

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА З ЕКСТРУДОВАНОГО ЯДРА НАСІННЯ СОНЯШНИКА У ВИРОБНИЦТВІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Цихановська І. В., Євлаш В. В., Лазарєва Т. А.

ВСТУП

Наукові дослідження щодо розроблення інноваційних технологій харчової продукції з підвищеною харчовою цінністю та подовженим терміном збереження свіжості є актуальними на сьогоднішній день. Результати таких досліджень потрібні практиці для удосконалення продовольчого забезпечення населення та військовослужбовців. В раціонах харчування військовослужбовців та населення України відзначається дефіцит макро- і мікроелементів, білка, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, харчових волокон, біологічно активних речовин. Спостерігається їх дисбаланс в споживаних продуктах харчування. Це можна пояснити надходженням в переробку неповноцінної сировини, погіршенням екологічної ситуації, порушеннями в структурі харчування, тобто причинами, що призводять до збільшення числа людей, які страждають різними захворюваннями, в тому числі аліментарними^{1,2}. Поліпшення структури харчування українців, забезпечення якості та безпечності харчових продуктів стало найважливішим пріоритетом внутрішньої політики нашої держави. Розвиток сфери виробництва продуктів здорового харчування орієнтоване на постулати нутриціології. Зокрема, на розроблення технологій, які дозволяють отримувати на основі раціонального використання природних сировинних ресурсів харчові продукти, що сприяють поліпшенню структури харчування і призначені для профілактики захворювань, пов'язаних з аліментарним фактором³.

¹ Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants*. 2021. Vol. 10 (11), P. 2487. DOI: 10.3390/plants10112487

² Akkaya, M. R. Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 2018. XCV (4), P. 239–247. URL: https://www.researchgate.net/publication/3281_43287_Fatty_acid_compositions_of_sunflowers_Helianthus_annuus_L_grown_in_east_Mediterranea_region

³ Alexandrino, T. D., Ferrari, R. A., de Oliveira, L. M., de Cássia S. C. Ormenese, R., Pacheco, M. T. B. Fractioning of the sunflower flour components:

В якості однієї з основних задач харчової промисловості України є сталий розвиток виробництва власної сировини і продовольства, об'єми яких повинні бути достатніми для забезпечення продуктами харчування населення країни. Важливим завданням є використання нових прогресивних технологій глибокої і комплексної переробки продовольчої сировини.

Вторинні ресурси олієжирової промисловості активно використовуються в рішенні продовольчих, екологічних та енергетичних проблем, будучи додатковим джерелом речовин природного походження. Значна кількість вторинних ресурсів утворюється в процесі перероблення насіння соняшнику – основної олійної культури України, а саме соняшникові макуха та шроти. Найбільш цінними властивостями вторинних продуктів перероблення насіння соняшника – макухи/шроту/борошна є високий вміст білка, низька собівартість і відсутність в них токсичних та антиживильних речовин. Однак ці вторинні продукти перероблення насіння соняшнику, особливо шрот та макуха, використовуються, в основному, для сільськогосподарських потреб⁴. Зокрема в якості кормових добавок для сільськогосподарських птахів та худоби. Ядра насіння соняшнику мають багатий хімічний склад. Містять до 20 % білків, до 50 % ліпідів, харчові волокна, мінеральні та інші речовини. Тому вони є гарним джерелом поживних речовин і можуть використовуватися у харчових технологіях⁵.

Аналіз результатів дослідження хімічного складу показав, що насіння соняшнику (сорти Джерело Р-453, Майстер, Бузулук; гібриди Меркурій, Мелін, Альтаір) превалюють в загальному об'ємі валового збору насіння соняшнику на території України. Є перспективною сировиною для отримання комплексу харчових продуктів підвищеної харчової цінності, а саме, олії, лецитину, харчового білка, вторинних

Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. 2017. Vol. 84, P. 426–432. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.062

⁴ Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants*, 2021. Vol. 10 (11), P. 2487. DOI: 10.3390/plants10112487

⁵ Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. The Use of Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour as a Functional Ingredient in Biscuits. *Foods*. 2019. Vol. 8 (8), P. 305. DOI: 10.3390/foods8080305

продуктів (макуха/шрот/борошно) і комплексу природних антиоксидантів, що включають хлорогенову кислоту^{6,7}.

