглеводами, ліпідами завдяки різним видам зв'язків. Це адсорбційно зв'язана волога, що включає в себе також осмотично зв'язану вологу.

**Контроль****15 % ЦНЛ****15 % ЦНЛЗ****20 % ПНЛ****20 % ПНЛЗ****Слизі****Рис. 6.2** Фотографії мікроструктури хліба

У збереженні виробами свіжості основна роль належить зв'язаній воді: виробі з більшим вмістом зв'язаної води, довше зберігають свіжість зважаючи на те, що процес старіння білків відбувається повільніше, ніж ретроградація крохмалю. Відомо також, що ретроградацію крохмалю уповільнюють слизі, внаслідок утворення комплексів з крохмалем. Це сприяє збереженню зв'язаної вологи у хлібі. Від інтенсивності цих процесів залежить швидкість черствіння хліба.

У разі внесення насіння льону у замоченому вигляді розчини полісахаридів активно взаємодіють не лише з клейковинними білками, а й зернами крохмалю, також утворюючи комплекси і це зумовлює зміну співвідношення у хлібі вільної та зв'язаної вологи.

Для підтвердження цього термогравіметричним методом на дериватографі Q – 1500 досліджували втрати зразками вологи при нагріванні м'якушки зі швидкістю 2,5°C/хв в діапазоні температур 20 – 250 °C.

Встановлено (табл.6.2), що хліб зі ЦНЛ та ПНЛ як у сухому вигляді, так і у замоченому, а також виріб зі слизями містить більше зв'язаної вологи, ніж контрольний, що можна пояснити тим, що слизі стримують утворення амілазою і амілопектином асоціатів і вивільненню зв'язаної вологи.

Таблиця 6.2 – Втрати зв'язаної вологи досліджуваними зразками

Зразки	Тривалість зберігання, год	Масова частка вологи, % до загальної кількості		Втрати зв'язаної вологи
		вільна	зв'язана	
Хліб пшеничний (контроль)	24	74,5	25,5	7,6
	48	82,1	17,9	
Хліб з 15 % ЦНЛ	24	73,5	26,5	6,3
	48	79,8	20,2	
Хліб з 15 % ЦНЛЗ	24	70,7	29,3	4,5
	48	75,2	24,8	
Хліб з 20 % ПНЛ	24	72,3	27,7	5,5
	48	77,8	22,2	
Хліб з 20 % ПНЛЗ	24	69,4	30,6	4,2
	48	73,6	26,4	
Хліб зі слизями	24	64,1	35,9	1,8
	48	65,9	34,1	

При цьому зразок зі слизями втрачає зв'язаної вологи менше, що підтверджує превалюючу роль водорозчинних полісахаридів льону в уповільненні черствіння виробів. Ефективність цього підтверджена також меншою втратою вологи виробами з замоченими продуктами, порівняно зі зразками без замочування: для виробів з цілим замоченим льоном втрата вологи становить 6,3 % проти 6,3 % з сухим, для виробів з замоченим подрібненим – 4,2 % проти 5,5 % з сухим.

6.3 Аромат виробів з насінням льону

Смак та аромат виробів є важливим показником оцінки їх споживчих властивостей. Формування смаку та аромату хлібобулочних виробів відбувається як в процесі бродіння напівфабрикатів, так і під час випікання. Необхідно зазначити, що вирішальну роль у формуванні ароматичного комплексу виробів, відіграють продукти взаємодії цукрів, інших карбонільних сполук з амінокислотами і білками, що утворюються саме під час випікання. При цьому основна частина в ароматичному комплексі хліба належить сполукам, що утворюються на останніх етапах випікання, оскільки на його початку частина летких сполук звітрюється. Інтенсивність процесу формування смаку і аромату виробів залежить від складу рецептури, технологічного режиму тістоприготування та випікання.

Основними сполуками, що формують аромат хліба є карбонільні сполуки. Визначення проводили за методом Р.Р. Токаревої та В.Л. Кретовича. Метод базується на зв'язуванні карбонільних сполук бісульфіт натрієм.

Вміст бісульфітзв'язуючих речовин у м'якушці та скоринці виробів наведено в табл. 6.3. Аналіз отриманих даних дозволяє стверджувати, що у м'якушці виробів з ЦНЛЗ і ПНЛЗ, порівняно з контролем, спостерігається більший приріст вмісту бісульфітзв'язуючих речовин на 31,5 та 24,1 %, відповідно. В скоринці приріст ароматичних сполук складає відповідно 40,1 та 38,8 %.

Таблиця 6.3 - Вміст бісульфітв'язуючих речовин у виробах

Показник	Контроль	15 % ЦНЛЗ	20 % ПНЛЗ
Вміст бісульфітв'язуючих речовин, мг-екв. / 100 г СР:			
через 3 год. зберігання			
загальний вміст	29,1	40,3	39,6
– в скоринці	23,7	33,2	32,9
– в м'якушці	5,4	7,1	6,7
через 24 год. зберігання			
загальний вміст	22,9	33,0	32,2
– в скоринці	17,3	25,5	25,1
– в м'якушці	5,6	7,5	7,1
через 48 год. зберігання			
загальний вміст	18,4	27,3	26,3
– в скоринці	13,9	21,1	20,5
– в м'якушці	4,5	6,2	5,8

Необхідно відмітити, що утворенні в процесі випікання ароматичні речовини накопичуються в основному у скоринці, а потім частково дифундують у м'якушку і там адсорбуються.

Органолептично, збільшення вмісту бісульфітв'язуючих речовин у виробах з ПНЛЗ та ЦНЛЗ, порівняно з контролем проявлялося у появі горіхового аромату.

Під час зберігання хліба загальний вміст карбонільних сполук безперервно знижується. При цьому в перші години зберігання хліба вміст ароматичних сполук у скоринці знижується як в результаті їх звітрювання, так і внаслідок концентраційного переміщення в м'якушку, тому вміст карбонільних сполук в м'якушці за першу добу зберігання підвищується. Під час подальшого зберігання хліба їх вміст знижується як в скоринці, так і в м'якушці. При цьому втрати бісульфітв'язуючих сполук у виробах з лляною сировиною були менші, ніж у контролі, і становить через 48 год. зберігання у скоринці виробів з ЦНЛЗ 36,4 %, з ПНЛЗ – 37,7 %; у м'якушці відповідно 12,7 і 13,4 %, тоді як в контролі у скоринці – 41,3 %, а в м'якушці – 16,7 %.

6.4 Вплив насіння льону на харчову цінність виробів

У розділі 3 було показано, що насіння льону сортів «Золотистий» та «Світлозір» є цінним джерелом олії, багатой α -ліноленовою кислотою, харчовими волокнами, білками з збалансованим амінокислотним складом. Тому включення насіння льону до рецептури хліба сприятиме покращанню його харчової цінності та надання функціональних властивостей. Для підтвердження цього було проведено розрахунок вмісту основних складових у готових виробках, що містять рекомендовані дозування цілого насіння 15 % до маси борошна та 20 % подрібненого насіння льону. Розрахунок здійснено за допомогою програми Optima.

Розрахунок хімічного складу виробів (рис. 6.3) показав, що додавання насіння льону сприяє збільшенню вмісту білка в 100 г продукту на 14,4 % та 18,3 %, відповідно за дозування 15 % та 20 % до маси борошна, збільшенню в них вмісту жирів у 6,8 та 8,4 разів, зменшення вуглеводів на 14 % та 17,8 % за рахунок зменшення вмісту крохмалю та поряд з цим підвищення вмісту харчових волокон в 30 та 38 разів, збільшення вмісту мінеральних речовин на 9,5 % та 11,4 %.

За прийнятого дозування розрахунковим шляхом було встановлено, що таке дозування дозволяє суттєво покращити у виробках індекс якості жирів на 18,8 % за дозування 15 % до маси борошна та 21,3 % за дозування 20 % до маси борошна та незначно індекс якості білків (рис. 6.4).

Аналіз жирнокислотного складу готових виробів показав (рис. 6.5), що у хлібі з льоном вміст лінолевої та ліноленової кислот зростає відповідно у 2,7 та 112 разів за дозування 15 % до маси борошна, у 3,2 та 143 рази за дозування 20 %.

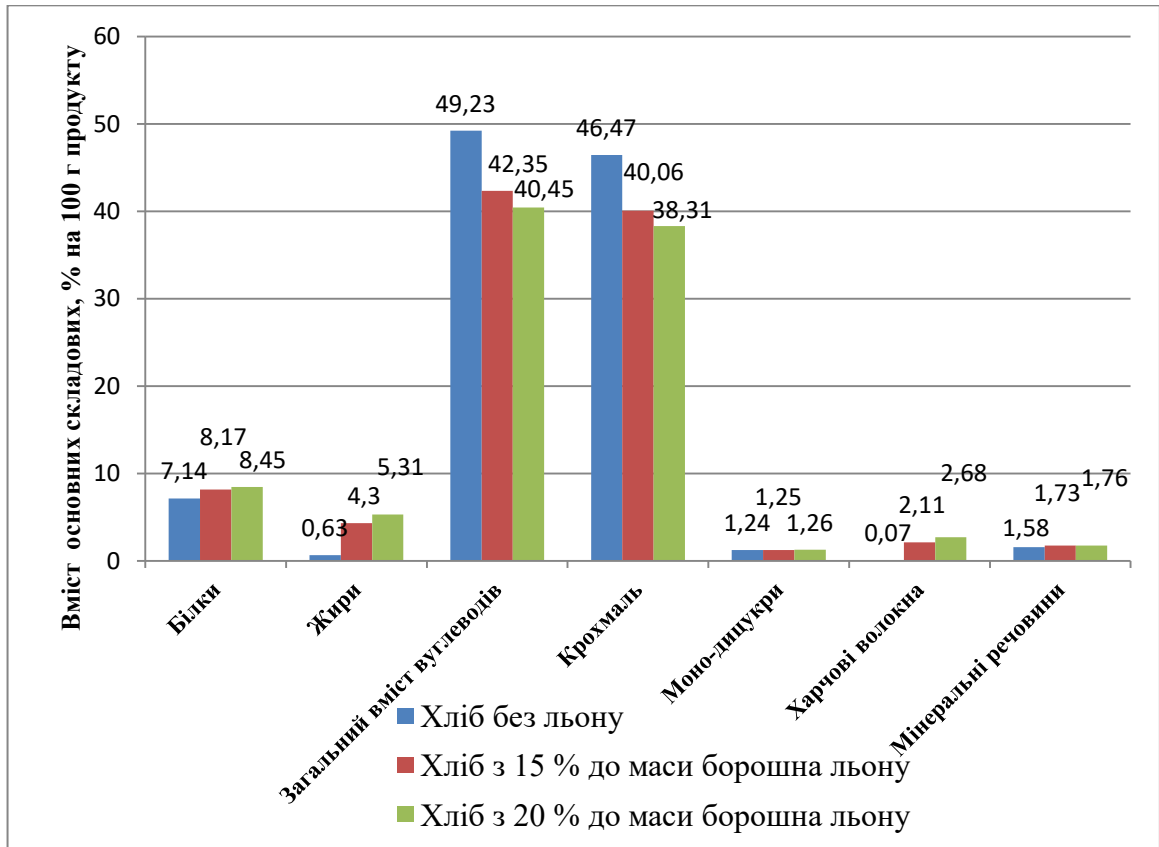


Рис. 6.3 - Порівняння вмісту основних складових у готових виробах

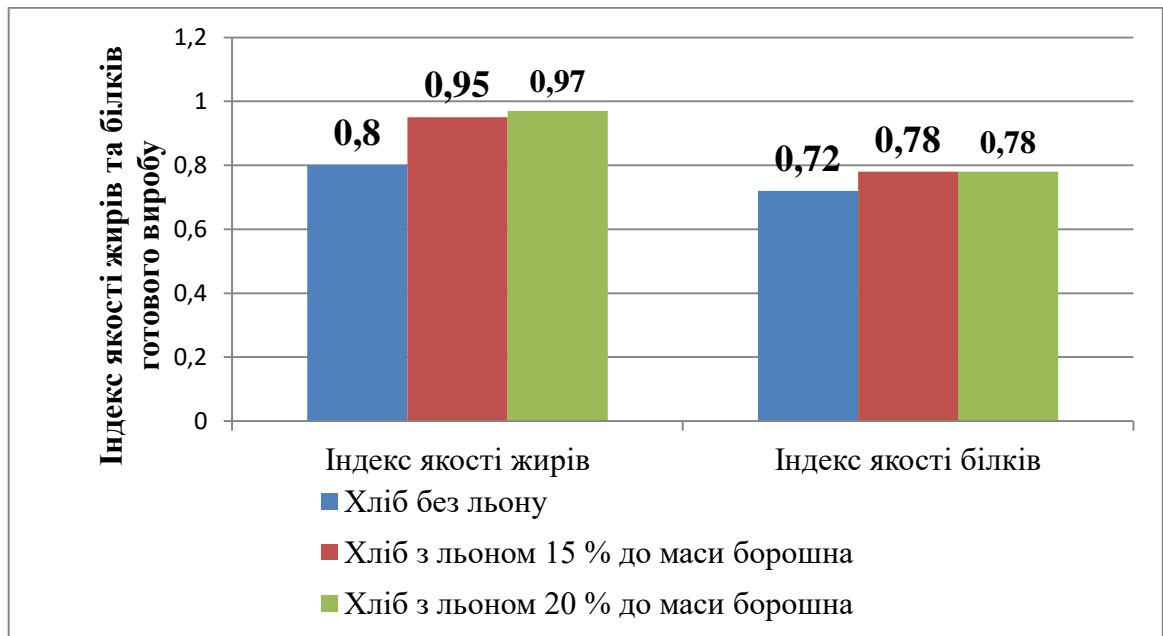


Рис. 6.4 - Індекс якості білків та жирів в готових виробах

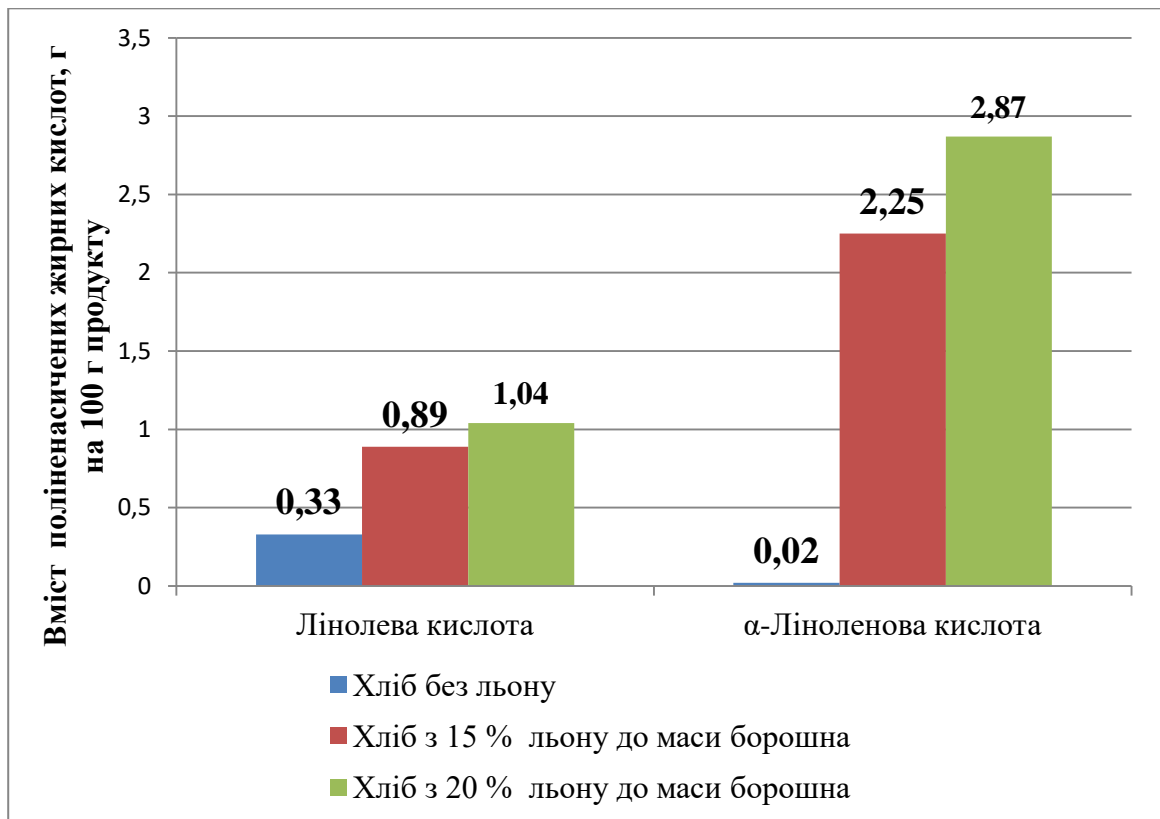


Рис. 6.5 – Порівняння вмісту поліненасичених жирних кислот

Крім цього проведено розрахунки забезпеченості добової потреби в основних харчових речовинах в умовах вживання денної норми хліба – 277 г для жінок віком 30 – 39 років, II групи інтенсивної праці, відповідно до існуючих «Норм фізіологічних потреб населення в основних харчових речовинах та енергії»

Результати розрахунку забезпечення добової потреби у основних речовинах за умови вживання 277 г хліба наведено в таблиці 6.4. Дані розрахунків свідчать, додавання 15 та 20 % насіння льону дозволяє підвищити вміст білкових речовин у добовій нормі споживання виробів на 19,5 % та 23,8 %, відповідно, а жирів у 6,8 та 8,4 разів, відповідно. Покриття добової потреби поліненасичених жирних кислотах становит 78% та 98 % у дослідних зразках з 15 та 20 % льону проти 8,8 % у контрольному зразку, тому можна стверджувати, що наші вироби матимуть функціональні властивості. А співвідношення між поліненасиченими жирними кислотами ω 3-: ω -6 становить 2,5:1 та 2,7:1 у зразках відповідно з 15 та 20 % льону, що наближається до рекомендованого проф. Левицьким А.П 4:1, в той час як у контролі ω -3: ω - 6 15:1. У разі дозування 20% льону до маси борошна

забезпеченість у харчових волокнах становить 30 %, що також надає виробу функціональних властивостей.

Таблиця 6.4 – Забезпечення добової потреби у основних речовинах за умови вживання 277 г хліба

Складові	Добова потреба	Міститься у 277 г хліба			Покриття добової потреби, %		
		Хліб пшеничний (контроль)	Хліб з льоном 15 % до маси борошна	Хліб з льоном 20 % до маси борошна	Хліб пшеничний (контроль)	Хліб з льоном 15 % до маси борошна	Хліб з льоном 20 % до маси борошна
Білки, г	59	18,9	22,6	23,4	32	38	39,7
Жири, г	60	1,74	11,9	14,7	2,9	19,8	24,5
у т.ч. поліненасичені жирні кислоти	11,0	0,97	8,7	10,8	8,8	79	98
ω-3		0,06	6,2	7,9			
ω-6		0,91	2,5	2,9			
Вуглеводи загальні, г	344	137	117,3	112	39,8	34	32,6
у т.ч. харчові волокна, г	25	0,2	5,8	7,4	0,8	23,2	30,0
Енергетична цінність, ккал	2150	608	639	648	28,3	29,7	30,2

Таким чином, встановлено, що додавання насіння льону в рецептуру пшеничного хліба дозволяє суттєво покращити його жирно кислотний склад та в певній мірі білковий та надати виробам функціональних властивостей.

6.5 Удосконалення технології хлібобулочних виробів з цілим та подрібненим насінням льону

За результати досліджень наведених в попередніх розділах відомо, що максимально доцільним є дозування високоліноленового жовтонасінневого насіння льону у кількості 15 % до маси борошна в цілому вигляді та 20 % до маси борошна в подрібненому вигляді. Також, було встановлено, що для інтенсифікації технологічного процесу та покращення споживчих властивостей хліба

ефективним за цього дозування є операція попереднього замочування насіння льону, яка покращує органолептичні властивості готових виробів.

Зважаючи на результати попередніх досліджень, було встановлено, що для покращення якості хліба із додаванням насіння льону білого доцільно тісто готувати вологістю 41...43,0 %.

