

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 листових 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 подовжує 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 води, 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, листові 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](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:

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 paper as 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 dry flax 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.