Перспективним джерелом цінних поживних речовин (незамінних жирних кислот, незамінних амінокислот, вітамінів, мінералів і т. д.) є екструдоване ядро насіння соняшника. Воно є сировинним компонентом для виготовлення добавки, що поліпшує функціональні й технологічні властивості багатьох харчових продуктів. Покращує біологічну і харчову цінність; показники якості готової продукції. Найбільш цінними властивостями екструдованого ядра насіння соняшника є: високий вміст протеїну (~39,0%) зі збалансованим амінокислотним складом. Присутність есенціальних амінокислот, есенціальних поліненасичених жирних кислот; значна кількість антиоксидантів: вітаміну Е – 15,4 мг % і хлорогенової кислоти – 0,321%. Також екструдоване ядро насіння соняшника характеризується відсутністю токсичних і антипоживних речовин, низькою собівартістю. Все це робить екструдоване ядро насіння соняшника корисним сировинним інгредієнтом⁸. Тобто, екструдоване ядро насіння соняшника є перспективною сировиною з комплексною дією, що можна використовувати у харчових виробництвах.

Групою дослідників сумісно з ТОВ «НАУТЕХ ПЛЮС» було розроблено добавку-напівфабрикат «Маси для формування» (Зміна № 1:2017 до ТУ У 10.8-41009811-001:2017. Маси для формування) для використання при виробництві кондитерських, хлібобулочних, м'ясних виробів, продукції харчоконцентратної промисловості, майонезів, кетчупів, наповнювачів, паст, йогуртів, як часткова заміна пшеничного борошна.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення технології житньо-пшеничного хліба з використання напівфабрикату «Маси для формування».

⁶ Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants*, 2021. Vol. 10 (11), P. 2487. DOI: 10.3390/plants10112487

⁷ Akkaya, M. R. Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*. 2018. XCV (4), P. 239–247. URL: https://www.researchgate.net/publication/328143287_Fatty_acid_compositions_of_sunflowers_Helianthus_annuus_L_grown_in_east_Mediterranean_region

⁸ Evlash, V., Tovma, L., Tsykhanovska, I., Gaprindashvili, N. Innovative Technology of the Scoured Core of the Sunflower Seeds After Oil Expression for the Bread Quality Increasing. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. P. 665–679. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_65

1. Властивості напівфабрикату «Маса для формування»

Рада ЄС висвітлила глобальну продовольчу кризу, спровоковану російським вторгненням в Україну. Це порушення ланцюгів постачання та логістичні ускладнення внаслідок введених під час військового часу обмежень, зростання цін на продовольство через глобальну інфляцію та низька продуктивність продовольчих систем. При цьому серед країн-партнерів ЄС проблема нестачі поживних речовин в раціоні харчування населення України досягла максимального значення. Зміни в економіці країни та країн-партнерів ЄС в особливий період призвели до того, що за останній рік купівельна спроможність значно знизилася⁹. І економлять споживачі насамперед на їжі, купуючи дешеву продукцію сумнівної якості та недостатньої біологічної і харчової цінності. Необхідним стає використання нових джерел сировини і збагачення ними, насамперед, продуктів масового споживання – хліба та хлібобулочних виробів.

В роботах^{10, 11, 12} наведено результати досліджень щодо покращення споживчих властивостей хлібобулочної продукції. Вказано, що хліб є основним продуктом харчування, що споживається щодня, тому його якість повинна відповідати всім медико-біологічним вимогам. Але у промисловості переробляється до 50 % від загального об'єму борошна зі зниженими властивостями; на великих хлібозаводах використовуються безперервні технології, які мають ряд недоліків, в

⁹ Огляд продовольчої безпеки та політики в Україні. Центр досліджень продовольства та землекористування (KSE Агроцентр). *Міністерство аграрної політики та продовольства України*. 2022. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/05/Food-security-and-policy-in-Ukraine_ukr.versiya-1.pdf

¹⁰ Akkaya, M. R. Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*. 2018. XCV (4), P. 239–247. URL: https://www.researchgate.net/publication/328143287_Fatty_acid_compositions_of_sunflowers_Helianthus_annuus_L_grown_in_east_Mediterranea_region

¹¹ Alexandrino, T. D., Ferrari, R. A., de Oliveira, L. M., de Cássia S. C. Orme-nese, R., Pacheco, M. T. B. Fractioning of the sunflower flour components. *Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions*. 2017. *LWT*, 84, P. 426–432. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.062