У випадку використання цілого насіння льону в сухому вигляді доцільно використовувати опарний спосіб приготування тіста із внесенням насіння льону безпосередньо при замішуванні опари. Також є можливим використанням безопарного способу приготування тіста, але з попереднім замочуванням насіння льону за температури води 60 °С протягом 90...120 хв. При цьому доцільно використовувати подовжений спосіб замішування, а саме: замішування при 1-й швидкості тривалістю 5 хв та при 2-й швидкості – 15 хв.

У випадку використання подрібненого насіння льону в сухому вигляді доцільно використовувати безопарний спосіб приготування тіста із замішуванням у тістомісильній машині періодичної дії на 1-й швидкості тривалістю 5 хв. та при 2-й швидкості – 10 хв. Також доцільно застосовувати опарний спосіб приготування тіста із внесенням подрібненого насіння льону у першу фазу - опару.

На підставі встановленої ефективності використання насіння льону як з точки зору покращання біологічної цінності та жирнокислотного складу, так і технологічної, були розроблені рецептури виробів із додаванням насіння льону в цілому та подрібненому стані та включенням до їх рецептури сировини, що покращує якість виробів: цукор білий, пюре яблучне, молоко сухе, кріп свіжий та гвоздика. Методом пробного лабораторного випікання визначено особливості перебігу технологічного процесу та якість виробів, виготовлених з цими компонентами, встановлено їх рецептурний вміст. На основі результатів досліджень розроблені рецептури хлібобулочних виробів хліб «Льонок», хлібець бутербродний з льоном та булочку «Ляну» (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 - Розроблені рецептури виробів (сировина у % до маси борошна)

	Зразки хлібобулочних виробів		
	1	2	3
	Хліб «Льонок»	Хлібець бутербродний з льоном	Булочка «Ляна»
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	100,0	100,0
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	15,0	7,5	-
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	-	7,5	15,0
Дріжджі пресовані	3,5	3,0	4,0
Сіль кухонна	1,3	1,5	1,5
Цукор білий кристалічний	4,0	2,0	7,0
Молоко сухе	2,5	-	-
Кріп свіжий	-	0,5	-
Пюре яблучне	-	-	12,0
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене на посипку	-	1,0	-
Насіння льону (жовтих сортів) ціле на посипку	-	-	1,0
Гвоздика	-	-	0,1

Дані зразки виробів були представлені на Всеукраїнському конкурсі хлібобулочних виробів 2021 року і визнані як «Кращі хлібобулочні вироби спеціального призначення 2021 року», та нагороджені Дипломом I ступеня за хліб «Льонок» та Дипломами II ступеня за хлібець «Бутербродний» та булочку «Ляну».

В умовах підприємства виробництво даного асортименту з цілим насінням льону не потребує встановлення додаткового обладнання і заміни діючого. Апаратурно-технологічна схема виробництва виробів наведена на рис.6.7. У випадку використання подрібненого насіння льону виникає потреба у встановленні подрібнювача, щоб забезпечити у виробничих умовах подрібнення насіння льону не раніше як за 3 год до його використання.

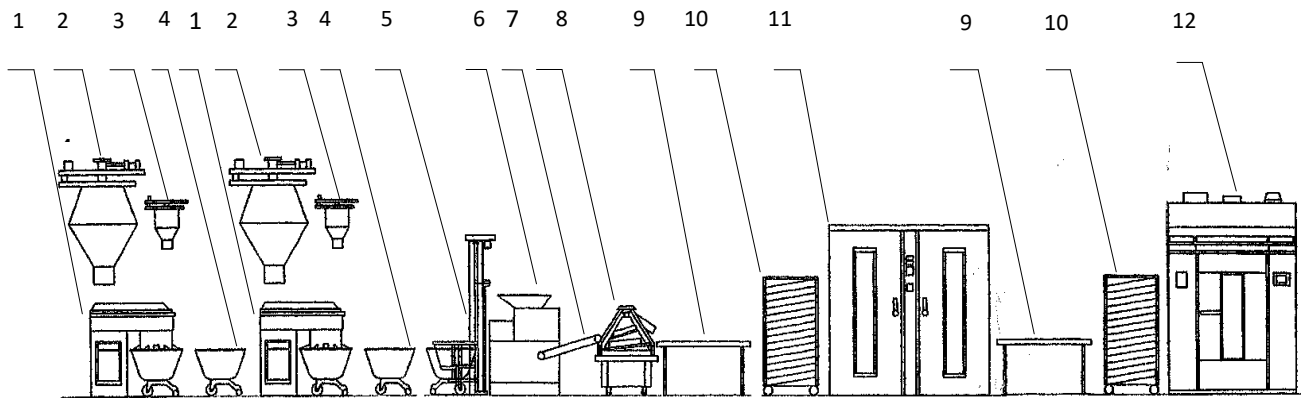


Рисунок 6.8 – Апаратурно-технологічна схема виробництва виробів:
1 – тістомісильна машина, 2 – дозатор борошна, 3 – дозатор рідких компонентів, 4 – діжа, 5 – діжеперекидач, 6 – тістоподільник, 7 – транспортер, 8 – тістоокруглювач, 9 – стіл для оброблення тіста, 10 – контейнер з листами, 11 – шафа остаточного вистоювання, 12 – хлібопекарська ротаційна піч.

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

Традиційну густу опару готують вологістю 45 – 48 % із 40 – 55 % всього борошна порційним способом. При порційному приготуванні опару замішують у діжі (4) двохшвидкісної тістомісильної машини періодичної дії (1). У діжу дозують воду, дріжджову суспензію, попередньо замочене насіння льону (ціле або подрібнене), засипають борошно. Опару замішують до одержання однорідної маси, після чого залишають дозрівати. Тісто замішують у двохшвидкісній тістомісильній машині періодичної дії (1): у діжу (3) з вибродженою опарою вносять воду, сольовий розчин, суспензію дріжджів та решту компонентів за рецептурою та замішують протягом 10 – 15 хв. Тісто дозріває у діжах (4) 60-90 хв. Готовність тіста визначають за збільшеним об'ємом в 1,5-2 рази та кислотністю. Дозріле тісто діжеперекидачем (5) подається до тістоподільної машини (6). Тістовим заготовкам для булочок «Ляних» подових надають круглої форми тістоокруглювачем (8), для хлібців бутербродних з льоном – квадратної форми вручну або на формуючих машинах, для формового хліба Льонки тістові заготовки поміщають у форми.

Сформовані тістові заготовки укладають на листи контейнера (10), який направляють у шафу (11) для вистоювання до готовності за температури 35-38 °С і відносній вологості 75-80 % становить 30-50 хв.

Вистояні тістові заготовки для булочки «Лляної» і хлібця «Бутербродний» посипають насінням льону цілим і подрібненим відповідно.

Випікають тістові заготовки в ротаційній печі (12) за температури 200-210°С 15-30 хв залежно від маси виробів. Температурний режим, тривалість вистоювання та випікання виробів можуть змінюватись залежно від виду обладнання, умов його експлуатації та якості сировини.

Розроблені технології хлібобулочних виробів апробовані в умовах виробничих цехів №7-8 ПАТ «Київхліб», пекарні «Піщанська» та Мурованокурилицькому хлібозаводі (додаток).

Основні результати досліджень, наведених у розділі, опубліковані в [288,292,300].

6.6 Висновки

1. Встановлено, що вироби з внесення ЦНЛ та ПНЛ у замоченому стані сприяє уповільненню втрати виробами свіжості, що обумовлено високою водопоглинальною здатністю полісахаридів насіння льону та утворенням ними з біополімерами борошна комплексів, що затримують ретроградацію крохмалю.

2. Доведено, що ЦНЛЗ та ПНЛЗ зумовлюють збільшення у виробах вмісту ароматоутворюючих речовин на 31,5 та 24,1 %, відповідно, та менші втрати їх під час зберігання хліба.

3. Показано, що включення насіння льону в кількості 15 та 20 % до маси борошна забезпечує покриття добової потреби в поліненасичених жирних кислотах на 78% та 98 % проти 8,8 % у контрольному зразку, тому можна стверджувати, що вироби матимуть функціональні властивості. А співвідношення між поліненасиченими жирними кислотами ω 3-: ω -6 становить 2,5:1 та 2,7:1 у зразках відповідно з 15 та 20 % льону, що наближається до рекомендованого проф. Левицьким А.П 4:1, в той час як у контролі ω -3: ω - 6 15:1.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження обраних для роботи високоліноленових жовтонасіневих сортів льону «Золотистий» та «Світлозір» показали, що їх насіння містить, порівняно з пшеничним борошном, майже у два рази більше білка, який здатний за своїм амінокислотним складом доповнити хлібобулочні вироби з пшеничного борошна лімітуючою амінокислотою лізин. У насінні льону сортів «Золотистий» та «Світлозір» вміст жиру становить 45,6 % і 48,1 % відповідно, що у 41,5 та 43,7 разів більше, ніж в пшеничному борошні. За жирнокислотним складом олія цих сортів льону переважає пшеничне борошно майже у 10 разів за вмістом α -ліноленової кислоти. Насіння льону може бути джерелом харчових волокон та вітаміну Е для збагачення хлібобулочних виробів.

2. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для забезпечення балансу смакових властивостей хліба з пшеничного борошна, структури його м'якушки та максимально збагатити виріб складовими насіння льону рекомендовано ціле насіння вносити у кількості до 15 % до маси борошна, подрібнене насіння льону – у кількості 20 % до маси борошна. Подрібнене насіння льону доцільно використовувати з розміром частинок що пройшли через сито з розміром чарунок 1мм. Зменшення крупності ПНЛ негативно позначається на структурі м'якушки виробів. Доведено, що з технологічної точки зору виробництва хлібобулочних виробів сорт високоліноленового жовтонасіневого льону цілого чи подрібненого не впливає на якість хліба. Використання коричневонасіневих високоліноленових сортів, порівняно з жовтонасіневими, має суттєвий вплив лише на формування забарвлення скоринки та м'якушки виробів.

3. Встановлено, що подрібнене насіння льону технологічно можливо застосовували у рецептурі листових хлібобулочних виробів для збагачення виробу поліненасиченими жирними кислотами родини ω -3 та водорозчинними полісахаридами, які, відповідно клінічним дослідженням, ефективні для запобігання негативного впливу трансжирів харчових

продуктів. При цьому дозування подрібненого насіння льону у кількості 15 % до маси борошна дозволяє не лише підвищити харчову цінність виробів, а й знизити рецептурну кількість маргарину на шарування.

4. На підставі експериментальних досліджень та оптимізації технологічного процесу було встановлено, що у разі використання цілого та подрібненого насіння льону у виробництві пшеничного хліба доцільно застосовувати операцію замочування за таких параметрів: гідромодуль насіння льону та води 1:2 або 1:3, температура води на замочування 60 °С, тривалість замочування 90...120 хв. У разі застосування обраних параметрів питомий об'єм хліба, виготовленого із замочуванням цілого насіння підвищується на 36 %, порівняно зі зразком без замочування, а у випадку із замочуванням подрібненого НПЛ – підвищується на 13,7 %. Встановлено режими замішування тіста, що сприяють покращанню якості хлібобулочних виробів: на першій швидкості 5 хв та другій швидкості 15 хв у разі додавання цілого насіння льону та на першій швидкості 5 хв та другій швидкості до 10 хв – у разі додання ПНЛ. Експериментальними даними підтверджено, що тісто з цілим насінням льону доцільно готувати вологістю в діапазоні 42...44 %, з використання подрібненого насіння льону є 43 %. Встановлено, що у разі замішування тіста опарним способом з додавання цілого або ПНЛ, їх доцільно вносити у першу фазу - опару.

5. Встановлено, що внесення насіння льону як в цілому, так і подрібненому вигляді зумовлює зменшення кількості клейковини, порівняно з контролем, на 17 та 35 %, відповідно, а у разі застосування замочування, відповідно на 43 та 65 %. У разі замочування цілого і подрібненого насіння льону скорочується тривалість утворення тіста та становить 6,0 та 3,5 хв проти 20,0 та 7,5 хв для зразків з цілим та подрібненим насінням льону, внесених у сухому вигляді. Відзначено покращання газоутримувальної здатності тіста внаслідок стабілізації тістової системи слизеутворюючими полісахаридами, які знаходяться в прошарках тістової системи та збільшення на 60 та 49 % вмісту проміжної

фракції білка. Відзначено, що зменшення розпливання тістових заготовок у зразках з замоченими продуктами свідчить про збільшення в'язкості тіста, що зумовлює підвищення формоутримувальної здатності тістових заготовок. Внесення цілого та подрібненого насіння льону здійснює значний вплив на динаміку виділення діоксиду вуглецю під час бродіння і рекомендовано скоротити тривалість бродіння тіста для зразку з цілим насінням льону до 90 хв, а для зразків з подрібненим та замоченими лляними продуктами до 60 хв. Встановлено, лляні продукти зумовлюють зниження зброджування та утворення цукрів в тістовій системі, уповільнює клейстеризацію крохмалю, внаслідок підвищенню в'язкості системи, що в подальшому зумовлює більш повільне прогрівання тістових шарів під час випікання та подовжує тривалість випікання тістових заготовок та 3...6 хв порівняно з контролем.

6. Встановлено, що внесення ЦНЛ та ПНЛ у замоченому стані сприяє уповільненню втрати виробами свіжості, що обумовлено високою водо поглинальною здатністю полісахаридів насіння льону та утворенням ними з біополімерами борошна комплексів, що затримують ретроградацію крохмалю. Доведено, що ЦНЛ та ПНЛ зумовлюють збільшення у виробі вмісту ароматоутворюючих речовин та менші втрати їх під час зберігання хліба. Включення насіння льону у рецептуру хліба сприяє підвищенню вмісту α - ліноленової кислоти та змінити співвідношення між поліненасиченими жирними кислотами ω 3-: ω -6 становить 2,5:1 та 2,7:1 у зразках відповідно з 15 та 20 % льону, що наближається до рекомендованого проф. Левицьким А.П 4:1, в той час як у контролі ω -3: ω - 6 15:1.

7. На основі результатів досліджень розроблено рецептури та технологічні інструкції на нові хлібобулочні вироби: хліб «Льонок», хлібець «Бутербродний з льоном», булочка «Ляна» із додавання високоліноленових жовтонасіневих сортів льону в цілому та подрібненому вигляді, які були схвалені «Харчовою контрольно-виробничою

лабораторією Київської облспоживспілки» та затвердженні в установленому порядку. За результатами досліджень апробовано технологію у виробничих умовах цеху № 7-8 ПАТ «Київхліб» м. Київ, пекарні «Піщанська» м. Мелітополь, Запорізької обл., Мурованокуриловецькому хлібозаводі кооперативної промисловості смт. Муровані Курилівці, Вінницької обл.

8. Виробництво хлібобулочних виробів з додаванням насіння льону (жовтонасіневих сортів) (хліб «Льонок», хлібець бутербродний з льоном та булочки лляної) є економічно ефективним. Роздрібна ціна хліба «Льонок» становить 20,19 грн., хлібця бутербродного з льоном 5,03 грн. та булочки лляної 7,09 грн. Впровадження нових видів виробів сприятиме розширенню асортименту хліба з оздоровчими властивостями, що має важливе соціальне значення.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Всемирная статистика здравоохранения 2016: мониторинг здоровья для ГРП, цели устойчивого развития. Женева. ВОЗ, 2016 г. 121 с.
2. Глобальные оценки в области здравоохранения: Предложения по движению вперед. Женева. ВОЗ, 2013 г. 4 с. (дата звернення 13-14.02.2013).
3. Загальна теорія здоров'я та здоров'язбереження : колективна монографія / за заг. ред. проф. Ю.Д. Бойчука. Харків: Вид. Рожко С. Г., 2017. 488 с.
4. Рингач Н.О. Громадське здоров'я як чинник національної безпеки : монографія. Київ: НАДУ, 2009. 296 с.
5. Демченко І. Громадське здоров'я: міжнародно-правові підходи до визначення. Наукові записки Інституту законодавства Верховної Ради України. 2018. №2. с.53-58.
6. Громадське здоров'я : підручник для студ. вищих мед. навч. закладів / В.Ф. Москаленко, О.П. Гульчій, Т.С. Грузєва та інш. Вид. 3. Вінниця : Нова Книга, 2013. 560 с.
7. Борисенко А.В. Проблематика громадського здоров'я. URL: http://cgz.vn.ua/problematika-gromadskogo-zdorovya/problematika-gromadskogo-zdorovya_445.html (дата звернення:12.05. 2020р.).
8. Розробка та фінансування регіональних і місцевих програм громадського здоров'я : операційний посібник/ В. Ляшко, Н. Півень, М. Брага та ін. // Центр громадського здоров'я. 60 с. URL: https://phc.org.ua/sites/default/files/users/user90/Manual_Development%20and%20funding%20of%20regional%20and%20local%20public%20health%20programs_print_210x297%2B3mm.pdf
9. Про схвалення Концепції розвитку системи громадського здоров'я : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.11.2016 № 1002-р. URL: https://mvs.gov.ua/uk/for_citizens/rehabilitation-rest/koncepciya-rozvitku-sistemi-gromadskogo-zdorovya

10. Про систему громадського здоров'я. Законопроект центру громадського здоров'я МОЗ України. URL: <https://phc.org.ua/news/zakonoproekt-pro-sistemu-gromadskogo-zdorovya-priynyato-u-pershomu-chitanni>.
11. Желюк Т. Сучасні підходи до реалізації публічної політики у сфері охорони здоров'я. Вісник Тернопільського національного економічного університету. 2019 р. № 1. С. 37-50. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vtneu_2019_1_5
12. Устінов О.В. Глобальний тягар хвороб в Україні. Український медичний часопис. URL: <https://www.umj.com.ua/article/191372/globalnij-tyagar-hvorob-v-ukrayini> (дата звернення:26.10.2020).
13. Сміянова О.І. Реалізація заходів щодо профілактики неінфекційної захворюваності URL: <https://pubhealth.med.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/02/Lecture-9-Public-health-propaedeutics.pdf>
14. Неинфекционные заболевания. Информационные бюллетени ВОЗ. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases> (дата звернення 01.06.2018).
15. Health 2020. A European policy framework and strategy for the 21st century. Copenhagen. WHO, 2013. 180 p.
16. Глобальный план действий по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними на 2013–2020 гг. Женева. ВОЗ, 2014. 114 с.
17. Борьба с основными болезнями в Европе – актуальные проблемы и пути их решения : Факты и цифры. ЕРБ ВОЗ/03/06. Копенгаген. 2006. 7 с.
18. Достижение девяти глобальных целей по НИЗ, общая ответственность: Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире, 2014. ВОЗ, 2014. 16 с.
19. Громадське здоров'я в Україні. Основні статистичні показники за 2008 рік / за заг. ред. В.М. Князевича та інш. Київ: Книга плюс, 2009. 36 с.
20. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарноепідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2014 рік / МОЗ України; ДУ «УІСД МОЗ України». К., 2015. 460 с.

21. Яременко О., Балакірєва О., Вакуленко О. та ін. Формування здорового способу життя молоді: проблеми і перспективи / Український ін-т соціальних досліджень. К., 2000. 207 с. URL: <http://www.health.gov.ua/health.nsf/7cd1e76cd2c16dd6c12565fb002be32d/79a9a308803a86dfc22569fb0031c486?OpenDocument>

22. Мезенцева Н.І., Батиченко С.П., Мезенцев К.В. Захворюваність і здоров'я населення в Україні: суспільно-географічний вимір: монографія. К.: ДП «Прінт Сервіс», 2018. 136 с.

23. Показатели развития человеческого капитала . Всемирный банк. 2018. URL : <http://www.vsemirnyjbank.org/ru/publication/humancapital>.

24. Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України (результати наукових розробок 2018 року) / за ред. акад. НАМНУ Сердюка А. М. Київ, Видавництво: «Рекламне агентство TR Studio», 2019, Вип. № 5. 212 с.

25. Тривалість життя українців нижча, ніж середня у світі – демографи <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3269908-trivalist-zitta-ukrainciv-nizca-niz-seredna-u-sviti-demografi.html> (дата звернення: 24.06.2021).

26. Основи харчування: підручник / М.І. Кручаниця, І.С. Миронюк, Н.В. Розумикова, В.В. Кручаниця, В.В. Брич, В.П. Кіш. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2019. 252 с.

27. Про затвердження Національного плану заходів щодо неінфекційних захворювань для досягнення глобальних цілей сталого розвитку: Розпорядження Кабінет міністрів України від 26.07.2018 р. № 530-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnogo-planu-zahodiv-shchodo-neinfekciynih-zahvoryuvan-dlya-dosyagnennya-globalnih-cilej-stalogo-rozvitku>.

28. Дослідження STEPS: поширеність факторів ризику неінфекційних захворювань в Україні у 2019 році. Копенгаген, Європейське регіональне бюро ВООЗ; 2020. Ліцензія: CC BY NC SA 3.0 IGO URL: https://www.phc.org.ua/sites/default/files/users/user90/STEPS_Report_ukr.pdf

29. Лобань Г.А., Зачепило С. В., Коваленко Н. П. Формування здорового способу життя студентів як запорука суспільного та економічного розвитку держави. Актуальні проблеми сучасної медицини. 2015. Т. 15, № 2. С. 30-32.

30. Глобальная стратегия по питанию, физической активности и здоровью. – ВОЗ. Женева, 2004. 18 стр.

31. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneve, 2003. 149 p. URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf?sequence=1.

32. Малахова Л.В. Шляхи подолання "прихованого" голоду як складової глобальної продовольчої проблеми. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм. 2013. № 1086(2). С. 86-89. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhMv_2013_1086_2_18

33. Як харчуватися збалансовано. Сайт Міністерства охорони здоров'я. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/jak-harchuvatisja-zbalansovano> (дата звернення 20.08.2019).

34. Як харчування впливає на смертність і що може змінити кожен для свого здоров'я. Сайт Міністерства охорони здоров'я. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/jak-harchuvannja-vplivae-na-zdorovja-i-scho-mozhe-zminiti-kozhen-dlja-svogo-zdorovja>. (дата звернення 12.04.2019).

35. Результати дослідження глобального тягаря хвороб в Україні. Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: <https://phc.org.ua/news/rezultati-doslidzhennya-globalnogo-tyagarya-khvorob-v-ukraini> (дата звернення 23.10.2020).

36. Капрельянц Л.В., Петросьянц А.П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології: підручник. Одеса: Друк, 2011. 269 с.

37. Національний план заходів щодо неінфекційних захворювань. Пресцентр Міністерства охорони здоров'я України. URL:

<https://moz.gov.ua/article/news/uhvaleno-nacionalnij-plan-zahodiv-schodoneinfekcijnih-zahvorjuvan>. (дата звернення 31.07.2018).

38. Kaprelyants L., Yegorova A., Trufkati L., Pozhitkova L. Functional foods: prospects in Ukraine. Food Science and Technology. 2019. Т. 13(2). С. 15-23.

39. Kain V., Ingle K.A., Kachman M., Baum H., Shanmugam G., Rajasekaran N.S., Young M.E., Halade G.V. Excess ω -6 fatty acids influx in aging drives metabolic dysregulation, electrocardiographic alterations, and low-grade chronic inflammation. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2018. Т.314(2). С. 160-169.

40. Гуліч М.П., Морзеєва О.М. Здоровье человека: научные основы питания. Здоров'я України. 2003, №62. С. 12–18.

41. Концепція поліпшення продовольчого забезпечення та якості харчування населення: Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26.05.2004 р. № 332-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/6595467>. (дата звернення: 15.10.2019)

42. Державна політика у сфері охорони здоров'я : кол. моногр. : у 2 ч. / [кол. авт. ; упоряд. проф. Я.Ф. Радиш ; передм. та заг. ред. проф. М.М. Білинської, проф. Я.Ф. Радиша]. Київ: НАДУ, 2013. Ч. 1. 396 с.

43. Драгун Т., Броунс Ф. Технологии здорового питания. Пищевая промышленность. 2005. №5. С. 11-15.

44. Капрельянц Л.В., Пожиткова Л.Г., Білик О.А., Жук О.В. Функціональні продукти: генезис, сучасний стан і тенденції. Харчова промисловість, НУХТ. 2020, № 27. С. 7-20.

45. Шемета О.О., Дожук К.М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя. Ліки України. 2015№1 (186). С. 24-27.

46. Дыдыкин А.С., Асланова М.А. Функциональное питание — новая концепция здорового образа жизни. Агротехника и технологии. 2016, №3. С. 116-127. URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/23406-funktsionalnoe-pitanie/>.

47. Alongi M., Anese M. Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*. 2021 (81). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466> .

48. Карпенко П.О., Пересічна С.М., Михайлик В.С., Мельничук Н.О. Продукти функціонального призначення та проблеми щодо їх визначення. *Журнал практичного лікаря*. 2009, № 3. С. 51–53.

49. Gur J., Mawuntu M., Martirosyan D.M. FFC's advancement of functional food definition. *Functional Foods in Health and Disease*. 2018(8). P. 385-397. DOI: <https://doi.org/10.31989/ffhd.v8i7.531>.

50. E.H.M. Moors Functional foods: Regulation and innovations in the EU. *Innovation - The European Journal of Social Science Research*. 2012 (25). P. 424-440.

51. Bech-Larsen T., Scholderer J. Functional foods in Europe: consumer research, market experiences and regulatory aspects, *Trends in Food Science & Technology*, 2007, 18(4). P. 231-234.

52. Bernacchia R., Preti R., Vinci G. Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2014. №2 (8). P. 2-9.

53. 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> .

54. Гуліч М.П. Сучасні підходи та гігієнічна оцінка функціональних продуктів харчування. *СЕС – профілактична медицина*. 2005, №1. С.54–55.

55. Богатырев В.Б. Научные принципы обогащения пищевых продуктов микронутриентами. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2013, №1 (98). С. 26–29.

56. Шмалько Н.А. Применение структурного анализа для формализации технологического процесса производства функциональных хлебобулочных изделий. *ХКП України*. 2012, № 9. С. 41–43.

57. Díaz L.D., Fernández-Ruiz V., Cámara M. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*. 2020 68(103896). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896> .

58. Debasis B., *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World (Third Edition)*, Academic Press, 2019. P. 323-336. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816467-9.00021-6>.

59. Bailey R. Functional Foods in Japan: Foshu (“foods for Specified Health Uses”) and “foods with Nutrient Function Claims”. *Regulation of Functional Foods and Nutraceuticals: A Global Perspective*. 2005. C. 247—262.

60. 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). C. 2-9.

61. 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. C. 31—45.

62. Богатырёв А.Н., Макеева И.А. Проблемы и перспективы в производстве натуральных продуктов питания. *Пищевая промышленность*. 2014, № 2. С.8

63. Юдина С.Б. *Технология продуктов функционального питания*. М.: ДеЛи принт, 2008. 280 с.

64. 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>.

65. Bogue J., Collins O., Roy A.M. Market analysis and concept development of functional foods. D. Bagchi, S. Nair (Eds.). *Developing new functional food and nutraceutical products*. Elsevier Science Publishing Co Inc, Cambridge. 2017. P. 29-45.

66. Plasek B., Temesi Á. The credibility of the effects of functional food products and consumers’ willingness to purchase/willingness to pay— review. *Appetite*, 2019 (143). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.104398> .

67. L. Domínguez D., Fernández-Ruiz V., Cámara M. The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019(1-9). P. 1738-1746. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1592107>.

68. Domínguez Díaz L., Fernández-Ruiz V., Cámara M. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 2020 (68). URL: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896>.

69. Технология функциональных продуктов питания: учебное пособие для вузов. Л.В. Донченко [и др.]; под общей редакцией Л.В. Донченко. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 176 с.

70. Стратегія розвитку Київської області на 2021-2027 роки. Публічна інформація. URL: <http://koda.gov.ua/oblderzhadministratsija/publicchna-informatsiya/strategiya-rozvitku-kiivskoi-oblast/>.

71. Дробот В.И., Михоник Л.А., Грищенко А.Д.. Продукты функционального назначения. *Мир продуктов*, 2009, № 9. С. 6–8.

72. Арсеньєва Л.Ю., 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.

73. Бойко И.А., Скрыгун Н.П., Бойко В.А. Современное состояние функционирования хлебопекарной промышленности Украины. *Научно-теоретический и практический журнал. Серия : Экономические науки*. Уральск : Уралнаука. 2013, № 15. С. 24–30.

74. Олійні культури в Україні: навчальний посібник/ Гаврилюк М.М., Салатенко В.Н., Чехов А.В. за ред. А.В. Чехова. К.: Основа, 2007. 416с.

75. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н. Масличный лен и его комплексное использование. М.: ЦНИИЛКА, 2000. 90 с.

76. Рід *Linum L.* у флорі України: монографія/ Оптасюк О.М., Шевера М.В., відп. ред. В.В. Протопопова. Київ: Альтерпрес, 2011. 276 с. http://www.botany.kiev.ua/doc/opt_shevera_2011.pdf.

77. Shima Yo.Yo., Guia B., Arnisonb P.G., Wangcand Yo., Martin J.T. Reaney. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2014, № 38. P. 5-20.
78. Рудік О.Л., Рудік Н.М. Вплив заходів вирощування на склад жирних кислот насіння льону олійного. *Лікарські рослини: Традиції та перспективи досліджень*: матер. III міжнар. наук.-конф. «Березоточа», м. Херсон, 14–15 липня 2016 р./ Київ: ТОВ «ДІА», 2016. С. 127–131.
79. Тараймович І.В. Можливості розширення асортименту продуктів харчування за рахунок місцевої олійної сировини. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2015. № 13. С. 167–171.
80. Ebrahimi B., Nazmara Z., Hassanzadeh N., Yarahmadi A., Ghaffari N., Hassani F., Liaghat A., Noori L., & Hassanzadeh G. Biomedical features of flaxseed against different pathologic situations: A narrative review. *Iranian journal of basic medical sciences*. 2021, 24(5). P. 551–560. URL: <https://doi.org/10.22038/ijbms.2021.49821.11378>.
81. Singh K. K., Mridula D., Rehal J. & Barnwal P. Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2011, Mar; 51(3). P. 210-222. URL: <https://doi.org/10.1080/10408390903537241>.
82. Панкрушина А.Н., Григорьева А.Л., Пахомов П.М., Стеблинин А.Н. Изучение содержания белка в льняных жмыхах и продуктах их переработки. *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. 2005, № 10. С. 7-10.
83. Зубцов В.А., Осипова Л.Л., Лебедева Т.И. Льняное семя, его состав и свойства *Российский Химический Журнал*. 2002, т. XLVI(2). С. 14.
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. Дьяков А.Б. Физиология и экология льна. Краснодар: ВНИИКК им. В.С. Пустовойта, 2006. 214 с.
86. Зубцов В., Миневиц И., Цыганова Т. *Linum usitatissimum* — самый полезный. *Хлебопродукты*. 2009, №6. С.64-65.

87. Стеценко Н.О., Краєвська С.П. Аналіз жирнокислотного складу насіння льону при створенні продукції ресторанного господарства функціонального призначення. *Готельно-ресторанний бізнес: інноваційні напрями розвитку: матеріали міжнар. науково-практичної конф., м. Київ 25-27 березня 2015 р./К.: НУХТ, 2015 р. С. 96-97.*

88. Березовський Ю.В. Технічні рішення процесу переробки лляної сировини. *Наука та інновація. 2017, 13(3). С. 25-37.*

89. Дідора В.Г., Малиновський А.С., Дереча О.А. та ін. Льонарство. Підручник. За ред. В.Г. Дідори. Житомир: Житомирський національний агроєкологічний університет, 2008. 488 с.

90. Лобанов В.Г., Щербин В.В. Оптимальный жирнокислотный состав пищевых растительных масел. *Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2003. №4. С. 21.*

91. Руднов В.А. Клинические перспективы использования Омега-3 жирных кислот в интенсивной терапии критических состояний, осложнённых синдромом системного воспаления. *Инфекции в хирургии. 2007, № 4. С. 18-32.*

92. Heude B., Ducimetiere P., Berr C. & Study E.V.A. Cognitive decline and fatty acid composition of erythrocyte membranes—The EVA Study. *Am J Clin Nutr. 2003(77). P. 803–808.*

93. Fontani G., Corradeschi F., Felici A., Alfatti F., Migliorini S. and Lodi L. Cognitive and physiological effects of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation in healthy subjects. *Eur. J. Clin. Invest. 2005 (35). P. 691-699.*

94. Lands B., Simopoulos A.P., F. De Meester. A balanced omega-6/omega-3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease: *World review of nutrition and dietetics. Basel: KARGER, 2009 (100). P. 22–34.*

95. Imopoulos AP, De Meester F (eds): A balanced omega-6/ omega-3 fatty acid ratio, cholesterol and coronary heart disease. *World rev nutr diet. Basel, Karger, 2009 (100). P. 110-121. DOI: <https://doi.org/10.1159/000235716>.*

96. Kanonidou C. Small dense low-density lipoprotein: Analytical review. *Clinica Chimica Acta. 2021 (520). P.172-178.*

97. Zvintzou E., Karampela D.S., Vakka A., Xepapadaki E., Karavia E.A., Hatziri A., Giannopoulou P.C., Kypreos K.E. High density lipoprotein in atherosclerosis and coronary heart disease: Where do we stand today? *Vascular Pharmacology*. (Pub Date: 2021-10-22) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vph.2021.106928>.

98. Patade A., Devareddy L., Lucas E.A., Korlagunta K., Daggy B.P., Arjmandi B.H. Flaxseed reduces total and LDL cholesterol concentrations in Native American Postmenopausal women. *Journal of Womens Health*. 2008, № 17 (3). P. 355-366.

99. Harris W.S. n-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 1997, № 65(5). Pages 1645S – 1654S, DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.5.1645S> .

100. Lorente-Cebrián S., An. G.V. Costa, Navas-Carretero S., Zabala M., Martínez J.A. & Moreno-Aliaga M.J. Role of omega-3 fatty acids in obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular diseases: a review of the evidence. *Journal of Physiology and Biochemistry*. 2013 (69). P. 633-651.

101. Зайцева Л.В., Нечаев А.П. Баланс полиненасыщенных жирных кислот в питании. *Пищевая промышленность*. 2014. №11. С.56-59 .

102. Knapp H.R., Sinclair A., Gibson R. Physiological and biochemical effects of ω -3 fatty acids in man. *Champaign: AOCS Publications*. 1993 (1). P. 330 - 333.

103. Луценко М.В., Сова Н.А. Про можливість застосування конопляної олії для профілактики захворювання і реабілітації від COVID-19. URL: <http://ibc-naas.com/wp-content/uploads/2020/06/hemp-vs-Covid.pdf>.

104. Eidelman A.I. The effect of long chain polyunsaturated fatty acids on infant development, (chapter) in *Infant Nutrition*. Jerusalem.: «2000 plus. Lebenthal E (ed) Old City Publishers». 2001. P. 21-29.

105. Leon H., Shibata M.C., Sivakumaran S., Dorgan M., Chatterley T., Tsuyuki R.T. Effect of fish oil on arrhythmias and mortality: systematic review. *BMJ* 2008; 337(a2931). URL: http://www.bmj.com/content/337/dec23_2/a2931.

106. Large scale cohort study of the relationship between serum cholesterol concentration and coronary events with low!dose simvastatin therapy in Japanese

patients with hypercholesterolemia/M. Matsuzaki [et al.]//*Circ. J.* 2002 (66). P. 1087–1095.

107. Domingo J.L. Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: Is all that glitters gold? *Environ Int.* 2007 (33). P. 993-998, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.05.001>.

108. El-Beltagi H.S., Salama Z.A., El-Hariri D.M. Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary metabolites in seeds of different flax cultivars (*Linum Usitatissimum* L.). *General Applied Plant Physiology*. 2007. № 33. Pp. 187-202.

109. Bassett C.M., McCullough R.S., Edel A.L., Patenaude A., LaVallee R.K., & Pierce G.N. The α -linolenic acid content of flaxseed can prevent the atherogenic effects of dietary trans fat. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*. 2011, 301(6). H2220–H2226. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00958.2010>.

110. Rodriguez-Leyva D., Weighell W., Edel A.L., LaVallee R., Dibrov E., Pinneker R., Maddaford T.G., Ramjiawan B., Aliani M., Guzman R. & Pierce G.N. Potent antihypertensive action of dietary flaxseed in hypertensive patients. *Hypertension*. 2013. № 62(6). P. 1081–1089.

111. Caligiuri S.P., Aukema H.M., Ravandi A., Guzman R., Dibrov E. & Pierce G.N. Flaxseed consumption reduces blood pressure in patients with hypertension by altering circulating oxylipins via an α -linolenic acid-induced inhibition of soluble epoxide hydrolase. *Hypertension*. 2014, 64(1). P. 53–59.

112. Caligiuri S.P., Rodriguez-Leyva D., Aukema H.M., Ravandi A., Weighell W., Guzman, R., & Pierce G.N. Dietary Flaxseed Reduces Central Aortic Blood Pressure Without Cardiac Involvement but Through Changes in Plasma Oxylipins. *Hypertension*. 2016, 68(4). P. 1031–1038.

113. Asselin C.Y., Lam A., Cheung D.Y.C., Eekhoudt C.R., Zhu A., Mittal I., Mayba A., Solati Z., Edel A., Austria J.A., Aukema H.M., Ravandi A, Thliveris J, Singal P.K., Pierce G.N., Niraula S., Jassal D.S. Prevention of Doxorubicin- and Trastuzumab-Mediated Cardiotoxicity in C57BL/6 Mice. *The Journal of Nutrition*. 2020, 150 (9). P. 2353–2363. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa144>.

114. Bkaily G. and Jacques D. Flaxseed as an Anticardiotoxicity Agent in Breast Cancer Therapy. *The Journal of Nutrition*, 2020, 150 (9). P. 2231–2232. DOI:<https://doi.org/10.1093/jn/nxaa213>.

115. Parikh M., Raj P., Austria J., Yu.L., Garg B., Netticadan T., & Pierce G. Dietary flaxseed protects against ventricular arrhythmias and left ventricular dilation after a myocardial infarction. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2019 (71). P 63-71.

116. Patenaude A., Rodriguez-Leyva D., Edel A.L., Dibrov E., Dupasquier C.M., Austria J.A., Richard M.N., Chahine M.N., Malcolmson L.J., & Pierce G.N. Bioavailability of alpha-linolenic acid from flaxseed diets as a function of the age of the subject. *European journal of clinical nutrition*. 2009, 63(9). P. 1123–1129. DOI:<https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.41>

117. Abdelhamid A.S., Brown T.J., Brainard J.S., Biswas P., Thorpe G.C., Moore H.J., Deane K.H.O., AlAbdulghafoor F.K., Summerbell C.D., Worthington H.V., Song F., Hooper L. Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018, Issue 11. Art. No.: CD003177. DOI:10.1002/14651858.CD003177.pub4

118. Lands B. A critique of paradoxes in current advice on dietary lipids. *Prog. Lipid Res.* 2008 (47). P. 77-106.

119. Левицкий А.П. Идеальная формула жирового питания. Одесса: НПА "Одесская биотехнология", 2002. 61 с

120. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation (10-14 November 2008, Geneva). *FAO food and nutrition paper*. Rome, 2010. 189 p.

121. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»: [утверждены главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 18 дек. 2008 г.]. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2008 г. 41 с.

122. Живетин В.В., Гинзбург Л.П. Масличный лён и его комплексное использование. М.: ЦНИИЛКА, 2000. 312с.

123. Васьковский В.Е., Горбач Т.А., Есипов А.В. и др. Омега-3 жирные кислоты: диагностическое значение и роль индивидуальных особенностей организма пациентов. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2012. Т. 47, №1. С. 23–25.

124. Коденцова В.М., Кочеткова А.А., Смирнова Е.А. и др. Состав жирового компонента рациона и обеспеченность организма жирорастворимыми витаминами. *Вопросы питания*. 2014. Т. 83, № 6. С. 4–17.

125. Enzifst L.E., Vveo M.E. Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review. *Food New Zealand*. 2014. Issue april/may. P. 26–28.

126. Ganorkar P.M., Jain R.K. Flaxseed – a nutritional punch. *International Food Research Journal*. 2013. № 20 (2). P. 519–525.

127. Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П., Сигарева М.А. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2015. № 5-6. С. 42–45.

128. Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2015, 31(1). P. 42–51.

129. Kaur M., Kaur R., Punia S. Characterization of mucilages extracted from different flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars: A heteropolysaccharide with desirable functional and rheological properties, *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018, V. 117. P. 919-927.

130. Thakur G., Mitra A., Pal K., Rousseau D. Effect of flaxseed gum on reduction of blood glucose and cholesterol in type 2 diabetic patients. 2009. P. 126-136. (Published online: 21 Sep 2009).