¹² Огляд продовольчої безпеки та політики в Україні. Центр досліджень продовольства та землекористування (KSE Агроцентр) (2022). Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/05/Food-security-and-policy-in-Ukraine_ukr.versiya-1.pdf

тому числі такі, що впливають на якість хліба. У роботах^{13, 14, 15} показано, що ці показники якості хліба залежать від цілого ряду чинників, головним з яких є якість основної і додаткової сировини, що використовується у виробництві хліба. Відмічено, що недостатньо задовольняється потреба населення та віськовослужбовців у хлібобулочних виробах лікувально-дієтичного, профілактичного та функціонального призначення, особливо в зонах бойових дій і екологічного неблагополуччя. Також існує проблема у виробництві хліба та хлібобулочних виробів тривалого зберігання. Тому необхідно приділяти увагу пошуку нової сировини, створенню рецептур та технологій, що забезпечують задані споживчі властивості готових виробів.

Фахівцями агропромислового комплексу доведено, що в Україні великі посівні площі займає соняшник¹⁶. Ця рослинна сировина, відома як олійна культура, що містить до 20 % білків та інших цінних речовин, тому може бути використана як поліфункціональний харчовий компонент. Але це потребує додаткових досліджень функціональних та технологічних властивостей. Крім того, не використовуються достатньою мірою вторинні продукти олійно-жирової промисловості – макуха, шрот, борошно.

Доцільність використання вторинних продуктів перероблення олійного насіння, зокрема соняшникового борошна, у виробництві борошняної продукції пов'язана з необхідністю підвищення біологічної цінності і поліпшення технологічних і смакових якостей готових виробів.

Відомі роботи з поліпшення біологічної цінності хлібобулочних виробів шляхом збагачення їх продуктами переробки соняшнику –

¹³ Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants*. 2021. Vol. 10 (11), P. 2487. DOI: 10.3390/plants10112487

¹⁴ Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. The Use of Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour as a Functional Ingredient in Biscuits. *Foods*. 2019. Vol. 8 (8), P. 305. DOI: 10.3390/foods8080305

¹⁵ Evlash, V., Tovma, L., Tsykhanovska, I., Gaprindashvili N. Innovative Technology of the Scoured Core of the Sunflower Seeds After Oil Expression for the Bread Quality Increasing. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. P. 665–679. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_65

¹⁶ Огляд продовольчої безпеки та політики в Україні. Центр досліджень продовольства та землекористування (KSE Агроцентр). Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2022. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/05/Food-security-and-policy-in-Ukraine_ukr.versiya-1.pdf

білковим ізолятом¹⁷ та білковим концентратом¹⁸. Недоліком цих збагувачів є вузька спрямованість дії.

Останні роботи^{19,20} показали, що хліб, збагачений поживними речовинами з насіння соняшнику і продуктів його переробки, мав ряд переваг: підвищену біологічну та харчову цінність, покращені органолептичні показники. Але у виробництві виникали певні труднощі. Це значно знижувало споживчу привабливість готових виробів. Внесення 5 % і більше соняшникового борошна або білкового ізоляту з соняшникового насіння або шроту сприяло погіршенню органолептичних властивостей хліба – затемнення м'якучки.

В працях^{21,22} доведено доцільність використання в технології хлібобулочних виробів вторинних продуктів переробки насіння соняшника: макухи/шроту/борошна. Але внесення соняшникових макухи/шроту/борошна більше 4,75 %, а саме 5,0–12,5 % погіршувало текстуру готових виробів. В роботі²³ показано, що часткова заміна пшеничного борошна на 2,5–7,0 % соняшникового борошна сприяє подовженню терміну збереження свіжості та покращенню харчової

¹⁷ Shchekoldina, T., Aider, M. Production of low chlorogenic and caffeic acid containing sunflower meal protein isolate and its use in functional wheat bread making. *Journal of Food Science and Technology*. 2012. Vol. 51 (10), P. 2331–2343. DOI: 10.1007/s13197-012-0780-2

¹⁸ Man, S., Păucean, A., Muste, S., Pop, A., Sturza, A., Mureșan, V., Salanță, L. C. Effect Of Incorporation Of Sunflower Seed Flour On The Chemical And Sensory Characteristics Of Cracker Biscuits. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*. 2017. Vol. 74 (2), P. 95. DOI: 10.15835/buasvmcn-fst:0018

¹⁹ Škrbić, B., Filipčev, B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 108 (1), P. 119–129. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.052

²⁰ Gómez, M., Martinez, M. M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 58 (13), P. 2119–2135. DOI: 10.1080/10408398.2017.1305946

²¹ Martins, Z. E., Pinho, O., Ferreira, I. M. P. L. V. O. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 67, P. 106–128. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.07.003

²² Mohammed, K., Obadi, M., Omedi, J. O., Letsididi, K. S., Koko, M., Zaaboul, F. et al. Effect of sunflower meal protein isolate (SMPI) addition on wheat bread quality. *Journal of Academia and Industrial Research*. 2018. Vol. 6 (9), P. 159–164. URL: https://www.researchgate.net/publication/324079011_Effect_of_Sunflower_Meal_Protein_Isolate_SMPI_Addition_on_Wheat_Bread_Quality

²³ De Oliveira Filho, J. G., Egea, M. B. Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: An attempt to improve the sustainability of the oil process. *Journal of Food Science*. 2021. Vol. 86 (5), P. 1497–1510. DOI: 10.1111/1750-3841.15719

цінності готових виробів. Але внесення в рецептуру хліба соняшникового борошна 7,5–15,0 % сприяло погіршенню консистенції м'якушки та недостатньо розвиненої пористості готових виробів.

В працях^{24, 25} показано використання вторинних продуктів переробки насіння соняшника в технологіях хлібобулочної продукції з подовженими термінами збереження свіжості. Але високі температурні режими переробки насіння соняшнику і отримання олії та вторинних продуктів призводять до глибокої денатурації білків насіння. В результаті погіршуються функціональні властивості олії та вторинних продуктів переробки насіння соняшника. Це сприяє зниженню біологічної та харчової цінності хліба та хлібобулочних виробів.

В роботах^{26, 27} доведено доцільність використання білкових продуктів переробки насіння соняшника у виробництві хліба. Але запропонована технологія переробки насіння соняшника виключає можливість отримання соняшникових вторинних продуктів без додаткової обробки. Крім того, ці білкові продукти мають знижену біологічну цінність.

Перспективною є комплексна технологія переробки обрушеного ядра насіння соняшнику, яка передбачає отримання продукту – борошна з екструдованого ядра насіння соняшника, збагаченого фізіологічно цінними есенціальними жирними кислотами.

Борошно з екструдованого ядра насіння соняшника також містить такі затребувані в харчових технологіях інгредієнти, як рослинний білок зі збалансованим амінокислотним складом і лецитин (виробник ТОВ «НАУТЕХ ПЛІУС», Україна)²⁸.

²⁴ Wu, L. Effect of chlorogenic acid on antioxidant activity of Flos Lonicerae extracts. *Journal of Zhejiang University SCIENCE*. 2007. Vol. 8 (9), P. 673–679. DOI: 10.1631/jzus.2007.b0673

²⁵ Goiri, I., Zubiria, I., Benhissi, H., Atxaerandio, R., Ruiz, R., Mandaluniz, N., Garcia-Rodriguez, A. (2019). Use of Cold-Pressed Sunflower Cake in the Concentrate as a Low-Input Local Strategy to Modify the Milk Fatty Acid Profile of Dairy Cows. *Animals*. 2019. Vol. 9 (10). P. 803. DOI: 10.3390/ani9100803

²⁶ Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. (2019). The Use of Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour as a Functional Ingredient in Biscuits. *Foods*. 2019. Vol. 8 (8), P. 305. DOI: 10.3390/foods8080305

²⁷ Mirpoor, S. F., Giosafatto, C. V. L., Porta, R. (2021). Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics. A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 109, P. 259–270. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.014

²⁸ Evlash, V., Tovma, L., Tsykhanovska, I., Gaprindashvili, N. (2019). Innovative Technology of the Scoured Core of the Sunflower Seeds After Oil Expression for the

Тому, наукове обґрунтування використання борошна з екструдованого ядра насіння соняшника для хлібобулочної продукції підвищеної якості, харчової цінності та подовженим терміном збереження свіжості має великі практичні перспективи у харчовій промисловості.

Метою дослідження є розробка технології хліба житньо-пшеничного з використанням напівфабрикату «Маса для формування».