131. Пороховинова Е.А., Павлов А.В., Брач Н.Б., Морван К. Углеводный состав слизи из семян льна и его связь с морфологическими признаками. *Сельскохозяйственная биология*. 2017, Т. 52, №1. С. 161-171 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglevodnyy-sostav-slizi-iz-semyan-lna-i-ego-svyaz-s-morfologicheskimi-priznakami/viewer>.

132. Qian K., Cui S., Goff H. Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. *Food Hydrocolloids*. 2012, № 2. С. 275-283.

133. Anderson J.W., Baird P., R.H. Davis Jr., Ferreri S., Knudtson M., Koraym A., Waters V., Williams C.L. Health Benefits of Dietary Fiber. *Nutrition Reviews*. 2009. № 67 (4). P. 188-205
134. Махоніна М., Рашевська Т., Вашека О. Перспективи використання насіння льону як багатокomпонентної системи для харчування і оздоровлення. *Молокопереробка*. 2009. №3(42). С. 24-27
135. Миневич И.Э., Зубцов В.А., Цыганова Т.Б. Использование семян льна в хлебопечении. *Хлебопродукты*. 2008, № 3. С. 56–57.
136. Миневич И.Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Москва, 2009. 234 с.
137. Зубцов В.А., Миневич И.Э. Биологические и физико-химические основы использования льняной муки для разработки хлебобулочных изделий. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2011. № 3. С. 10–13.
138. Sacace J., Mazza G. Extraction of lignans, proteins and carbohydrates from flaxseed meal with pressurized low polarity water. *LWT-Food Science and technology*. 2007. № 7. С. 1637-1647.
139. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Зубцов В.В., Молофеев В.Ю. Пищевая ценность и функциональные свойства семян льна. *Вопр. питания*. 2012. № 3. С. 4-10.
140. Rabetafika H., Remoortel V., Danthine S., Paquot M. Flaxseed proteins: food uses and health benefits. *International journal of food science and technology*. 2011. № 46 С. 221-228.
141. Chung M., Lei B., Li-Chan E. Isolation and structural characterization of the major protein fraction from NorMar flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*. 2005. № 9. С. 271-279.
142. Щербаков В.Г., Москвич И.А. Влияние протеиназ и их ингибиторов на пищевую ценность белков. *Известия вузов: Пищевая технология*. 2006, № 4 С.35-36.

143. Киреева М.С. Перспективное использование семени льна в специализированном питании. *Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека: материалы Международного научно-практического семинара*. Тверь, 2012. С. 181-185.

144. Кулешева Н.И., Кошелев Ю.А. Новый функциональный продукт на основе семени льна: получение, оценка качества. *Ползуновский вестник*. 2011. № 3/2. С. 145-149.

145. Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П., Сигарева М.А. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности. *Известия вузов: Пищевая технология*. 2015. № 5-6. С. 42–45.

146. Touré A., Xueming X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety. Institute of Food Technologists*. 2010. № 9 (3). P. 261–269. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x>.

147. Zanzwar A.A., Hegde M.V., Bodhankar S.L. Chapter 71-Flax Lignan in the Prevention of Atherosclerotic Cardiovascular Diseases. In: Watson R.R., Preedy V.R., Zibadi S., editors. *Polyphenols in Human Health and Disease*. Academic Press; San Diego, CA, USA: 2014. P. 915–921.

148. Francisco A., Tomas-Barberan F., Juan C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. № 81. P. 853-876.

149. Prasad K. Flaxseed and cardiovascular health. *Journal of cardiovascular pharmacology*. 2009, 54(5). P. 369–377. DOI: <https://doi.org/10.1097/FJC.0b013e3181af04e5>.

150. Prasad K. A study on regression of hypercholesterolemic atherosclerosis in rabbits by flax lignan complex. *Journal of cardiovascular pharmacology and therapeutics*. 2007, 12(4). P. 304–313. DOI: <https://doi.org/10.1177/1074248407307853>.

151. Prasad K. Flax lignan complex slows down the progression of atherosclerosis in hyperlipidemic rabbits. *Journal of cardiovascular pharmacology and therapeutics*. 2009, 14(1). P. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.1177/1074248408330541>.

152. Prasad K., Jadhav A. Prevention and treatment of atherosclerosis with flaxseed-derived compound secoisolariciresinol diglucoside. *Current pharmaceutical design*. 2016, 22(2). P. 214–220. DOI: <https://doi.org/10.2174/1381612822666151112151130>.

153. Prasad K., Khan A.S., Shoker M. Flaxseed and Its Components in Treatment of Hyperlipidemia and Cardiovascular Disease. *The International journal of angiology* : official publication of the International College of Angiology, Inc. 2020, 29(4). P. 216–222. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1709129>.

154. Gerstenmeyer E., Reimer S., Berghofer E., Schwartz H., Sontag G. Effect of thermal heating on some lignans in flax seeds, sesame seeds and rye. *Food Chemistry*. 2013, 138 (2–3). P. 1847-1855.

155. Султаева Н.Л., Перминова В.С. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Том 7, №1 (январь - февраль 2015) URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/145TVN115.pdf>.

156. Toulabi T., Yarahmadi M., Goudarzi F., Ebrahimzadeh F., Momenizadeh A., Yarahmadi S. Effects of flaxseed on blood pressure, body mass index, and total cholesterol in hypertensive patients: A randomized clinical trial. *EXPLORE: The Journal of Science and Healing* Available online 24.05.2021. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34119421/>.

157. Hutchins A.M., Brown B.D., Cunnane S.C., Domitrovich S.G., Adams E.R., Bobowiec C.E. Daily flaxseed consumption improves glycemic control in obese men and women with pre-diabetes: A randomized study. *Nutr Res*. 2013, 33. P. 367–75.

158. Draganescu D., Andritoiu C., Hritcu D., Dodi G., Popa M.I. Flaxseed Lignans and Polyphenols Enhanced Activity in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Biology*, 2021, 10. P. 43. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10010043>.

159. Flax Industry – New Vision. *Flax Council of Canada*. URL: <https://flaxcouncil.ca/wp-content/uploads/2016/05/Flax-Industry-Strategic-Vision-4.22.16.pdf> (date of publication: April 2016).

160. Codină G.G., Istrate A.M., Gontariu Io., Mironeasa S. Rheological Properties of Wheat–Flaxseed Composite Flours Assessed by Mixolab and Their Relation to Quality Features. *Foods*. 2019, 8(8). P. 333 -348.

161. Сильчук Т.А., Сахненко К.О., Зуйко В.І. Шляхи розширення асортименту хлібних виробів для закладів ресторанного господарства. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Том 26, №1. С. 189-194.

162. Пономарева Е.И., Лукина С.И., Одинцова А.В., & Кобзева А.О. Влияние продолжительности замачивания семян льна на предел прочности флаксов. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2017. 79 (2 (72)). С. 138-142.

163. Кулешова Н.Й. Разработка технологий специализированных продуктов с использованием семени льна и их товароведная оценка: автореф. дис....канд. технических наук: 26.05.2012, Кемерово. 2012. 18 с.

164. Бондаренко Ю.В., Білик О.А., Борщова О.А. Використання насіння льону золотого у виробництві органічних хлібних паличок спеціального призначення. *Modern scientific researches*. 2020. Issue 11. P. 58-63.

165. Андронович Г.М., Федорова Д.В., Бондаренко Ю.В. Дослідження впливу насіння льону на якість бараночних виробів. «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»: матеріали міжнародних науково-практичних конференцій (м. Київ, 10-11 вересня 2019). Київ: НУХТ, 2019. С. 49-50.

166. Bondarenko Yu., 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.

167. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В., Білик О.А. Використання насіння льону у виробництві хліба чабата на пулішу. *Інтеграційні та інноваційні напрями*

розвитку харчової індустрії: матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції (м. Черкаси, 1-2.11.2018). Черкаси: ФОП Гордієнко Є.І.. 2019. Т. 1. С. 52-54.

168. Кузнецова Е.А., Мордвинкин С.А. Возможность использования измельченных семян льна при производстве пшеничного хлеба. *Научно-агрономический журнал*. 2019. 2 (105). С. 18-20.

169. Типсина Н.Н., Селезнева Г.К. Использование льняной муки в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. *Вестник Крас ГАУ*. 2010. С. 178-181.

170. Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Гончар В.В. Мука из семян льна в производстве обогащенных хлебобулочных изделий. *Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: материалы III-й международной научно-практической конференции (г. Краснодар, 07.04.2019)* URL: http://vniitti.ru/conf/conf2019/articles/RoslyakovYu.F._VershininaO.L._GoncharV.V._SatsyukK.A._BerezanskayaA.S._statya.pdf.

171. Pourabedin M., Aarabi A., Rahbaran S. Effect of flaxseed flour on rheological properties, staling and total phenol of Iranian toast. *Journal of Cereal Science*. 2017. № 76. P. 173-178.

172. Xu Yi., Hall III C.A., Manthey F.A. Effect of Flaxseed Flour on Rheological Properties of Wheat Flour Dough and on Bread Characteristics. *Journal of Food Research*. 2014. Vol. 3 (6). P. 83-91.

173. Codină G.G., Mironeasa S. Use of response surface methodology to investigate the effects of brown and golden flaxseed on wheat flour dough microstructure and rheological properties. *J. Food Sci. Technol.* 2016, 53. P. 4149–4158.

174. Codină G.G., Arghire C., Rusu M., Oroian M.A., Sănduleac E.T. Influence of two varieties of flaxseed flour addition on wheat flour dough rheological properties. *Ann. Univ. Dunarea Jos Galati Fascicle VI Food Technol.* 2017, 41. P. 115–126.

175. Pourabedin M., Aarabi A., Rahbaran S. Effect of flaxseed flour on rheological properties, staling and total phenol of Iranian toast. *J. Cereal Sci.* 2017, 76. P. 173–178.

176. Султаева Н.Л., Перминова В.С. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий. *Науковедение.* 2015. Т.7(1). С.1-15.

177. Чернышова В.А., Лабутина Н.В., Белявская И.Г., Богатырева Т.Г., Юдина Т.А. Влияние льняной муки на качество хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки. *Пищевая промышленность.* 2016, 5. С. 66-69.

178. Конева С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий. *Ползуновский вестник.* 2016, 3. С. 35-38.

179. Marpalle P., Sonawane S.K., LeBlanc J.G., Arya S.S. Nutritional characterization and oxidative stability of α -linolenic acid in bread containing roasted ground flaxseed. *LWT - Food Science and Technology.* 2015, Vol. 61(2). P. 510-515.

180. Пономарева Е.И., Кривошеев А.Ю., Лукина С.И., Алехина Н.Н., Габелко Е.А., Агапов Б.Л. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания. *Техника и технология пищевых производств.* 2018, 48 (1). С. 114-124.

181. Мельниченко О.В., Лебеденко Т.Є. Розробка технології пшеничного хліба з підвищеною харчовою цінністю. *Хлебопродукты.* 2008. № 5. С.13-16.

182. Лебеденко Т.С., Ружицька Н. Ми дослідили вплив рослинних добавок на хід технологічного процесу та якість хлебобулочних виробів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.* 2010. №2 (63). С. 9–12.

183. Saka İ., Baumgartner B., Özkaya B. Usability of microfluidized flaxseed as a functional additive in bread. June 2021 *Journal of the Science of Food and Agriculture Follow journal* DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11378>.

184. Дробот В.І., Бондаренко Ю.В., Іжевська О.П. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. *Зернові продукти і комбікорми.* 2015. С.42-45

185. Дробот В.І., Бондаренко Ю.В., Іжевська О.П. Шрот насіння льону в технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2016. С. 76-81.

186. Wirkijowska A., Zarzycki P., Sobota A., Nawrocka A., Blicharz-Kania A., Andrejko D. The possibility of using by-products from the flaxseed industry for functional bread production. *LWT*. 2020. Vol. 118(6). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108860>.

187. Сильчук Т.А. Шулак М.Я. Розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого призначення. *Научный взгляд в будущее*. 2017. Вып. 6. С. 69-75.

188. Conforti F.D., Davis S.F. The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread. *Food Science & Technology*. 2006. Vol. 41(2). P. 95-101.

189. Sęczyk Ł., Świeca M., Dziki D., Anders A., Gawlik-Dziki Ur., Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. *Food Chemistry*. 2017. Vol.214. P. 32-38.

190. Hao M., Beta T. Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 133(4). P. 1320-1325.

191. Ziemichód A., Różyło R., Dziki D. Impact of Whole and Ground-by-Knife and Ball Mill Flax Seeds on the Physical and Sensorial Properties of Gluten Free-Bread. *Processes*. 2020, Vol. 8 (4). 452 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8040452>.

192. Maidana S.D., Finch S., Garro M., Savoy G., Gänzle M., Vignolo G. Development of gluten-free breads started with chia and flaxseed sourdoughs fermented by selected lactic acid bacteria. *LWT*. 2020. Vol. 125. PP. 109189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109189>.

193. Березовикова И.П., Варнавская О.Д., Зырянова Е.Л., Коротева Е.А., Ратникова Л.Б., Шомко В.Е. Использование семян пажитника и льна в качестве структурообразователей мякиша в безглютеновых хлебобулочных изделиях. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2019. 2 (143). С. 161-168.

194. Краус С. Льняное семя и пищевая ценность хлебобулочных изделий. *Хлебопродукты*. 2000. №9. С. 28-29.
195. Захарова А.С., Конева С.И. Актуальность использования льняной муки и смеси круп при производстве хлебобулочных изделий. *Ползуновский вестник*. 2016 (3). С. 31-34.
196. Kechkin I., Ermolaev V., Gurkovskaya E., Glebova I., Yakovchenko M., Fedorov D. Shelf life of composite flour mixtures. *BIO Web of Conferences*. 2021. Vol. 37. P. 74-80.
197. Егушова Е.А., Позднякова О.Г. Технологические аспекты производства хлеба функционального назначения. *Достижения науки и техники АПК*. 2018. 32 (12). С. 90-93. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11225.
198. Дробот В.І., Білик О.А., Бондаренко Ю.В. Використання урбечу з насіння льону у виробництві пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2017. С. 211-219.
199. Назарова О.М., Исакова Т.С. Технология ржано-пшеничного бездрожжевого хлеба функциональной направленности с комплексным использованием семени льна. *Известие КГТУ*. 2015. № 37. С. 102-112
200. Миневич И.Э. Разработка технологических решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов: дис.... канд. тех. наук : 05.18.01 / Моск. гос. ун-т технологий и упр. Москва, 2009. 321 с.
201. Gökmen V., Mogol B.A., Lumaga R.B., Fogliano V., Kaplun Z., Shimoni E. Development of functional bread containing nanoencapsulated omega-3 fatty acids. *Journal of Food Engineering*. 2011. Vol. 105(4). P. 585-591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.021>
202. Gallardo G., Guida L., Martinez V., López M.C., Bernhardt D., Blasco R., Pedroza-Islas R., Hermida L.G. Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. *Food Research International*. 2013. Vol. 52(2). P. 473-482.
203. Rai D.C., Paswan A.K., Paswan V.K. Optimization of coating material for encapsulation of flax seed oil containing omega-3 fatty acids. *Ann. Phytomed*. 2020. 9(2). P. 277-282. DOI: <http://dx.doi.org/10.21276/ap.2020.9.2.27>.

204. Феськова Е.В., Леонтьев В.Н., Жарский И.М. Комплексная переработка семян льна масличного. *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2009. №4. С. 207-209

205. Rajiv, J., Indrani, D., Prabhasankar, P. et al. Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *J Food Sci Technol*. 2012. 49. P. 587–593 DOI:

<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0307-2>.

206. Čukelj N., Novotni D., Sarajlija Hr., Drakula S., Voučko B., Čurić D. Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. *LWT*. 2017. Vol. 86. P. 85-92.

207. Kaur A., Kaur R., Bhise S. Baking and sensory quality of germinated and ungerminated flaxseed muffins prepared from wheat flour and wheat atta. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 19(1). P. 109-120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.07.002>.

208. Снегирева Н.В Марченко Л.В Использование льняной муки и семян льна в рецептурах мучных кондитерских изделий. *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 11. С. 143-150. DOI:10.36718/1819-4036-2019-11-143-150.

209. Mantri R., Sonavane S., Arya S. Flaxseed: Health Benefits and Applications. *Food Marketing and Techn*. 2012. PP. 24-28.

210. Махинько Л.В., Ковбаса В.М. Використання насіння льону у виробництві продуктів екструзійної технології. (НУХТ, м. Київ). URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1821/1/mlvvnluvpet.pdf>.

211. Lee R.E, Manthey F.A., Hall C.A. Content and stability of hexane extractable lipid at various steps of producing macaroni containing ground flaxseed. *JFoodProcessPreserv*. 2004. P. 133–144.

212. Manthey F.A., Sinha S., Wolf-Hall C.E., Hall C.A. Effect of flaxseed flour and packaging on shelf life of refrigerated pasta. *J FoodProcessPreserv*. 2008. P. 75–87.

213. Villeneuve S., Marchais L.-Ph.D., Gauvreau V., Mercier S., Chi Bao Do, Arcand Yv. Effect of flaxseed processing on engineering properties and fatty acids profiles of pasta. *Food and Bioproducts Processing*. 2013. Vol. 91(3). P. 183-191.

214. Анненкова Н.Б., Рудавська Г.Б. Майонезний соус з використанням насіння льону. *Продовольча індустрія*. 2011. № 5. С. 40-44.

215. Гладчук О., Кравчук Н. Використання лляного борошна для підвищення харчової цінності соусів. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів (м.Київ 10–11.04.2014)*. Київ: НУХТ, 2014. Ч. 3. С. 435-436.

216. Павлюченко О.С., Усатюк О.М., Бондар Н.П. Использование семян льна в технологии соусов. *Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты* : Сб. Юбилейной X науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2012. С. 210-212.

217. Тошев А.Д., Журавлева Н.Д. Разработка технологии соусов с добавкой растительного происхождения с повышенной пищевой ценностью. *Вестник ЮУрГУ*. 2016. С. 94-101.

218. Bilek E.T. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. *Meat Sci*. 2009. 82. PP. 472–477.

219. Веретинська І.А., Сухенко Ю.І. Вивчення хімічного складу насіння льону для використання в технології виробництва січених напівфабрикатів. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2013_2_20.

220. Веретинська І.А., Слободянюк Н.М. Актуальність використання насіння льону у технології січених напівфабрикатів. *Научные труды SWorld*. 2016. Вып. 45. Т. 3. С. 21-26

221. Борсолук Л., Войцехівська Л., Лизова В., Вербицький С. Оцінювання можливості та доцільності використання лляного та рисового борошна у складі функціональних паштетних продуктів. *Стан і перспективи харчової науки та промисловості: матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (м.*

Тернопіль, 11-12.10.2017). Тернопіль: ТНТУ. 2017. С. 124–126. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/22120>.

222. Goh K.K.T., Ye A., Dale N. Characterisation of ice cream containing flaxseed oil. *Intl J FoodSciTechnol*. 2006. P. 946–953.

223. Жакупова Г.Н., Букеева А.Т. Разработка кисломолочного продукта с растительными компонентами. *Международный научный журнал «Интернаука»*. 2017. С. 69-71

224. Бередина Л.С., Воронова Н.С. Исследования органолептических и физико-химических показателей льняного семени, как нового функционального ингредиента в молочной промышленности. *Молодой ученый*. 2015. № 14 (94). С. 128-131. URL: <https://moluch.ru/archive/94/21126/>, (дата обращения: 26.07.2020).

225. Воронова Н.С., Бередина Л.С. Исследование состава льняного жмыха как нового ингредиента в производстве молочных продуктов *Современные тенденции технических наук* : материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). Казань : Бук, 2015. С. 93-96. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8911/>, (дата обращения: 26.07.2020).

226. Чернакова О.В., Забодалова Л.А. Лен как функциональный ингредиент пищевой и, в частности, молочной промышленности. *Новые технологии и проблемы технических наук*: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции (Красноярск 06.11.2014). Красноярск, 2014. 156 с.

227. Махно Ю., Товстановська Т., Сагайдак Є., Ягло М. Найцінніша з сільгоспкультур. URL: <https://a7d.com.ua/plants/17184-naycnnsha-z-slgospkultur>, (дата звернення 23.04.2014).

228. Україна різко скорочує вирощування льону. *ГС «АРЛКУ»*. URL: <https://www.fhdau.org.ua/pro-lon/ukrayina-rizko-skorochuye-viroshhuvannya-lonu/#more-463>, (дата звернення: 04.09.2018).