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**:

– визначити хімічний склад та функціонально-технологічні характеристики напівфабрикату «Маса для формування»;

– дослідити вплив напівфабрикату «Маса для формування» на органолептичні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба;

– дослідити вплив напівфабрикату «Маса для формування» на фізико-хімічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба;

– дослідити вплив напівфабрикату «Маса для формування» на структурно-механічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба в процесі їх зберігання;

– дослідити вплив напівфабрикату «Маса для формування» на мікробіологічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба в процесі їх зберігання.

Об'єкт дослідження: технологія хліба з суміші житнього та пшеничного борошна.

Предмети досліджень:

– напівфабрикат «Маса для формування», отриманий за допомогою інноваційної комплексної технології переробки насіння соняшнику, виробник ТОВ «НАУТЕХ ПЛЮС», Україна;

– зразок 1 контрольний – житньо-пшеничний хліб «Дарницький» ДСТУ 4583:2006 з показниками якості: вологість м'якушки – не більше 44,5 %; кислотність не більше – 8,5°; пористість – не менше 58,0 %;

– зразок 2 – житньо-пшеничний хліб із частковою заміною борошна пшеничного вищого гатунку (БПВГ) на напівфабрикат «Маса для формування» у кількості 7,5 % від маси БПВГ;

– зразок 3 – житньо-пшеничний хліб зі частковою заміною БПВГ на напівфабрикатт «Маса для формування» у кількості 10, 0 % від маси БПВГ;

– зразок 4 – житньо-пшеничний хліб зі частковою заміною БПВГ на напівфабрикат «Маса для формування» у кількості 12, 5 % від маси БПВГ.

Методи дослідження. Для реалізації поставлених завдань були використані загальноприйняті та стандартні методи дослідження згідно ДСТУ-П 4583:2006 та ДСТУ 7517:2014, також інструментальні методи біохімічного, фізико-хімічного і мікробіологічного аналізу. Масову частку білка визначали з використанням системи кількісної ідентифікації N₂/білка DKL8 (VELP SCIENTIFICA, Італія) відповідно до ДСТУ 7491:2013.

Біологічну цінність білкового комплексу вивчали шляхом експериментального визначення амінокислотного складу з використанням системи капілярного електрофорезу «КРАПЕЛЬ-105М», фірма-виробник Люмекс. Відносну біологічну цінність (ВБЦ) білкових продуктів визначали експрес-методом з використанням інфузорій *Tetrahymena pyriformis*, штам WH14 відповідно до рекомендацій²⁹.

Масову частку клітковини визначали на установці для аналізу клітковини FIBRETherm FT12 (Gerhardt, Німеччина) відповідно до ДСТУ 7491:2013. Масову частку жиру в білковому комплексі визначали на автоматичній установці для твердо-рідинної екстракції SOXTherm SOX414a (Gerhardt, Німеччина) згідно інструкції користувача та ДСТУ 7491:2013.

Жирнокислотний склад ліпідів визначали на газовому хроматографі з полум'яно-іонізаційним детектором і інтегратором «Кристал 5000». Вміст кальцію і магнію встановлювали комплексометричним методом. Статистичну обробку результатів експерименту проводили за методом Стюдента. Органолептичні та фізико-хімічні властивості житнє-пшеничного хліба визначали за стандартними методиками³⁰.

Структурно-механічні властивості м'якушки хліба (еластичність, %; модуль еластичності E, Па; усадка, %) визначали шляхом вимірювання її пружно-еластичних властивостей на автоматизованому пенетрометрі АП-4/2. За допомогою цього приладу визначали загальну деформацію м'якушки хліба ($\Delta H_{\text{общ}}$), що характеризує його

²⁹ Staender, M., Schroedl, W., Krueger, M. Exocytotic and phagocytotic activities of *Tetrahymena pyriformis* are not influenced by *Clostridium botulinum* neurotoxins. *Protistology*. 2009. Vol. 6 (1), P. 45–54. URL: https://www.researchgate.net/publication/255647414_Exocytotic_and_phagocytotic_activities_of_Tetrahymena_pyriformis_are_not_influenced_by_Clostridium_botulinum_neurotoxins

³⁰ Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навч. посіб. Київ : Кондор-Видавництво, 2015. 972 с.

стискаємість; пластичну деформацію ($\Delta N_{пл}$) або еластичність і пружну деформацію ($\Delta N_{упр}$) або усадку за методиками³¹.

Для характеристики процесу черствіння хліба застосовували метод визначення модуля еластичності E , який характеризує глибину занурення конусовидного індентора пенетрометра під навантаженням в м'якушку хліба. Крошковатість визначали у % враховуючи крихти, що утворилися, по відношенню до маси м'якушки, що використовувалася для аналізу. Формостійкість хлібу визначали за формулою (1):

$$\Phi = \frac{H}{P}, \quad (1)$$

де H – висота, см;

P – периметр, см.

Питомий об'єм ($V_{шт.}$, см³/г) визначали шляхом ділення величини об'єму хліба на його масу. Виразали його з точністю до 0,01 см³/г.

Об'єм хліба (V см³) вимірювали тричі за допомогою пристрою РЗ-БЮ. Пристрій працює за принципом вимірювання об'єму сипучого наповнювача, що витісняється хлібом.

Перелік мікробіологічних показників, за якими проводили контроль якості готових хлібобулочних виробів, встановлювали, керуючись вимогами ДСП 4.4.5.078 і МБТ № 5061-89. Визначали кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ, КУО/г) та наявність бактерій групи кишкових паличок (БГКП-коліформи) в 0,001 г). Виявляли золотистий стафілокок, протей, бактерії роду *Salmonella* та інші патогенні мікроорганізми³² в 25 г та відповідно ДСанПіН 4.2-180-2012 й ДСТУ 8446:2015.

³¹ Хімія і технологія сировини хлібопекарського, кондитерського, макаронного виробництв і харчоконцентратів: лабор. практи. для студ. освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за професійним напрямом 6.0917 «Харчова технологія та інженерія» / упоряд.: Г. М. Лисюк, З. І. Кучерук, О. С. Луньова. Харків : ХДУХТ, 2010. 52 с.

³² ДСП 4.4.5.078. Мікробіологічні нормативи та методи контролю продукції громадського харчування Київ : МОЗ України. 2001. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84558

2. Визначення хімічного складу та фізико-хімічних показників напівфабрикату «Маса для формування»

Досліджували особливості хімічного складу напівфабрикату «Маса для формування». В зв'язку з тим, що напівфабрикат «Маса для формування» має привабливий нутрієнтний профіль, його використовували для підвищення харчової цінності житньо-пшеничного хліба. Провели порівняльний аналіз щодо хімічного складу основної сировини – борошна пшеничного вищого гатунку (БПВГ) і борошна житнього обдирного (БЖО) (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад напівфабрикату «Маса для формування» у порівнянні з борошном пшеничним та житнім

Продукт	Білок, г	Жири, г	Цукор, г	Крохмаль, г	Клітковина, г	Зола, г	Са, мг	Mg, мг
Напівфабрикат «Маса для формування»	38,7	4,87	3,7	12,5	11,9	8,0	367	317
Борошно пшеничне вищого гатунку	12,0	1,9	3,4	70,7	0,12	0,58	21	19
Борошно житнє обдирне	10,7	1,6	5,6	65,8	0,20	1,6	34	60

Як видно з наведених даних (табл. 1), в напівфабрикаті «Маса для формування» в порівнянні з пшеничним та житнім борошном значно вищий вміст білка, мінеральних речовин, в тому числі кальцію і магнію.

Напівфабрикат «Маса для формування» вивчали на вміст ГМО. Було встановлено, що напівфабрикат «Маса для формування», не містить генетично модифіковану ДНК, яка має цільові послідовності промотора 35S і NOS-термінатора.

У табл. 2 наведено фізико-хімічні показники напівфабрикату «Маса для формування». Аналіз фізико-хімічних показників, представлений в табл. 2, показує, що напівфабрикат «Маса для формування» характеризується високим вмістом білка (38,73 %) та добре збалансованим амінокислотним складом (що підвищує біологічну цінність борошна).

Напівфабрикат «Маса для формування» містить 76,35 % розчинних протеїнів. Це є важливим чинником стабілізації харчових систем – пін, емульсій; утворення гелів тому, що розчинні білки створюють високу гомогенну дисперсність молекул в таких системах та сприяють міжповерхневим взаємодіям.