229. Ревіталізація фаворита. *ГС «АРЛКУ»*. URL: <https://www.fhdau.org.ua/pro-lon/revitalizatsiya-fovorita/#more-716>, (дата звернення: 15.12.2020).

230. Шкурко М. Україна втрачає експортні позиції на світовому ринку льону. *AgroPortal*. URL: <http://agroportal.ua/ua/news/eksklyuzivny/ukraina-teryayet-eksportnye-pozitsii-na-mirovom-rynke-lna/#>, (дата звернення: 15.10.2019).

231. Експорт олійного льону з України впав до 5-річного мінімуму : веб-сайт. *ГС «АРЛКУ»*. URL: <http://www.fhdau.org.ua/pro-lon/ekspost-oliynogo-lonu-z-ukrayini-vpav-do-5-richnogo-minimumu/>, (дата звернення: 12.06.2019).

232. Чехова И.В., Чехов С.А., Шкурко Н.П. Отечественный рынок льна. Научный журнал “*Экономика Украины*”. 2017. 1 (654). С. 52-63.

233. Бурка А. Тенденции на рынке нишевых масличных культур в Украине. *АПКИнформ. Итоги*. 2016. № 11 (17). С. 22–26.

234. Шевченко І.А., Лях В.О., Поляков О.І., Сорока А.І., Ведмедева К.В., Журавель В.М., Махно Ю.О., Товстановська Т.Г., Буділка Г.І. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури). Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя: СТАТУС, 2017. 44 с

235. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>, (дата звернення: 28.10.2021).

236. Перелік сортів льон низький. Аграрії разом. 2017-2021. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/list-culture-varieties?plant=410>.

237. Сортіві ресурси льону олійного. *Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/sortovi-resursi-lonu-oliynogo>, (дата публікації: 05.06.2018).

238. Носенко Ю. Технологія вирощуванн льону. *Агробізнес сьогодні*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/528-naibilsh-korysnyi.html>, (дата публікації: 08.10.2021).

239. Резерв підвищення врожаїв льону олійного. *Агратний тиждень*. URL: <https://a7d.com.ua/plants/40239-rezerv-pdvishchennya-vrozhayiv-lonu-olynogo.html>, (дата публікації: 15.05.2018).

240. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. посіб. / за ред. В.І. Дробот. Київ: Кондор, 2015. 972 с.

241. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. Введ. 1999-01-01. Минск: ИПК Издательство стандартов, 1998. 10 с.

242. ГОСТ 30418-96. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава. Введ. 1998-01-01. К.: Госстандарт Украины, 1998. 8 с.

243. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений : учеб. Пособие. Москва: Колос, 1976. 256 с.

244. Дробот В.І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв : навч. посіб. / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, О. А. Білик та ін.; за ред. В.І. Дробот. Київ : Центр навч. літ-ри, 2006. 341 с.

245. Донченко Г.В. Биохимия убихинона (Q). Киев: Наук, думка, 1988. 240 с.

246. ГСТУ 46.004-99. Борошно пшеничне. Технічні умови. Київ: Галузевий стандарт України, 1999. 10 с.

247. Лебеденко Т.Є., Пшенишнюк Г.Ф., Соколова Н.Ю. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум. Одеса: «Освіта України», 2014. 392 с.

248. ДСТУ ГОСТ 29144:2009. Зерно і зернопродукти. Визначення вологості (базовий контрольний метод). К.: Держспоживстандарт України, 2009. 8 с.

249. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч.посіб. / за ред. В.І. Дробот. Київ: Кондор, 2015. 972 с.

250. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва: навч.посіб. Київ: Руслана, 1998. 416 с.

251. Атлас сканирующей электронной микроскопии клеток, тканей и органов / под ред. О.В. Волковой, В.А. Шахламова, А.А. Миронова. М.: Медицина, 1987. 464 с.

252. Pomeranz Y., Meyer D., Sibel W., Wheat dough and bread studies skanning electron microscopy. *J. Chemistry*, 1984, Vol.61, № 1. P.7–12.

253. Контроль хлебопекарного производства: учебное пособие для вузов / С.Я. Корячкина, Н.В. Лабутина, Н.А. Березина, Е.В. Хмельёва. Орел: Орел ГТУ, 2010. 705 с.

254. Petrusha O., Daschynska O., & Shulika A. Development of the measurement method of porosity of bakery products by analysis of digital image. *Technology Audit and Production Reserves*, 2017, 2(3(40)). P. 61–66. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.129520>.

255. Ferreira T., Rasband W. ImageJ User Guide. IJ 1.42r, 2012. 185 p.

256. Tuomisto C. The Effects of Alpha-amylase, Ascorbic Acid and Low Pressure during Mixing on the Texture of Bread Crumb. Image Analysis and Measurements of Physical Texture. *Technology, Food Processing and Biotechnology*, 2013, 47. URL: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201303153347>.

257. Ройтер И.М., Демчук А.П., Дробот В.И. Новые методы контроля хлебопекарного производства : учеб. пособие. Киев: Техника, 1977. 192 с.

258. Покровський А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белка пищевых продуктов протеолитическими ферментами in vitro. *Вопросы питания*, 1965, № 3. С. 38–44.

259. Липатов Н.Н., Юдина С.Б., Лисицын А.Б. Усовершенствованные прибор и методика для определения перевариваемости белков in vitro. *Вопросы питания*, 1994, № 4. С. 43–44.

260. Литвиненко А.М. Совершенствование процесса и оборудования для сушки пищевых кристаллических материалов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Киев, 1992. 189 с.

261. Тутьельяна В.А. Химический состав пищевых продуктов / Под. ред. И.М. Скурыхина, В.А. Тутьельяна. М.: ДеЛипринт, 2002. 236 с.

262. Арсеньева Л.Ю. Наукове обґрунтування та розроблення технології функціональних хлібобулочних виробів з рослинними білками та мікронутрієнтами: дис. ... докт. техн. наук : 05.18.01: Київ, 2007. 325 с.

263. Фальсифікат у насінництві льону олійного! URL: <http://imk.zp.ua/index.php/novyny/11-statti/283-2020-02-05-08-37-22>.

264. FAO/UNU Expert Consultation. Protein Quality Evaluation. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Food and Nutrition Paper 51. Rome, 1990.

265. Кардиология: Руководство для врачей / под ред. Р.Г. Оганова и И.Г. Фоминой. М.: Медицина, 2004. 848 с.

266. Гордынец С.А., Напреенко В.М. Аминокислотный состав мясного сырья, перспективного для создания продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*, 2017, Т.11, №11. С. 138–143.

267. Гордынец С.А., Чернявская Л.А., Напреенко В.М. Изучение биологической ценности льняной муки, как перспективного ингредиента в составе мясных продуктов для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. *Пищевая промышленность: наука и технологи*, 2020, Т. 13, № 2 (48). С. 86-96.

268. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение эмасличного сырья. Москва: Агропромиздат, 1991. 304 с.

269. Enzifst L.E., Vveo M.E. Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review. *Food New Zealand*, 2014. P. 27–28.

270. Tehrani M.H.H., Batal R., Kamalinejad M., Mahbubi A. (2014). Extraction and purification of flaxseed proteins and studying their antibacterial activities. *Journal of Plant Sciences*, 2014, 2 (1). P. 70–76.

271. Gerstenmeyer E., Reimer S., Berghofer E., Schwartz H., Sontag G. (2013). Effect of thermal heating on some lignans in flaxseeds, sesame seeds and drye. *Food Chemistry*, 2013, 138 (2-3). P. 1847–1855. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.117>.

272. Liu W.Y., Feng M.Q., Wang M., Wang P., Sun J., Xu X.L. et al. Influence of flaxseed gum and NaCl concentrations on the stability of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*. 2018. Vol. 79. P. 371-381. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.010>.

273. Миневич И.Э., Осипова Л.Л. Гидроколлоиды семян льна: характеристика и перспективы использования в пищевых технологиях. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*, 2017, № 3. С. 16–25.

274. Warrand J., Michaud P., Picton L. at all. Structural investigations of the neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seed mucilage. *Int. J. Biol. Macromol*, 2005, b. 35. P. 121–125.

275. Alexeev G.V., Krasilnikov V.N., Kireeva M.S., Egoshina E.V. Use of flaxseeds in the flour confectionery. *International Food Research Journal*, 2015, 22(3). P. 1156-1162.

276. Миневич И.Э., Осипова Л.Л., Зубцов В.А. Исследование процесса экстракции полисахаридов из семян льна для использования в промышленном производстве: Сб. междуна. науч.-практ. конф. «Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур». Тверь: Твер. гос. ун-т, 2016. С. 296-299.

277. Бойцова Т.М., Назарова О.М. Обоснование условий экстракции полисахаридов из настоя семени льна. *Фундаментальные исследования*, 2015, № 8-1. С. 14-18.

278. Паранчук Я.С., Мороз В.І. Алгоритмізація та програмування. MathCAD : навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 312 с.

279. Коцаренко В.А., Селіхов Ю. А. Обчислення в MathCAD : навч. посіб.. Харків: Підручник НТУ «ХП», 2011. 192 с.

280. Лук'янова В.В. Комп'ютерний аналіз даних: Посібник. К.: Академія, 2003. 344 с.

281. Семенкина Н.Г., Тюрина О.Е., Никитин И.А., Фадеева Я.С. Изучение возможности применения овсяной муки в производстве дрожжевых слоеных изделий. *Хлебопечение России*, 2017, №5. С. 29-32.

282. Крылова Е.И., Ильина О.А. Композитные смеси для слоеных изделий повышенной пищевой ценности. *Пищевая промышленность*, 2002, №11. С 58-59.

283. Казанцева І.Л., Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н К вопросу применения муки из зерна нута в технологи мучних кондитерських изделий. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2018, № 1 (25). С. 76–81.

284. Потехина Е.В. Опыт разработки слоёных изделий с внесением ржаной и гречневой муки. *Хлебопродукты*, 2016, № 8. С.4-7.

285. Бондаренко Ю.В., Андронович Г.М., Грищенко А.М., Анич А.М. Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. 26 (2). С. 232-243.

286. Андронович Г., Цаплан І., Бондаренко Ю. Встановлення параметрів гідратації насіння льону у технології пшеничного хліба. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 85-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 11-12 квітня 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. Ч.1 С. 177.

287. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В. Вплив замочування подрібненого насіння льону на якість пшеничного хліба. *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*. Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції. 5-6 листопада 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. С. 121-122.

288. Андронович Г.М., Білик О.А., Бондаренко Ю.В. Вплив способу внесення насіння льону під час приготування тіста на якість пшеничного хліба. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 87-ої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 15-16 квітня 2021 р. Київ: НУХТ. 2021. Ч.1. С. 123.

289. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В. Дослідження впливу тривалості замішування тіста з цілим насінням льону на якість пшеничного хліба. *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 14-15 вересня 2021 р. Київ: НУХТ. 2021. С. 18-20.

290. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В., Гмиря І.В., Буцик Н.А. Використання подрібненого насіння білого льону у виробництві хлібобулочних виробів. *Харчова промисловість*. 2018. 24. с 33-39.

291. 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.

292. Бондаренко Ю.В., Білик О.А., Кочубей-Литвиненко О.В., Андронович Г.М. Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних виробів. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2020. 26 (4). С. 178-189.

293. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В. Дослідження впливу насіння льону білого на якість пшеничного хліба». «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». Матеріали 84-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 23-24 квітня 2018 р. Київ: НУХТ. 2018. Ч.1. С. 166.

294. Бондаренко Ю.В., Андронович Г.М. Вплив цілого та подрібненого насіння льону золотого на якість пшеничного хліба». «Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв». Матеріали I-ї міжнародної науково-практично інтернет-конференції. 24 квітня 2020 р. Прага: Oktan Print s.r.o.. 2020. С 87-88.

295. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В. Использование измельченных семян льна в рецептуре слоеных хлебобулочных изделий. «Аспекты инновационных исследований в аграрных науках». Материалы международной научно-практической конференции посвящённой 80-летию со дня рождения академика Академии ГСХН, профессора Гурама Ткемаладзе. 20-21 ноября 2021 г. Тбилиси: Технический университет. 2021. С. 25-28.

296. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В., Білик О.А., Піддубний В.А. Вплив насіння олійного льону на формування структурно-механічних властивостей пшеничного тіста. Харчова промисловість. 2020. № 28. С. 40-48.

297. Бондаренко Ю.В., Андронович Г.М., Варчук А.П. Дослідження впливу подрібненого насіння льону золотого на формування пружно-еластичних властивостей тіста. «Технології харчових продуктів і комбикормів». Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 24-27 вересня 2019 р. Одеса: ОНАХТ. 2019. С. 47-49.

298. Бондаренко Ю.В., Андронович Г.М. Вплив насіння льону на бродіння тіста. «Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі». Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 17-24 листопада 2020 р. Київ: НУХТ. 2020. С. 25-26.

299. Бондаренко Ю.В., Білик О.А., Кочубей-Литвиненко О.В., Андронович Г.М. Дослідження впливу насіння льону золотого на процеси утворення та дозрівання пшеничного тіста. *Technology audit and production reserves*. 2020. 5(3(55)). Р. 40–45.

300. Андронович Г.М., Бондаренко Ю.В., Білик О.А. Насіння льону золотого – перспективна сировина для створення функціональних хлібобулочних виробів. *Modern approaches to the introduction of science into practice. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference*. 30-31 March 2020 y. San Francisco, USA 2020. Pp.271-273.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Рецептура «Хліб Льонок»

**ХАРЧОВА КОНТРОЛЬНО-ВИРОБНИЧА ЛАБОРАТОРІЯ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛСПОЖИВСПІЛКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ДКПП 15.81.11.031

УЗГОДЖЕНО:

Харчова контрольно-виробнича лабораторія
Київської
облспоживспілки
Завідувач



Грицай Г.І.
2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Національний університет харчових
технологій
сектор
техн. наук проф.



О.Ю. Дзевченко
2021 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доктор кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів,
к.т.н.,

Ю.В. Бондаренко
"10" 02 2021 р.

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів

Г.М. Андронович
"10" 02 2021 р.

РЕЦЕПТУРА

Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання
Хліб «Льонок» РЦ У 15.8-02070938-300:2021
(згідно з ДСТУ 4588:2006)

Виробляється за технологічною інструкцією ТІ У 15.8-02070938-300:2021

Дата надання чинності "10" лютого 2021 р.
Чинна до "10" лютого 2026 р.

Рекомендована до затвердження і узгоджена регіональною дегустаційною (приймальною) комісією Київської облспоживспілки з якості харчової продукції, затвердженою постановою правління облспоживспілки від 08 листопада 2005 року (протокол засідання №9, п.5). (Положення про регіональну дегустаційну (приймальну) комісію Київської облспоживспілки з якості харчової продукції).

АКТ № 4 від «10» лютого 2021 р

Розроблена Національним університетом харчових технологій

Дана рецептура є власністю Національного університету харчових технологій і без його дозволу не може бути повністю або частково тиражована і розповсюджена

1. Характеристика виробу:

Хліб «Льонок» – це виріб з пшеничного борошна вищого сорту з додаванням цілого насіння льону (жовтонасіневих сортів); відноситься до групи хлібобулочних виробів спеціального призначення, оскільки виріб містить ω -3 і ω -6 ненасичені жирні кислоти, що дозволяє збагатити виріб α -ліноленовою кислотою, недостатнє надходження якої відзначається в раціоні сучасної людини; харчовими волокнами, в тому числі водорозчинними; вітаміном Е та лігнанами. Рекомендовано вживати людям з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи та з профілактичною метою широкому колу споживачів.

Виробляються формовими, масою – 0,4 кг або 0,6 кг \pm 3 % .

1.1. Органолептичні показники якості

Таблиця 1

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд:	
Форма	Відповідає формі, в якій випікали
Поверхня	Гладка з включенням цілого насіння льону
Колір	Від світло-жовтого до світло-коричневого
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу та ущільнення, має включення цілого насіння льону
Смак	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна з присмаком насіння льону
Запах	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна, без сторонніх запахів

РЦУ 15.8-02070938-300:2021

1.2. Фізико-хімічні показники якості

Таблиця 2

Назва показника	Норма
Вологість, %, не більше ніж	43
Пористість м'якушки, %, не менше ніж	58
Масова частка цукру в перерахунку на суху речовину, (% ± 1,0)	3,7
Кислотність, град, не більше	3

2. Співвідношення частин сировини по масі на 100 кг борошна

Таблиця 3

Назва сировини	Витрата сировини, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) ціле	15,0
Дріжджі пресовані	3,5
Сіль кухонна	1,3
Цукор білий кристалічний	4,0
Молоко сухе	2,5
Разом	126,3
Мінімальний вихід хліба «Льонок» при вологості 14,5 % масою 0,4 або 0,6 кг – 143 %	

Примітка:

Витрати пресованих дріжджів можуть змінюватися в залежності від їх підйимальної сили, якості борошна та способу приготування тіста.

3. Строк придатності до споживання з моменту виймання з печі хліба «Льонок» - не більше 24 год. (упакованої – не більше 48 год.).

РЦУ 15.8-02070938-300:2021

4. Інформацію відомості про поживну та енергетичну цінність виробів хлібобулочних для спеціального дієтичного споживання хліба «Льонок» подано у додатку А.

Додаток А (обов'язковий)

Інформаційні відомості про споживчу та енергетичну цінність, 100 г хліба «Льонок».

Назва продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Калорійність, ккал
Хліб «Льонок»	8,5	6,5	42,1	269,5

ДОДАТОК Б

Технологічна інструкція з виробництва хліба «Льонок»

**ХАРЧОВА КОНТРОЛЬНО-ВИРОБНИЧА ЛАБОРАТОРІЯ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛСПОЖИВСПІЛКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

УЗГОДЖЕНО:

Харчова контрольно-виробнича лабораторія
Київської облспоживспілки



Завідувач
Грицай Г.І.
2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Національний університет харчових
технологій

Ректор
О.Ю. Шевченко

2021 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів,
к.т.н. М.К.К. Київ

Ю.В. Бондаренко
"10" "02" 2021 р.

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів

Г.М. Андронович
"10" "02" 2021 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
на виробництво
Хліб «Льонок»

ТІ У 15.8-02070938-300:2021

Дата надання чинності "10" лютого 2021 р.
Чинна до "10" лютого 2022 р.

Розроблена Національним університетом харчових технологій

Дана рецептура є власністю Національного університету харчових технологій і без його дозволу не може бути повністю або частково тиражована і розповсюджена

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Ця технологічна інструкція поширюється на виробництво хліба «Льонок» з борошна пшеничного вищого сорту, цілого асіння льону (жовтонасіневих сортів), молока сухого та іншої сировини за рецептурою.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість хліба «Льонок» повинна відповідати вимогам ДСТУ 4588:2006 та РЦУ 15.8-02070938-300:2021

Хліб виготовляється формовим масою 0,4 – 0,6 кг.

2. ПЕРЕЛІК СИРОВИНИ

Для виробництва хліба використовується така сировина:

- Борошно пшеничне вищого сорту з ГСТУ 46.004 – 99;
- Насіння льону (жовтонасіневих сортів) згідно з ДСТУ 4967:2008;
- Дріжджі хлібопекарські пресовані згідно ДСТУ 4812:2007;
- Сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583:2015;
- Цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006;
- Молоко сухе згідно з ДСТУ 4556:2006;
- Вода питна згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 та інша сировина за діючою

документацією відповідно до діючих взаємозамін сировини.

Якість сировини повинна відповідати вимогам діючої на неї нормативно-технічної документації та «Медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і харчових продуктів», затверджених 01.08.89. №5061-89 за показниками безпеки.

ТІУ 15.8-02070938-300:2021**3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

Технологічний процес має проходити за цією технологічною інструкцією з дотриманням вимог діючого законодавства з безпеки та якості харчових продуктів.

Сировину для хліба «Льонок» приймають за наявності всіх документів, затверджених законодавством, що підтверджують її якість. Сировина закупляється партіями, контроль якості проводиться згідно з діючим законодавством.

3.1. Підготовка сировини до виробництва

Підготовка сировини до виробництва хліба «Льонок» повинна проводитися згідно з «Правилами з організації та ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах», затверджених наказом Об'єднання підприємств хлібопекарської промисловості Укрхлібпром №37 від 19.07.2000 р.»

Дріжджі, сіль перед замісом тіста розчиняються в мінімальній кількості води. Насіння льону (жовтонасінєвих сортів) перед використанням просівається.