Таблиця 2

**Фізико-хімічні показники напівфабрикату
«Маса для формування», $P \leq 5,0$ %**

Найменування показника	Вміст
Масова частка вологи, %	4,72±0,24
Масова частка летких речовин, %	3,48±0,16
Масова частка сухої речовини, %	91,80±4,19
Масова частка сирого протеїну в перерахунку на суху речовину, %	38,73±1,94
Масова частка розчинних протеїнів в борошні до загального вмісту протеїну, %	76,35±3,11
Масова частка сирого жиру в перерахунку на суху речовину, %	4,87±0,25
Кислотне число сирого жиру відразу/після 6 міс. зберігання, мг КОН/г	0,091±0,004/0,093±0,004
Масова частка сиріої клітковини, %	11,87±0,55
Масова частка загальної золи, в перерахунку на суху речовину, %	8,0±0,35
Масова частка крохмалю, %	12,53±0,59
Масова частка хлорогенової кислоти, %	0,321±0,016
Масова частка вітаміну Е, мг/кг	15,40±0,77

Вміст жиру (4,87 %), багатого ненасиченими жирними кислотами підвищує харчову цінність соняшникова борошна. Напівфабрикат «Маса для формування» має низьке значення кислотного числа (0,093 мг КОН/г), у тому числі після 6 місяців зберігання (0,091 мг КОН/г). Це свідчить про низький рівень гідролізу та окиснення жиру, високу якість та стабільність напівфабрикату «Маса для формування» протягом зберігання. Кислотне число зростає незначно – лише на 1,1 %. Це пояснюється дією природних антиоксидантів, зокрема α -токоферолу, хлорогенової кислоти тощо. Вони сприяють збільшенню періоду індукції, руйнуванню гіпероксидів без утворення вільних радикалів, що веде до розриву ланцюга (деактивації вільних

радикалів у цепних реакціях окиснення) і сповільнення швидкості окиснення³³.

З табл. 2 видно, що вуглеводна складова напівфабрикату «Маса для формування» представлена клітковиною (11,87%) та крохмалем (12,53%). Результати задовольняють вимогам споживачів щодо вмісту клітковини (харчових волокон). Харчовим волокнам притаманна низка корисних ефектів: сприяють нормальній моторики кишківнику і підтримки в ньому корисної мікрофлори; зменшенню артеріального тиску та рівню глюкози і холестерину; реабсорбції жовчних кислот і перетравленню крохмалю.

Крохмаль є основним джерелом вуглеводів в харчуванні людини; він обволікає слизову оболонку кишківника, поглинаючи (абсорбуючи) шкідливі для організму речовини; сприяє доброму засвоюванню організмом деяких мікроелементів, зокрема цинку, заліза. Напівфабрикат «Маса для формування» містить значну кількість антиоксидантів: вітаміну Е (α -токоферол) 15,40 мг/кг і хлорогенової кислоти (0,321%). α -токоферол також проявляє властивості імуномодулятора, позитивно впливаючи на процеси клітинного дихання.

Хлорогенова кислота впливає на обмін щавлевої кислоти в організмі людини, попереджає подагру, знижує рівень цукру в крові. Високий вміст золи (8,0%) вказує на багатий мінеральний склад напівфабрикату «Маса для формування» порівняно з цільним насінням соняшнику (2,68–4,87%). Особливо треба звернути увагу на таку властивість напівфабрикату «Маса для формування» як вміст глютену (масова частка глютену, мг/кг менше 5), що дозволяє віднести його до безглютенових продуктів.

У табл. 3 наведено результати визначення амінокислотного профілю напівфабрикату «Маса для формування», борошна пшеничного вищого гатунку та борошна житнього обдирного.

При вивченні складу білку напівфабрикату «Маса для формування», отриманого за інноваційною ресурсозберігаючою комплексною технологією переробки насіння соняшнику, виявлено, що запропонована технологія не призводить до істотної зміни нативного складу амінокислот білкової частини ядра соняшнику.

Вміст есенціальних амінокислот в білковому комплексі напівфабриката «Маса для формування» складає ~38,73%. Це в 2,44–2,48 та в 3,15–3,19 разів більше, ніж в житньому та пшеничному борошні. Переважною амінокислотою є лізін, крім того,

³³ Wu, L. Effect of chlorogenic acid on antioxidant activity of Flos Lonicerae extracts. Journal of Zhejiang University SCIENCE. 2007. Vol. 8 (9), P. 673–679. DOI: 10.1631/jzus.2007.b0673

відзначено більш високий вміст амінокислот лейцину і треоніну, дефіцитних для всіх сортів пшеничного та житнього борошна (табл. 3). Слід відзначити збалансованість амінокислотного складу білків напівфабрикату «Маса для формування» (АКЧ есенціальних амінокислот наближається до 100 %).