3.2. Приготування тіста

Тісто для хліба «Льонок» готується традиційними способами: безопарним та опарним.

ТІУ 15.8-02070938-300:2021

Рецептура на 100 кг борошна та режим приготування тіста безопарним способом наведені в таблиці 1.

Назва сировини та показників технологічного процесу	Витрати сировини, кг, та параметри технологічного процесу
	Тісто
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) ціле	15,0
Дріжджі пресовані	3,5
Сіль кухонна	1,3
Цукор білий кристалічний	4,0
Молоко сухе	2,5
Вода	за розрахунком*
Вологість, %	43,0
Тривалість замішування, хв.:	
1 швидкість	5
2 швидкість	15
Початкова температура, °С	26-27
Тривалість бродіння, хв	90
Кінцева кислотність, град.	2,5-3,0

Примітка: Залежно від якості борошна, дріжджів та умов виробництва можливі зміни параметрів, співвідношення борошна та води за стадіями технологічного процесу.

Тісто можна замішують безопарним та опарним способом у тістомісильній машині періодичної дії. У діжу засипають борошно, ціле насіння льону (жовтонасіневих сортів) та молоко сухе, перемішують, дозують воду, дріжджову суспензію, сольовий розчин. Перед приготуванням тіста насіння льону (жовтонасіневих сортів) піддають попередньому замочуванню за гідромодуля 1:2 при температурі води 60 °С тривалістю 90 хв.

ТІУ 15.8-02070938-300:2021

Замішують тісто до утворення однорідної консистенції при 1 швидкості протягом 5 хв. та при 2 швидкості – 15 хв. Замішане тісто направляють на бродіння. Готовність тіста визначають за накопиченням заданої кислотності та збільшенням об'єму в 1,5 – 2 рази.

У разі виготовлення виробу опарним способом рекомендується насіння льону (жовтонасіневих сортів) вносити на стадії замішування опари. Тривалість бродіння опари становила 180 хв.

3.3. Обробка тіста. Вистоювання тістових заготовок. Випікання.

Готове тісто подають на обробку, яке здійснюється за допомогою тістодільників або вручну. Масу тістової заготовки визначають за встановленою масою готових виробів з врахуванням величини упікання та усихання продукції на підприємстві. Тістовим заготовкам вручну або за допомогою тістоокруглювачів надають округлу форму і потім укладають у попередньо змащені форми та направляють на вистоювання.

Вистоювання тістових заготовок проводять у шафі кінцевої вистійки при температурі 35 – 38 °С і відносній вологості 75 – 80%.

Тривалість вистоювання становить 35 – 40 хв залежно від умов вистоювання та якості сировини.

Вистояні тістові заготовки випікають у зволоженій пекарній камері за температури 200 – 230 °С протягом 30 – 35 хв залежно від маси виробів. Температурний режим, тривалість вистоювання та випікання хліба «Льонок» можуть змінюватися залежно від виду обладнання, умов його експлуатації та якості сировини.

4. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метрологічне забезпечення виробництва виробів хлібобулочних для спеціального дієтичного споживання хліба «Льонок» здійснюється відповідно до «Рекомендацій щодо метрологічного забезпечення виробництва хліба і хлібобулочних виробів» Р – 158.00389676.005:2007 (збірник «Рецептури і технологічні інструкції на виробництво хліба із різних сортів пшеничного борошна та їх сумішей», Київ, Укрхлібпром, 2009 р.).

ДОДАТОК В

Рецептура « Хлібця бутербродного з льоном»

**ХАРЧОВА КОНТРОЛЬНО-ВИРОБНИЧА ЛАБОРАТОРІЯ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛСПОЖИВСПІЛКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ДКПП 15.81.11.031

УЗГОДЖЕНО:

Харчова контрольно-виробнича лабораторія
Київської
облспоживспілки
Завідувач

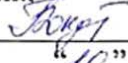

Грицай Г.І.
"10" лютого 2021 р.


ЗАТВЕРДЖЕНО:

Національний університет харчових
технологій
Ректор
д-р. т. н. наук, проф.


О.Ю. Шевченко
"10" лютого 2021 р.

РОЗРОБЛЕНО
Доцент кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів,
к.т.н.


Ю.В. Бондаренко
"10" лютого 2021 р.

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів


Г.М. Андронович
"10" лютого 2021 р.

РЕЦЕПТУРА

Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання
Хлібець бутербродний з льоном РЦ У 15.8-02070938-301:2021
(згідно з ДСТУ 4588:2006)

Виробляється за технологічною інструкцією ТІ У 15.8-02070938-301:2021

Дата надання чинності "10" лютого 2021 р.
Чинна до "10" лютого 2026 р.

Рекомендована до затвердження і узгоджена регіональною дегустаційною (приймальною) комісією Київської облспоживспілки з якості харчової продукції, затвердженою постановою правління облспоживспілки від 08 листопада 2005 року (протокол засідання №9, п.5).
(Положення про регіональну дегустаційну (приймальну) комісію Київської облспоживспілки з якості харчової продукції).

АКТ № 1 від «10» лютого 2021 р

Розроблена Національним університетом харчових технологій

Дана рецептура є власністю Національного університету харчових технологій і без його дозволу не може бути повністю або частково тиражована і розповсюджена

1. Характеристика виробу:

Хлібець бутербродний з льоном – це виріб з пшеничного борошна вищого сорту з додаванням подрібненого насіння льону (жовтонасінєвих сортів); відноситься до групи хлібобулочних виробів спеціального призначення, оскільки виріб містить ω -3 і ω -6 ненасичені жирні кислоти, співвідношення яких у виробі становить 1:3,6, що близьке до рекомендованого 1:4 (зауважимо, що у виробі без насіння льону їх співвідношення становить 1:18); харчовими волокнами, в тому числі водорозчинними; вітаміном Е та лігнанами. Рекомендовано вживати людям з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи, діабетом та з профілактичною метою широкому колу споживачів.

Виробляються формовими, масою – 0,1 кг \pm 3 % .

1.1. Органолептичні показники якості

Таблиця 1

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд:	
Форма	Кругла або квадратна
Поверхня	Посипана подрібненим насінням льону (жовтонасінєвих сортів)
Колір	Від світло-жовтого до світло-коричневого
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу та ущільнення, має включення подрібненого насіння льону
Смак	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна з присмаком насіння льону
Запах	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна, без сторонніх запахів

РЦУ 15.8-02070938-301:2021

1.2. Фізико-хімічні показники якості

Таблиця 2

Назва показника	Норма
Вологість, %, не більше ніж	43
Кислотність, град, не більше	3

2. Співвідношення частин сировини по масі на 100 кг борошна

Таблиця 3

Назва сировини	Витрата сировини, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) подрібнене	7,5
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) ціле	7,5
Дріжджі пресовані	3,0
Сіль кухонна	1,5
Цукор білий кристалічний	2,0
Кріп свіжий	0,5
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) подрібнене на посипку	1,0
Разом	123,0
Мінімальний вихід хлібця бутербродного з льоном при вологості 14,5 % масою 0,1 кг – 143 %	

Примітка:

Витрати пресованих дріжджів можуть змінюватися в залежності від їх підйимальної сили, якості борошна та способу приготування тіста.

РЦУ 15.8-02070938-301:2021

3. Строк придатності до споживання з моменту виймання з печі хлібець бутербродний з льоном - не більше 16 год. (упакованої – не більше 32 год.).

4. Інформацію відомості про поживну та енергетичну цінність виробів хлібобулочних для спеціального дієтичного споживання хлібця бутербродного з льоном подано у додатку А

Додаток А (обов'язковий)

Інформаційні відомості про споживчу та енергетичну цінність, 100 г хлібця бутербродного з льоном.

Назва продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Калорійність, ккал
Хлібця бутербродного з льоном	8,6	6,2	44,8	263,5

ДОДАТОК Г

Технологічна інструкція з виробництва хлібця бутербродного з
ЛЬОНОМ

**ХАРЧОВА КОНТРОЛЬНО-ВИРОБНИЧА ЛАБОРАТОРІЯ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛСПОЖИВСПІЛКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

УЗГОДЖЕНО:

Харчова контрольно-виробнича лабораторія
Київської облспоживспілки



Завідувач

Грицай Г.І.
_____ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Національний університет харчових
технологій



Ректор

Проф. О.О. Шевченко

_____ 2021 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів,
Київ

Ю.В. Бондаренко
_____ "10" _____ 2021 р.

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів
Г.М. Андронович
_____ "10" _____ 2021 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво

Хлібець бутербродний з льоном

ТІ У 15.8-02070938-301:2021

Дата надання чинності "10" лютого 2021 р.
Чинна до "10" лютого 2026 р.

Розроблена Національним університетом харчових технологій

Дана рецептура є власністю Національного університету харчових технологій і без його дозволу не може бути повністю або частково тиражована і розповсюджена

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Ця технологічна інструкція поширюється на виробництво хлібця бутербродного з льоном із борошна пшеничного вищого сорту, цілого та подрібненого насіння льону (жовтонасіневих сортів), молока сухого та іншої сировини за рецептурою.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість хлібця бутербродного з насінням льону повинна відповідати вимогам ДСТУ 4588:2006 та РЦУ 15.8-02070938-301:2021

Хліб виготовляється формовим масою 0,1 кг.

2. ПЕРЕЛІК СИРОВИНИ

Для виробництва хліба використовується така сировина:

- Борошно пшеничне вищого сорту з ГСТУ 46.004 – 99;
- Насіння льону (жовтонасіневих сортів) згідно з ДСТУ 4967:2008;
- Дріжджі хлібопекарські пресовані згідно ДСТУ 4812:2007;
- Сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583:2015;
- Цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006;
- Кріп свіжий згідно з ДСТУ 8624:2016;
- Вода питна згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 та інша сировина за діючою

документацією відповідно до діючих взаємозамін сировини.

Якість сировини повинна відповідати вимогам діючої на неї нормативно-технічної документації та «Медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і харчових продуктів», затверджених 01.08.89. №5061-89 за показниками безпеки.

ТІУ 15.8-02070938-301:2021

3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Технологічний процес має проходити за цією технологічною інструкцією з дотриманням вимог діючого законодавства з безпеки та якості харчових продуктів.

Сировину для хлібця бутербродного з льоном приймають за наявності всіх документів, затверджених законодавством, що підтверджують її якість. Сировина закупляється партіями, контроль якості проводиться згідно з діючим законодавством.

3.1. Підготовка сировини до виробництва

Підготовка сировини до виробництва хлібця бутербродного з льоном повинна проводитися згідно з «Правилами з організації та ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах», затверджених наказом Об'єднання підприємств хлібопекарської промисловості Укрхлібпром №37 від 19.07.2000 р.»

Дріжджі, сіль перед замісом тіста розчиняються в мінімальній кількості води. Насіння льону (жовтонасіневих сортів) перед використанням подрібнюється та просівається.

3.2. Приготування тіста

Тісто для хлібця бутербродного з льоном готується традиційними способами: безопарним та опарним.

ТІУ 15.8-02070938-301:2021

Рецептура на 100 кг борошна та режим приготування тіста безопарним способом наведені в таблиці 1.

Назва сировини та показників технологічного процесу	Витрати сировини, кг, та параметри технологічного процесу
	Тісто
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) подрібнене	5,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) ціле	5,0
Дріжджі пресовані	3,0
Сіль кухонна	1,5
Цукор білий кристалічний	2,0
Кріп свіжий	0,5
Вода	за розрахунком*
Вологість, %	43,0
Тривалість замішування, хв.:	
1 швидкість	5
2 швидкість	15
Початкова температура, °С	26-27
Тривалість бродіння, хв	40
Кінцева кислотність, град.	2,5-3,0

Примітка: Залежно від якості борошна, дріжджів та умов виробництва можливі зміни параметрів, співвідношення борошна та води за стадіями технологічного процесу.

Тісто можна замішують безопарним та опарним способом у тістомісильній машині періодичної дії. У діжу засипають борошно, ціле та подрібнене насіння льону (жовтонасіневих сортів), перемішують, дозують воду, дріжджову суспензію, сольовий розчин. Перед приготуванням тіста ціле та подрібнене насіння льону (жовтонасіневих сортів) піддають попередньому замочуванню за гідромодуля 1:2 та 1:3, відповідно, при температурі води 60 °С тривалістю 90-120 хв.

ТІУ 15.8-02070938-300:2021

Замішують тісто до утворення однорідної консистенції при 1 швидкості протягом 5 хв. та при 2 швидкості – 15 хв. За 1-2 хв до кінця замісу вносили кріп. Замішане тісто направляють на бродіння. Готовність тіста визначають за накопиченням заданої кислотності та збільшенням об'єму в 1,5 – 2 рази.

У разі виготовлення виробу опарним способом рекомендується насіння льону (жовтонасіневих сортів) вносити на стадії замішування опари. Тривалість бродіння опари становила 180 хв.

3.3. Обробка тіста. Вистоювання тістових заготовок. Випікання.

Готове тісто подають на обробку, яке здійснюється за допомогою тістодільників або вручну. Масу тістової заготовки визначають за встановленою масою готових виробів з врахуванням величини упікання та усихання продукції на підприємстві. Тістовим заготовкам вручну або за допомогою тістоокруглювачів надають округлу форму і потім укладають у попередньо змащені форми та направляють на вистоювання.

Вистоювання тістових заготовок проводять у шафі кінцевої вистійки при температурі 35 – 38 °С і відносній вологості 75 – 80%.

Тривалість вистоювання становить 20 – 25 хв залежно від умов вистоювання та якості сировини.

Вистояні тістові заготовки випікають у зволоженій пекарній камері за температури 180 – 220 °С протягом 10 – 15 хв залежно від маси виробів. Температурний режим, тривалість вистоювання та випікання хліба «Льонок» можуть змінюватися залежно від виду обладнання, умов його експлуатації та якості сировини.

4. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метрологічне забезпечення виробництва виробів хлібобулочних для спеціального дієтичного споживання хлібця бутербродного з льоном здійснюється відповідно до «Рекомендацій щодо метрологічного забезпечення виробництва хліба і хлібобулочних виробів» Р – 158.00389676.005:2007 (збірник «Рецептури і технологічні інструкції на виробництво хліба із різних сортів пшеничного борошна та їх сумішей», Київ, Укрхлібпром, 2009 р.).

ДОДАТОК Д
Рецептура « Булочки лляної»

**ХАРЧОВА КОНТРОЛЬНО-ВИРОБНИЧА ЛАБОРАТОРІЯ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛСПОЖИВСПІЛКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ДКПП 15.81.11.031

УЗГОДЖЕНО:

Харчова контрольно-виробнича лабораторія
Київської
облспоживспілки
Завідувач



Грицай Г.І.
2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Національний університет харчових
технологій
Ректор
д-р техн. наук, проф.



О.А. Шевченко
2021 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів,
к.т.н.

Ю.В. Бондаренко
"10" 2021 р.

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів

Г.М. Андронович
"10" 2021 р.

РЕЦЕПТУРА

Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання
Булочка лляна РЦ У 15.8-02070938-299:2021
(згідно з ДСТУ 4588:2006)

Виробляється за технологічною інструкцією ТІ У 15.8-02070938-299:2021

Дата надання чинності "10" лютого 2021 р.
Чинна до "10" лютого 2026 р.

Рекомендована до затвердження і узгоджена регіональною дегустаційною (приймальною) комісією Київської облспоживспілки з якості харчової продукції, затвердженою постановою правління облспоживспілки від 08 листопада 2005 року (протокол засідання №9, п.5). (Положення про регіональну дегустаційну (приймальну) комісію Київської облспоживспілки з якості харчової продукції).

АКТ № 4 від «10» лютого 2021 р

Розроблена Національним університетом харчових технологій

Дана рецептура є власністю Національного університету харчових технологій і без його дозволу не може бути повністю або частково тиражована і розповсюджена

1. Характеристика виробу:

Булочки лляної – це виріб з пшеничного борошна вищого сорту з додаванням подрібненого насіння льону олійного жовтонасіневих сортів та яблучного пюре; відноситься до групи хлібобулочних виробів спеціального призначення, оскільки виріб збагачений ненасиченими жирними кислотами, задовольняючи добову потребу в них на 45 %; харчовими волокнами; лігнанами. Рекомендовано вживати людям з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи та з профілактичною метою широкому колу споживачів.

Виробляються формовими, масою – 0,1 кг \pm 3 % .

1.1. Органолептичні показники якості

Таблиця 1

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд:	
Форма	Кругла
Поверхня	Посипана цілим насінням
Колір	Від світло-жовтого до світло-коричневого
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу та ущільнення, має включення насіння льону
Смак	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна з присмаком насіння льону
Запах	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна, без сторонніх запахів

РЦУ 15.8-02070938-299:2021

1.2. Фізико-хімічні показники якості

Таблиця 2

Назва показника	Норма
Вологість, %, не більше ніж	43
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, (% ± 0,5)	6,1 3,0
Кислотність, град, не більше	

2. Співвідношення частин сировини по масі на 100 кг борошна

Таблиця 3

Назва сировини	Витрата сировини, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) подрібнене	15,0
Дріжджі пресовані	4,0
Сіль кухонна	1,5
Цукор білий кристалічний	7,0
Пюре яблучне	12,0
Гвоздика	0,1
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) ціле на посипку	1,0
Разом	140,6
Мінімальний вихід хлібця бутербродного з льоном при вологості 14,5 % масою 0,1 кг – 143 %	

Примітка:

Витрати пресованих дріжджів можуть змінюватися в залежності від їх підйимальної сили, якості борошна та способу приготування тіста.

РЦУ 15.8-02070938-299:2021

3. Строк придатності до споживання з моменту виймання з печі булочки лляної - не більше 16 год. (упакованої – не більше 32 год.).

4. Інформацію відомості про поживну та енергетичну цінність виробів хлібобулочних для спеціального дієтичного споживання булочки лляної подано у додатку А

Додаток А (обов'язковий)

Інформаційні відомості про споживчу та енергетичну цінність, 100 г булочки лляної.

Назва продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Калорійність, ккал
Булочки лляної	8,9	6,1	43,7	246,9

ДОДАТОК Е

Технологічна інструкція з виробництва булочки лляної

**ХАРЧОВА КОНТРОЛЬНО-ВИРОБНИЧА ЛАБОРАТОРІЯ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛСПОЖИВСПІЛКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

УЗГОДЖЕНО:

Харчова контрольно-виробнича лабораторія
Київської облспоживспілки
Завідувач



Грицай Г.І.
"02" 2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Національний університет харчових
технологій

Ректор
Д-р техн. наук, проф.

О.Ю. Шевченко
"02" 2021 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Доцент * кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів,
к.т.н.,

Ю.В. Бондаренко
"10" "02" 2021 р.

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських виробів

Г.М. Андронович
"10" "02" 2021 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво
Булочка лляна

ТІ У 15.8-02070938-299:2021

Дата надання чинності "10" листопада 2021 р.
Чинна до "10" листопада 2026 р.

Розроблена Національним університетом харчових технологій

Дана рецептура є власністю Національного університету харчових технологій і без його дозволу не може бути повністю або частково тиражована і розповсюджена

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Ця технологічна інструкція поширюється на виробництво булочки лляної із борошна пшеничного вищого сорту, цілого та подрібненого насіння льону (жовтонасіневих сортів), пюре яблучного, гвоздики та іншої сировини за рецептурою.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість булочки лляної повинна відповідати вимогам ДСТУ 4588:2006 та РЦУ 15.8-02070938-301:2021

Хліб виготовляється формовим масою 0,1 кг.

2. ПЕРЕЛІК СИРОВИНИ

Для виробництва хліба використовується така сировина:

- Борошно пшеничне вищого сорту з ГСТУ 46.004 – 99;
- Насіння льону (жовтонасіневих сортів) згідно з ДСТУ 4967:2008;
- Дріжджі хлібопекарські пресовані згідно ДСТУ 4812:2007;
- Сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583:2015;
- Цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006;
- Пюре яблучне з ДСТУ 8639:2016;
- Гвоздика згідно з ДСТУ ISO 2254:2008
- Вода питна згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 та інша сировина за діючою

документацією відповідно до діючих взаємозамін сировини.

Якість сировини повинна відповідати вимогам діючої на неї нормативно-технічної документації та «Медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і харчових продуктів», затверджених 01.08.89. №5061-89 за показниками безпеки.

ТІУ 15.8-02070938-299:2021**3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

Технологічний процес має проходити за цією технологічною інструкцією з дотриманням вимог діючого законодавства з безпеки та якості харчових продуктів.

Сировину для булочки лляної приймають за наявності всіх документів, затверджених законодавством, що підтверджують її якість. Сировина закупляється партіями, контроль якості проводиться згідно з діючим законодавством.

3.1. Підготовка сировини до виробництва

Підготовка сировини до виробництва булочки лляної повинна проводитися згідно з «Правилами з організації та ведення технологічного процесу на хлібопекарських підприємствах», затверджених наказом Об'єднання підприємств хлібопекарської промисловості Укрхлібпром №37 від 19.07.2000 р.»

Дріжджі, сіль перед замісом тіста розчиняються в мінімальній кількості води. Насіння льону (жовтонасіневих сортів) перед використанням подрібнюється та просівається.

3.2. Приготування тіста

Тісто для булочки лляної готується традиційними способами: безопарним та опарним.

ТІУ 15.8-02070938-299:2021

Рецептура на 100 кг борошна та режим приготування тіста безопарним способом наведені в таблиці 1.

Назва сировини та показників технологічного процесу	Витрати сировини, кг, та параметри технологічного процесу
	Тісто
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтонасіневих сортів) подрібнене	15,0
Дріжджі пресовані	4,0
Сіль кухонна	1,5
Цукор білий кристалічний	7,0
Пюре яблучне	12,0
Гвоздика	0,1
Вода	за розрахунком*
Вологість, %	43,0
Тривалість замішування, хв.:	
1 швидкість	5
2 швидкість	10
Початкова температура, °С	26-27
Тривалість бродіння, хв	40
Кінцева кислотність, град.	2,5-3,0

Примітка: Залежно від якості борошна, дріжджів та умов виробництва можливі зміни параметрів, співвідношення борошна та води за стадіями технологічного процесу.

Тісто можна замішують безопарним та опарним способом у тістомісильній машині періодичної дії. У діжу засипають борошно, подрібнене насіння льону (жовтонасіневих сортів), гвоздику та перемішують, дозують воду, дріжджову суспензію, сольовий розчин. Перед приготуванням тіста подрібнене насіння льону (жовтонасіневих сортів) піддають попередньому замочуванню за гідромодуля 1:3 при температурі води 60 °С тривалістю 120 хв.

ТІУ 15.8-02070938-299:2021

Замішують тісто до утворення однорідної консистенції при 1 швидкості протягом 5 хв. та при 2 швидкості – 10 хв.. Готовність тіста визначають за накопиченням заданої кислотності та збільшенням об'єму в 1,5 – 2 рази.

У разі виготовлення виробу опарним способом рекомендується подрібнене насіння льону (жовтонасіневих сортів) вносити на стадії замішування опари. Тривалість бродіння опари становила 180 хв.

3.3. Обробка тіста. Вистоювання тістових заготовок. Випікання.

Готове тісто подають на обробку, яке здійснюється за допомогою тістодільників або вручну. Масу тістової заготовки визначають за встановленою масою готових виробів з врахуванням величини упікання та усихання продукції на підприємстві. Тістовим заготовкам вручну або за допомогою тістоокруглювачів надають округлу форму і потім укладають у попередньо змащені форми та направляють на вистоювання.

Вистоювання тістових заготовок проводять у шафі кінцевої вистійки при температурі 35 – 38 °С і відносній вологості 75 – 80%.

Тривалість вистоювання становить 25 – 30 хв залежно від умов вистоювання та якості сировини.

Вистояні тістові заготовки випікають у зволоженій пекарній камері за температури 180 – 220 °С протягом 10 – 15 хв залежно від маси виробів. Температурний режим, тривалість вистоювання та випікання булочки лляної можуть змінюватися залежно від виду обладнання, умов його експлуатації та якості сировини.

4. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метрологічне забезпечення виробництва виробів хлібобулочних для спеціального дієтичного споживання булочки лляної здійснюється відповідно до «Рекомендацій щодо метрологічного забезпечення виробництва хліба і хлібобулочних виробів» Р – 158.00389676.005:2007 (збірник «Рецептури і технологічні інструкції на виробництво хліба із різних сортів пшеничного борошна та їх сумішей», Київ, Укрхлібпром, 2009 р.).

ДОДАТОК Є
Акти проведення виробничих

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Мурованокуриловецького
хлібозаводу кооперативної промисловості
В. Білохатніюк

« 10 » _____ 2021 року

АКТ**виробничих випробувань хліба «Льонок»**

Цей акт складено про те, що 10 серпня 2021 року на Мурованокуриловецькому хлібозаводі кооперативної промисловості у смт. Муровані Курилівці, Мурованокуриловецького району Вінницької області були проведені виробничі випробування пшеничного хліба «Льонок», розробленого на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ аспірантом Андронович, Г.М. та доцентом Бондаренко Ю.В.

Хліб «Льонок» це виріб з пшеничного борошна вищого сорту з додаванням цілого насіння жовтонасіневих сортів олійного льону; відноситься до групи хлібобулочних виробів спеціального призначення включення до складу виробу насіння льону дозволяє збагатити виріб α-ліноленовою кислотою, недостатнє надходження якої відзначається в раціоні сучасної людини; харчовими волокнами, в тому числі водорозчинними; вітаміном Е та лігнанами. Рекомендовано виріб споживати людям з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи та з профілактичною метою широкому колу споживачів.

Метою випробування було підтвердження у виробничих умовах, що розроблена рецептура пшеничного хліба з цілим насінням жовтонасіневих сортів льону олійного дозволяє отримати вироби з хорошими показниками якості.

Рецептура хліба «Льонок» наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 — Співвідношення сировини за масою на 100 кг борошна

Назва сировини	Витрати сировини, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	15,0
Дріжджі пресовані	3,5
Сіль кухонна	1,3
Цукор білий кристалічний	4,0
Молоко сухе	2,5
Разом	126,3

Насіння льону перед замішуванням тіста замочували протягом 90 хв. Для замочування льону використовували воду температурою 60 °С.

Тісто готували безопарним способом у тістомісильній машині періодичної дії. У діжу засипали борошно, сіль, цукор, перемішували, вносили попередньо замочене насіння льону, дозували воду, дріжджову суспензію та відновлене сухе молоко. Тісто виброджувало в умовах цеху. Виробнича рецептура та технологічний режим приготування хліба «Льонок» наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Виробнича рецептура та технологічні параметри приготування хліба «Льонок»

Назва сировини та показників технологічного процесу	Витрати сировини на замішування порції тіста, кг та параметри технологічного процесу
Борошно пшеничне вищого сорту	50,0
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	7,5
Дріжджова суспензія	7,0
Сіль кухонна	0,65
Цукор білий кристалічний	2,0
Молоко сухе відновлене	6,25
Вода	24,5
Вологість тіста, %	44,0
Тривалість замішування, хв.	
1 швидкість	5
2 швидкість	15
Початкова температура, °С	26-27
Тривалість бродіння, хв	90
Кінцева кислотність, град	2,5 – 3,0
Тривалість вистоювання тістових заготовок, хв	38
Температура вистоювання тістових заготовок, °С	35-38
Температура випікання, °С	200-230
Тривалість випікання, хв	32

Під час приготування тіста використовували борошно з середніми хлібопекарськими властивостями.

Вироби випікали формовими масою 0,4 кг. Випечено 196 шт.

Органолептичні показники якості хліба «Льонок» наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 — Органолептичні показники якості

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд: -форма -поверхня -колір	- відповідає формі, в якій випікали - гладка з включенням цілого насіння льону - від світло-жовтого до світло-коричневого
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу та ущільнення, має включення цілого насіння льону
Смак	Властивий виробам з пшеничного борошна з присмаком насіння льону
Запах	Властивий виробам з пшеничного борошна, без сторонніх запахів

За результатами пробного випікання підтверджена можливість використання цілого насіння жовтонасіневих сортів олійного льону у рецептурі пшеничного хліба для отримання виробів хорошої якості, збагачених ненасиченими жирними кислотами та харчовими волокнами.

Технолог Мурованокуріловецького
хлібозаводу кооперативної промисловості

Білохатнюк А.І

Аспірант кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів НУХТ

Андронович Г.М.

Доцент кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів НУХТ

Бондаренко Ю.В.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор пекарні «Піщанська»

« 21 » 10



АКТ виробничих випробувань хлібця бутербродного з льоном

Цей акт складено про те, що 21 жовтня 2021 року на пекарні «Піщанська» у м. Мелітополь Запорізької області були проведені виробничі випробування хлібців бутербродних з льоном, розроблених на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ аспірантом Андронович Г.М. та доцентом Бондаренко Ю.В.

Хлібець бутербродний з льоном – це виріб з пшеничного борошна вищого сорту з додаванням суміші подрібненого та цілого насіння льону олійного жовтонасіневих сортів; відноситься до групи хлібобулочних виробів спеціального призначення, оскільки виріб збагачений ненасиченими жирними кислотами ω -3 і ω -6, співвідношення яких у виробі становить 1:3,6, що близьке до рекомендованого 1:4, в той час як у виробі без насіння льону їх співвідношення становить 1:18; харчовими волокнами, в тому числі водорозчинними; вітаміном Е та лігнанами. Рекомендовано вживати людям з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи, діабетом та з профілактичною метою широкому колу споживачів.

Метою випробування було підтвердження у виробничих умовах, що розроблена рецептура хлібця бутербродного з льоном з цілим та подрібненим насінням жовтонасіневих сортів льону олійного дозволяє отримати вироби з хорошими показниками якості.

Рецептура булочки лляної наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 — Співвідношення сировини за масою на 100 кг борошна

Назва сировини	Виграта сировини, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	5
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	5
Дріжджі пресовані	3,0
Сіль кухонна	1,5
Цукор білий кристалічний	2,0
Кріп свіжий	0,5
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене на посиньку	1,0
Разом	118

Насіння льону подрібнювали безпосередньо перед замішуванням тіста.

Тісто готували опарним способом. У діжу засипали борошно, дозували воду, дріжджову суспензію. Замішували опару та залишали на 180 хв бродіння в умовах цеху. У діжу з вибродженою опарою засипали борошно, сіль, цукор, вносили ціле та подрібнене насіння льону, дозували воду. Замішували тісто. За 1-2 хв до кінця замісу вносили кріп. Тісто виброджувало в умовах цеху. Виробнича рецептура та технологічний режим приготування булочки лляної наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Виробнича рецептура та технологічні параметри приготування булочки лляної

Назва сировини та показників технологічного процесу	Витрати сировини на замішування порції тіста, кг та параметри технологічного процесу
Борошно пшеничне вищого сорту	50,0
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	2,5
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	2,5
Дріжджі пресовані	1,5
Сіль кухонна	0,75
Цукор білий кристалічний	1,0
Кріп свіжий	0,25
Вода	23
Вологість тіста, %	43,0
Тривалість замішування, хв.	
1 швидкість	5
2 швидкість	15
Початкова температура, °С	26-27
Тривалість бродіння, хв	40
Кінцева кислотність, град	2,5 – 3,0
Тривалість вистоювання тістових заготовок, хв	23
Температура вистоювання тістових заготовок, °С	35-38
Температура випікання, °С	180-220
Тривалість випікання, хв	12

Під час приготування тіста використовували борошно з середніми хлібопекарськими властивостями.

Вироби випікали подовими масою 0,1 кг. Випечено 1300 шт.

Органолептичні показники якості хлібця бутербродного з льоном наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 — Органолептичні показники якості

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд: -форма -поверхня -колір	- кругла або квадратна - посипана подрібненим насінням льону - від світло-жовтого до світло-коричневого
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу та ущільнення, має включення подрібненого та цілого насіння льону
Смак	Власивий виробам з пшеничного борошна з легким при смаком насіння льону
Запах	Власивий виробам з пшеничного борошна, з легким ароматом кропу

За результатами пробного випікання підтверджена можливість сумісного використання цілого та подрібненого насіння жовтонасінєвих сортів олійного льону у рецептурі хлібця бутербродного з льоном для отримання виробів хорошої якості, збагачених ненасиченими жирними кислотами та харчовими волокнами.

Технолог пекарні «Піданська»



Н.В. Новікова

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських
і кондитерських виробів НУХТ



Андронович Г.М.

Доцент кафедри технології
хлібопекарських
і кондитерських виробів НУХТ



Бондаренко Ю.В.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Мурованокуриловецького
Хлібозаводу кооперативної промисловості
В. Білохатнюк



2021 року

АКТ

виробничих випробувань булочки лляної

Цей акт складено про те, що 10 серпня 2021 року на Мурованокуриловецькому хлібозаводі кооперативної промисловості у смт. Муровані Курилівці, Мурованокуриловецького району Вінницької області були проведені виробничі випробування булочки лляної, розробленої на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ аспірантом Андронович Г.М. та доцентом Бондаренко Ю.В.

Булочка лляна – це виріб з пшеничного борошна вищого сорту з додаванням подрібненого насіння льону олійного жовтонасіневих сортів та яблучного пюре; відноситься до групи хлібобулочних виробів спеціального призначення, оскільки виріб збагачений ненасиченими жирними кислотами, задовольняючи добову потребу в них на 45 %; харчовими волокнами; лігнанами. Рекомендовано вживати людям з хронічними захворюваннями серцево-судинної системи та з профілактичною метою широкому колу споживачів.

Метою випробування було підтвердження у виробничих умовах, що розроблена рецептура булочки з подрібненим насінням жовтонасіневих сортів льону олійного дозволяє отримати вироби з хорошими показниками якості.

Рецептура булочки лляної наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 — Співвідношення сировини за масою на 100 кг борошна

Назва сировини	Витрата сировини, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	15
Дріжджі пресовані	4,0
Сіль кухонна	1,5
Цукор білий кристалічний	7,0
Пюре яблучне	12,0
Гвоздика мелена	0,1
Насіння льону (жовтих сортів) ціле на посипку	1,0
Разом	140,6

Насіння льону подрібнювали безпосередньо перед замішуванням тіста та замочували протягом 90 хв водою температурою 60 °С, при гідромодулі насіння і води 1:2.

Тісто готували опарним способом. У діжу засипали борошно, додавати вносили попередньо замочене подрібнене насіння льону, дозували воду, дріжджову суспензію. Замішували опару та залишали на 180 хв бродіння в умовах цеху. У діжу з вибродженою опарою засипали борошно, сіль, цукор, яблучне пюре, мелену гвоздику, дозували воду. Замішували тісто. Тісто виброджувало в умовах цеху. Виробнича рецептура та технологічний режим приготування булочки лляної наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Виробнича рецептура та технологічні параметри приготування булочки лляної

Назва сировини та показників технологічного процесу	Витрати сировини на замішування порції тіста, кг та параметри технологічного процесу
Борошно пшеничне вищого сорту	50,0
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	7,5
Дріжджова суспензія	8,0
Сіль кухонна	0,75
Цукор білий кристалічний	3,5
Пюре яблучне	12,0
Гвоздика мелена	0,05
Вода	24
Вологість тіста, %	43,0
Тривалість замішування, хв.	
1 швидкість	5
2 швидкість	10
Початкова температура, °С	26-27
Тривалість бродіння, хв	40
Кінцева кислотність, град	2,5 – 3,0
Тривалість вистоювання тістових заготовок, хв	26
Температура вистоювання тістових заготовок, °С	35-38
Температура випікання, °С	180-220
Тривалість випікання, хв	12

Під час приготування тіста використовували борошно з середніми хлібопекарськими властивостями.

Вироби випікали подовими масою 0,1 кг. Випечено 1300 шт.

Органолептичні показники якості булочки лляної наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 — Органолептичні показники якості

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд: -форма -поверхня -колір	- кругла - посипана цілим насінням - від світло-жовтого до світло-коричневого
Станам'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу та ущільнення, має включення подрібненого насіння льону
Смак	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна з легким присмаком насіння льону
Запах	Властивий булочним виробам з пшеничного борошна, без сторонніх запахів

За результатами пробного випікання підтверджена можливість використання подрібненого насіння жовтонасіневих сортів льону олійного у рецептурі булочки для отримання виробів хорошої якості, збагачених ненасиченими жирними кислотами та харчовими волокнами.

Технолог Мурованокуріловецького
хлібозаводу кооперативної промисловості

Білохатнюк А.І

Аспірант кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів НУХТ

Андронович Г.М.

Доцент кафедри технології хлібопекарських
і кондитерських виробів НУХТ

Бондаренко Ю.В.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор виконавчий виробничих
цехів № 7-8 ТОВ «КИЇВ ХЛІБ»

Р.В. Дубовик

«10» вересня 2020 р.

АКТ

**промислової апробації виробництва хлібобулочних виробів з
використанням подрібненого насіння льону золотого у виробничих умовах
ТОВ «КИЇВ ХЛІБ»
виробничого цеху № 7-8**

«10» вересня 2020 р.

м. Київ

Даний акт складений представниками підприємства ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» виробничий цех № 7-8 у складі: начальника лабораторії технологічної виробничих цехів № 7-8 Васильченко Т.О. та представником Національного університету харчових технологій доцентом кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів Бондаренко Ю.В., аспірант кафедри Андронович Г.М. про те, що в період з 8 по 10 вересня 2020 р. в умовах підприємства були проведені промислові випробування виробництва хлібобулочних виробів з використанням подрібненого насіння льону золотого.

На основі проведених промислових випробувань у виробничому цеху № 7-8 ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» встановлено, що хлібобулочні вироби з подрібненим насінням льону золотого за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідали вимогам діючої нормативної документації (додаток до Акту).

Додаток до Акту: протокол промислової апробації виробництва хлібобулочних виробів з використанням подрібненого насіння льону золотого в умовах виробничого цеху № 7-8 ТОВ «КИЇВ ХЛІБ».

Представники ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» виробничого цеху № 7-8:

Начальник лабораторії технологічної
виробничих цехів № 7-8



Т.О. Васильченко

Представник Національного університету харчових технологій:

Доцент кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських
виробів



Ю.В. Бондаренко

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських
виробів



Г.М. Андронович

ДОДАТОК до Акту
від «10» вересня 2020 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Директор виконавчий
виробничих цехів № 7-8
ТОВ «КИЇВ ХЛІБ»
Ідентифікаційний код
42478993

Р.В. Дубовик
« 10 »-вересня 2020 р.

Протокол
промислової апробації виробництва хлібобулочних виробів з
використанням подрібненого насіння льону золотого у виробничих умовах
ТОВ «КИЇВ ХЛІБ»
виробничих цехів № 7-8

« 10 » вересня 2020 р.

м. Київ

Даний протокол складений представниками підприємства ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» виробничих цехів № 7-8 у складі: начальника лабораторії технологічної Васильченко Т.О.; представника Національного університету харчових технологій доцента кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів Бондаренко Ю.В., аспірант кафедри Андронович Г.М. про те, що в період з 8 по 10 вересня 2020 р. в умовах підприємства були проведені промислові випробування виробництва хлібобулочних виробів з використанням подрібненого насіння льону золотого.

Для проведення випікання насіння льону золотого подрібнювали до крупності частинок, що проходять через дротяне сито з розміром чарунок 1 мм.

Випробування проводилися під час виробництва хліба пшеничного з льоном з борошна пшеничного вищого сорту.

Борошно вищого сорту мало такі показники якості:

- вологість – 14,2 %;
- кислотність – 2,2 град.;
- вміст сирі клейковини – 28,0 %
- показник ІДК – 82 од.

Виробництво хліба пшеничного з льоном здійснювали періодичним способом за технологією, що прийнята на ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» виробничого цеху № 7 у кількості для кожного варіанту з розрахунку на 100 кг борошна.

Подрібнене насіння льону золотого додавали під час замішування тіста в кількості 20 % до маси борошна.

Тісто готували безопарним способом. Подрібнене насіння льону перед замішуванням тіста попередньо замочували водою температурою 60 °С протягом 30 хв. Замишування тіста проводили на двохшвидкісній тістомісильній машині протягом 10 хв, застосовуючи при цьому швидкісні режими: перша швидкість – 4 хв, друга швидкість – 6 хв.

Замішане тісто бродило 90 хв за температури 25-26 °С.

Готове тісто поділяли на шматки на тістоподільній машині 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 остаточного вистоювання. Вистоювання проводили у шафі остаточного вистоювання за температури 28...30 °С та відносної вологості 75 % тривалістю – 35-40 хв.

Випікання здійснювали у зволоженій пекарській камері печі ППП за температури 230 ±10 °С протягом 25 хв.

Показники якості хліба пшеничного з льоном наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри технологічного процесу та показники якості тіста та готових виробів

Показник	Хліб пшеничний з льоном
Тісто	
Кислотність кінцева тіста, град	2,5
Масова частка води тіста, %	43,5
Готові вироби	
Питомий об'єм, см ³ /г	2,6
Відношення висота/діаметр	0,58
Пористість, %	68
Органолептичні показники готових виробів	
Зовнішній вигляд:	
форма	правильна
поверхня скоринки	гладенька, рівна
Колір скоринки	золотистий
Стан м'якушки:	
колір	світлий з жовтуватим відтінком
рівномірність забарвлення	рівномірне
еластичність	еластична
пористість	середня, рівномірна
Смак	властивий даному виробу з легким присмаком льону
Запах	властивий даному виробу з легким олійним запахом

Висновки.

На основі проведених промислових випробувань на підприємстві ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» виробничий цех № 7-8 встановлено, що хлібобулочні вироби з подрібненим насінням льону золотого за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідали вимогам діючої нормативної документації

Представники ТОВ «КИЇВ ХЛІБ» виробничих цехів №7-8:

Начальник лабораторії
технологічної



Т.О. Васильченко

Представник Національного університету харчових технологій:
Доцент кафедри технології
хлібопекарських і
кондитерських виробів



Ю.В.Бондаренко

ДОДАТОК Ж

Розрахунок економічної ефективності (доцільності) використання
насіння льону білого при виробництві хлібобулочних виробів

Розрахунок економічної ефективності Обґрунтування доцільності використання насіння білого льону при виробництві хлібобулочних виробів.

Популярним напрямом у сучасному хлібопеченні є використання нетрадиційної сировини для створення хлібобулочних виробів з функціональними властивостями. Одним із видів такої сировини є насіння льону білого. Підвищений інтерес до лляного насіння обумовлений вмістом у ньому фізіологічно активних компонентів. Унікальність насіння льону в тому, що воно є джерелом одночасно трьох груп біологічно активних речовин, важливих для здоров'я людини: а-ліноленової кислоти (до 57% в складі олії), розчинних і нерозчинних харчових волокон і лігнанів. Також, хімічний склад насіння льону відмінний від пшеничного борошна ще і високим вмістом олії, водорозчинних харчових волокон, білкових речовин, які здійснюватимуть суттєвий вплив на формування структурно-механічних властивостей тіста у разі включення льону до складу тістової системи.

Під час розробки і впровадження у виробництво нових видів хлібобулочних виробів доцільним є розрахунок їх собівартості.

Проведемо розрахунок собівартості для хліба «Льонок», хлібця бутербродного з льоном та булочки лляної

Собівартість продукції - це поточні витрати підприємства на її виробництво і збут, які виражаються в грошовій формі. Враховуючи, що дані вироби передбачається виготовляти на одній технологічній лінії, відмінності у формуванні їх собівартості обумовлені витратами на сировину.

Розрахунок собівартості хліба «Льонок», хлібця бутербродного з льоном та булочки лляної

1. Стаття "Сировина і матеріали" включає в себе витрати на сировину та матеріали, що закуповуються у сторонніх підприємств і організацій та входять до складу виготовленої продукції (табл. 1, 2, 3).

Норма виходу хліба «Льонок» становить 143 %.

Таблиця 1 – Вартість основної сировини для хліба «Льонок»

Найменування сировини	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна за 1 кг	Вартість сировини на 1 т продукції, грн
Борошно пшеничне вищого сорту	652,5	12,5	8156,25
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	65,25	84,0	5481,0
Дріжджі пресовані	22,83	31,5	719,15
Сіль кухонна	8,48	6,3	53,43
Цукор білий кристалічний	26,1	27,20	709,92
Молоко сухе	16,3	180,0	2934
Вода	378,44	13,14	4972,71
Разом	-	-	23026,46

Норма виходу хлібця «Бутербродний» становить 143 %.

Таблиця 2 – Вартість основної сировини для хлібця «Бутербродний»

Найменування сировини	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна за 1 кг	Вартість сировини на 1 т продукції, грн
Борошно пшеничне вищого сорту	643,00	12,5	8037,5
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	48,22	84,0	4050,48
Насіння льону (жовтих сортів) ціле	48,22	84,0	4050,48
Дріжджі пресовані	19,3	31,5	607,95
Сіль кухонна	9,64	6,3	60,74
Цукор білий кристалічний	12,86	27,20	349,8
Кріп свіжий	3,21	140,0	449,4
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене на посипку	6,43	84,0	540,12
Вода	360,08	13,14	4731,46
Разом	-	-	22907,93

Норма виходу булочки «Лляна» становить 143 %.

Таблиця 2 – Вартість основної сировини для булочки «Лляна»

Найменування сировини	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна за 1 кг	Вартість сировини на 1 т продукції, грн
Борошно пшеничне вищого сорту	605,41	12,5	7567,63
Насіння льону (жовтих сортів) подрібнене	90,81	84,0	7628,04
Дріжджі пресовані	24,21	31,5	762,62
Сіль кухонна	9,08	6,3	57,21
Цукор білий кристалічний	42,37	27,20	1152,47
Пюре яблучне	72,64	159,0	11579,76
Гвоздика	0,61	530	323,3
Насіння льону (жовтих сортів) ціле на посипку	6,05	84,0	508,2
Вода	363,24	13,14	4772,98
Разом	-	-	34352,21

2. Стаття «Паливо та енергія» включає в себе витрати на всі види палива та енергії, що безпосередньо використовується в процесі виробництва даного виду продукції. Витрати за цією статтею складають 1213,41 грн. на 1 тону продукції.

3. Стаття «Основна заробітна плата» включає в себе витрати нарахованої основної заробітної плати відповідно до прийнятих підприємством систем оплати праці (табл. 4).

Таблиця 4 – Розрахунок витрат на оплату праці робітників для виготовлення 1 т хліба

Професія	Розряд	Годинна тарифна ставка	Кількість відпрацьованих людино-годин	Витрати тарифної заробітної плати, грн.
Пекар	5	23,96	12	287,52
Дозувальник	3	20,79	12	249,48
Тістороб	4	22,38	12	368,56
Формувальник	4	22,38	12	268,56
Укладальник	3	20,79	12	249,48
Всього	-	-	-	1323,6

Норма виробітку продукції за зміну 1500кг.

На 1 т готової продукції витрати по заробітній платі складуть:

$$1323,6 \times 1000 / 1500 = 882,4 \text{ грн.}$$

Розрахунок додаткової заробітної плати

До додаткової заробітної плати відносять виплати виробничому персоналу, що нараховані за працю понад установлені норми, особливі умови праці і інше, що наведено в т таблиці 5.

Таблиця 5 – Доплати по заробітній платі

Види доплат	Розмір доплат, %
Робота у вихідні дні	50
Робота в нічні, вечірні години	40
Преміальні виплати	50
Робота у святкові дні	50
Оплата відпустки	6,6
Відпускні з премією	6,6
Сума доплати	203,2

Розрахунок додаткової заробітної плати представлено в табл. 6.

Таблиця 6 – Розрахунок додаткової заробітної плати

Вироби	Основна заробітна плата на 1 т виробів, грн	Розмір доплат, %	Додаткова заробітна плата, грн.
Хлібобулочні	882,4	203,2	1085,6

Заробітна плата на 1 т готової продукції разом з доплатами складе:

$$882,4 + 1085,6 = 1968,0 \text{ грн.}$$

4. Стаття «Єдиний соціальний внесок» містить відрахування на обов'язкове державне пенсійне страхування, соціальне страхування, страхування на випадок безробіття тощо. Розраховується у відсотках до витрат на виплату основної та додаткової зарплати та інших заохочувальних та компенсаційних витрат робітникам, безпосередньо зайнятих виготовленням продукції (табл. 7).

Таблиця 7 – Єдиний соціальний внесок

Вироби	Заробітна плата, грн.		Всього фонд оплати праці, %	Єдиний соціальний внесок, %	Сума нарахувань на заробітну плату, грн.
	Основна	Додаткова			
Хлібобулочні	882,4	1085,6	1968,0	22	432,96

5. Стаття «Витрати на утримання та експлуатацію обладнання» є комплексною і охоплює амортизаційні відрахування по технологічному устаткуванню, витрати на його ремонт і технічні огляди. Розраховується на одиницю продукції методом розподілу відповідно до особливостей галузі до якої належить підприємство.

Дані витрати приймаються на рівні 60% від основної заробітної плати працівників підприємства.

Витрати по цій статті складають $882,4 \times 0,6 = 529,44$ грн.

6. Стаття «Загальновиробничі» витрати включає в себе амортизацію будівель і споруд цеху, витрати на їх капітальний і поточний ремонт.

Загальновиробничі витрати приймаємо в розмірі 70% від основної заробітної плати працівників та складають $882,4 \times 0,7 = 617,68$ грн.

7. До статті «Адміністративні витрати» входять витрати на управління підприємством, професійну підготовку та перепідготовку працівників.

Дані витрати приймаємо в розмірі 10% від виробничої собівартості:

Для хліба «Льонок» $27787,95 \times 0,1 = 2778,8$ грн.

Для хлібця «Бутербродний» $27669,42 \times 0,1 = 2766,95$ грн.

Для булочки «Ляна» $39119,7 \times 0,1 = 3911,37$ грн.

8. Стаття «Витрати на збут» включає заробітної плати робочих експедиції, утримання автотранспорту підприємства, що здійснює доставку продукції, реалізація продукції.

Витрати по цій статті становлять 21 % від виробничої собівартості продукції.

Для хліба «Льонок» $27787,95 \times 0,21 = 5835,47$ грн.

Для хлібця «Бутербродний» $27669,42 \times 0,21 = 5810,58$ грн.

Для булочки «Ляна» $39119,7 \times 0,21 = 8015,14$ грн.

Калькуляція витрат на виробництво 1т хліба представлено в табл. 7.

Таблиця 8 – Калькуляція витрат на виробництво 1т хліба, грн.

Статті витрат	Хліб «Льонок»	Хлібець «Бутербродний»	Булочка «Ляна»
Сировина та основні матеріали	23026,46	22907,93	34352,21
Паливо та електроенергія	1213,41	1213,41	1213,41
Основна заробітна плата виробничого персоналу	882,4	882,4	882,4
Додаткова заробітна плата виробничого	1085,6	1085,6	1085,6

персоналу			
Єдиний соціальний внесок	432,96	432,96	432,96
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	529,44	529,44	529,44
Загальновиробничі витрати	617,68	617,68	617,68
Виробнича собівартість	27787,95	27669,42	39119,7
Адміністративні витрати	2778,8	2766,95	3911,37
Витрати на збут	5835,47	5810,58	8015,14
Повні витрати	36402,22	36246,95	51040,21

Техніко-економічні показники продукції

Відпускна ціна продукції підприємства складається з: виробничої собівартості, адміністративних витрат, витрати на збут, норми прибутку.

Сума прибутку за кожного виду виробу:

1. Для хліба «Льонок» сума прибутку складає:

$$П = \frac{5 \cdot (27787,95 + 2778,8 + 5835,47)}{100} = 1820,12 \text{ грн}$$

2. Для хлібця «Бутербродний» сума прибутку складає:

$$П = \frac{5 \cdot (27669,42 + 2766,95 + 5810,58)}{100} = 1812,35 \text{ грн}$$

3. Для булочки «Ляна» сума прибутку складає:

$$П = \frac{5 \cdot (39113,7 + 3911,37 + 8015,14)}{100} = 2552,02 \text{ грн}$$

Відпускна ціна за кожним видом виробу:

1. Для хліба «Льонок» відпускна ціна складає:

$$Ц = 27787,95 + 2778,8 + 5835,47 + 1820,12 = 38222,34 \text{ грн}$$

2. Для хлібця «Бутербродний» відпускна ціна складає

$$Ц = 27649,42 + 2766,95 + 5810,58 + 1812,35 = 38059,3 \text{ грн}$$

3. Для булочки «Ляна» відпускна ціна складає:

$$Ц = 39113,7 + 3911,37 + 8015,14 + 2552,02 = 53592,23 \text{ грн}$$

Таблиця 9 – Розрахунок відпускної ціни

№ п/п	Показники	Хліб «Льонок»		Хлібець «Бутербродний»	Булочка «Ляна»
1.	Виробнича собівартість на 1 т виробу	27787,95		27669,42	39119,7
2.	Адміністративні витрати, грн..	2778,8		2766,95	3911,37
3.	Витрати на збут, грн..	5835,47		5810,58	8015,14
4.	Повні витрати, грн..	36402,22		36246,95	51040,21
5.	Рентабельність, %	5		5	5
6.	Прибуток, грн..	1820,12		1812,35	2552,02
7.	Відпускна ціна підприємства (ціна без ПДВ)	38222,34		38059,3	53592,23
8.	ПДВ (гр..7×0,2(при ставці податку 20%))	7644,45		7611,86	10718,45
9.	Відпускна ціна (гр..7+гр..8)	45866,79		45671,16	64310,68
10.	Відпускна ціна за 1 шт, грн. (гр..9:1000×вагу виробу в кг)	18,35	27,53	4,57	6,44
11.	Торгівельна націнка,%	10	10	10	10
12.	Роздрібна ціна 1 виробу, грн	20,19	30,29	5,03	7,09

Висновок

На підставі проведених розрахунків встановлено, що виробництво хлібобулочних виробів з додаванням насіння льону (жовтонасіневих сортів) (хліб «Льонок», хлібець бутербродний з льоном та булочки ляної) є економічно ефективним.

Прибуток від виробництва 100 кг: хліба «Льонок» - 182,01 грн.; хлібця бутербродного з льоном – 181,23 грн. та булочки ляної – 255,20 грн. при рентабельності 5% забезпечить економічний ефект і конкурентоспроможність продукції спеціального призначення на сучасному ринку.

Доцент кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських
виробів, к.т.н.

Ю .В. Бондаренко



Головний економіст СТОВ «Лан»

В. Н. Скакун

Аспірант кафедри технології
хлібопекарських і кондитерських
виробів

Г. М. Андронович

ДОДАТОК Д

Список наукових праць за темою дисертаційної роботи

Статті

1. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Гмиря І. В., Буцик Н. А. Використання подрібненого насіння білого льону у виробництві хлібобулочних виробів. *Харчова промисловість*. 2018. 24. с 33-39. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/28682/1/%2324.pdf>.

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

2. Bondarenko Yu., 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. p 9-18. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00973>.

(Журнал «EUREKA: Life Sciences» є іноземним виданням (Естонія) індексується в Index Copernicus, Google Scholar).

3. 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. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174643>.

(Науко метричне видання, цитується у Scopus).

4. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Грищенко А. М., Анич А. М. Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. 26 (2). С. 232-243. URL: [http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32127/1/EFFECTIVENESS_OF_T
HE_APPLICATION_OF_FLAX_SEED_HYDRATION_IN_THE_WHEAT_BREAD
PRODUCTION.pdf](http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32127/1/EFFECTIVENESS_OF_THE_APPLICATION_OF_FLAX_SEED_HYDRATION_IN_THE_WHEAT_BREAD_PRODUCTION.pdf).

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

5. Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М. Насіння льону як рецептурний компонент хлібобулочних виробів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. 26 (4). С. 178-189. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32200/1/FLAX_SEEDS_AS_THE_PRESCRIPTION_COMPONENT_OF_BAKERY_PRODUCTS.pdf.

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

6. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Піддубний В. А. Вплив насіння олійного льону на формування структурно-механічних властивостей пшеничного тіста. *Харчова промисловість*. 2020. № 28. С. 40-48. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/34140/1/Kharchova%20Promyslovist%20%84%9628.pdf>

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

7. Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Андронович Г. М. Дослідження впливу насіння льону золотого на процеси утворення та дозрівання пшеничного тіста. *Technology audit and production reserves*. 2020. 5(3(55)). Р. 40–45. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.215503>.

(Науковий журнал, входить до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних і економічних наук; міжнародна індексація: *Index Copernicus, EBSCOhost та іншими*)

Тези доповідей та матеріали конференцій:

8. Андронович Г. М., Буцик Н. А., Гмиря І. В., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу крупності подрібненого насіння льону білого на якість

пшеничного хліба. *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 11-13 вересня 2018 р. Київ: НУХТ. 2018. С. 23-25.

9. Андронович Г. М. Льон – функціональний інгредієнт хлібопекарської галузі. *«Проблеми розвитку та регулювання»*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції туристичного та готельно-ресторанного бізнес в Україні. Черкаси: ЧДТУ. 2018. С. 374-377.

10. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу насіння льону білого на якість пшеничного хліба». *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 84-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 23-24 квітня 2018 р. Київ: НУХТ. 2018. Ч.1. С. 166.

11. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Використання насіння льону білого у виробництві пшеничного хліба. *«Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії»*. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. 1-2 листопада 2018 р. Черкаси: ЧДТУ. 2018, Т.1. С. 13-15.

12. Андронович Г., Цапран І., Бондаренко Ю. Встановлення параметрів гідратації насіння льону у технології пшеничного хліба. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 85-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 11-12 квітня 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. Ч.1 С. 177.

13. Андронович Г. М., Федорова Д. В., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу насіння льону на якість бараночних виробів. *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 10-11 вересня 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. С. 49-50.

14. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Варчук А. П. Дослідження впливу подрібненого насіння льону золотого на формування пружно-еластичних властивостей тіста. *«Технології харчових продуктів і комбікормів»*. Матеріали

міжнародної науково-практичної конференції. 24-27 вересня 2019 р. Одеса: ОНАХТ. 2019. С. 47-49.

15. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Використання насіння льону у виробництві хліба чабата на пулішу. *«Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії»*. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції. 1 листопада 2019 р. Черкаси: ЧДТУ. 2019. Т.1. С. 52-54.

16. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Вплив замочування подрібненого насіння льону на якість пшеничного хліба. *«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції»*. Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції. 5-6 листопада 2019 р. Київ: НУХТ. 2019. С. 121-122.

17. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Насіння льону золотого – перспективна сировина для створення функціональних хлібобулочних виробів. *Modern approaches to the introduction of science into practice. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference. 30-31 March 2020 y. San Francisco, USA 2020. Pp.271-273.* («Сучасні підходи до впровадження науки в практику». Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. 30-31 березня 2020 р. Сан-Франциско. С. 271-273)

18. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Збагачення насінням льону хлібних паличок Гріссіні. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 86-тої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 2-3 квітня 2020 р. Київ. 2020, Ч.1. С. 107.

19. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М. Вплив цілого та подрібненого насіння льону золотого на якість пшеничного хліба». *«Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв»*. Матеріали I-ї міжнародної науково-практично інтернет-конференції. 24 квітня 2020 р. Прага: Oktan Print s.r.o.. 2020. С 87-88.

20. Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М. Вплив насіння льону на бродіння тіста. *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 17-24 листопада 2020 р. Київ: НУХТ. 2020. С. 25-26.

21. Андронович Г. М., Білик О. А., Бондаренко Ю. В. Вплив способу внесення насіння льону під час приготування тіста на якість пшеничного хліба. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Матеріали 87-ої міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 15-16 квітня 2021 р. Київ: НУХТ. 2021. Ч.1. С. 123.

22. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу тривалості замішування тіста з цілим насінням льону на якість пшеничного хліба. *«Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві»* та *«Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»*. Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. 14-15 вересня 2021 р. Київ: НУХТ. 2021. С. 18-20.

23. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Использование измельченных семян льна в рецептуре слоеных хлебобулочных изделий. *«Аспекты инновационных исследований в аграрных науках»*. Материалы международной научно-практической конференции посвящённой 80-летию со дня рождения академика Академии ГСХН, профессора Гурама Ткемаладзе. 20-21 ноября 2021 г. Тбилиси: Технический университет. 2021. С. 25-28.

Розділи колективних монографій:

24. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В., Білик О. А. Розділ: Використання насіння льону білого у виробництві пшеничного хліба: колективна монографія *«Стан та перспективи розвитку туристичного та готельно-ресторанного бізнесу»* /за ред. д.і.н., проф. Чепурди Г.М. Черкаси: ФОП Пономаренко Р.В.. 2019. 160 с.

25. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Розділ: Вплив ступеню подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба: колективна монографія *«Інноваційні напрями розвитку харчових технологій : колективна монографія»* /за загальн. ред. канд. техн. наук, доц. Н. А. Нагурної. Черкаси: ЧДТУ. 2020. 154 с.