Таблиця 3

Вміст есенціальних амінокислот в напівфабрикаті «Маса для формування» та в борошні пшеничному й житньому, $P \leq 5,0$ %

Амінокислота	Масова частка, мг на 100 г продукту		
	Напівфабрикат «Маса для формування»	Борошно	
		пшеничне вищого гатунку	житнє обдирне
Сумма амінокислот	7416±12, 14	3471±6,12	3013±5,16
В тому числі: валін	1070±4,22	471±3,42	343±3,11
ізолейцин	710±3,14	430±3,48	242±1,85
лейцин	1343±4,02	806±3,56	406±3,24
лізин	693±3,01	250±1,98	231±1,85
метіонін+цистин	785±3,00	353±2,18	362±2,19
треонін	886±3,66	311±2,04	281±2,39
триптофан	337±2,11	100±1,01	88±0,96
фенілаланін+тирозин	1592±4,34	750±2,98	475±3,51

У зв'язку з тим, що крім білків і мінеральних речовин до фізіологічно функціональних інгредієнтів відносять ненасичені жирні кислоти, у роботі проведено порівняльний аналіз жирно-кислотного складу напівфабрикату «Маса для формування», житнього і пшеничного борошна (табл. 4).

Встановлено, що ліпідна частина має жиророзчинні фізіологічно цінні нутрієнти в нативній формі, а також замінні і незамінні жирні кислоти.

Переважаючими жирними кислотами в напівфабрикаті «Маса для формування» є олеїнова, C18:1(ω-9) (19,32 %) та лінолева, C18:2 (ω-6) (65,05 %). Вони становлять (84,37±4,22) % від загальної кількості жирнокислотного профілю напівфабрикату «Маса для формування», тобто є основними компонентами жиру борошна. При цьому, співвідношення C18:2(ω-6)/C18:1(ω-9)=3,4:1 є збалансованим співвідношенням ненасичених жирних кислот родини ω-6, ω-9 особливо для дієтичного харчування (згідно з Британським фондом

харчування це співвідношення дорівнює від 3:1 до 5:1) [17]. Лінолева, C18:2(ω -6) і ліноленова, C18:3(ω -3) кислоти є есенціальними жирними кислотами і відіграють важливу роль у підтримці здоров'я, рівні тригліцеридів і холестерину, нормалізують артеріальний тиск.

Таблиця 4

Вміст жирних кислот в напівфабрикаті «Маса для формування» та в борошні пшеничному й житньому, P \leq 5,0 %

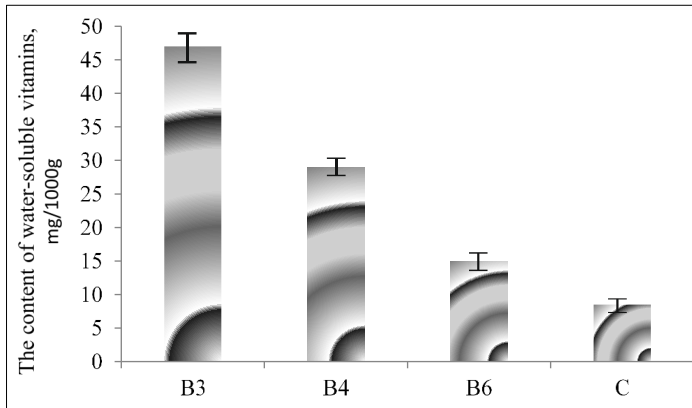
Жирна кислота	Кількість жирної кислоти у перерахунку на жир борошна, мг/г		
	Напівфабрикат «Маса для формування»	Борошно	
		пшеничне вищого гатунку	житнє обдирне
Пальмітинова, C16:0	0,44 \pm 0,01	0,13 \pm 0,01	0,08 \pm 0
Стеаринова, C18:0	0,34 \pm 0,01	0,01 \pm 0	0,01 \pm 0
Олеїнова, C18:1(ω -9)	10,95 \pm 0,85	1,13 \pm 0,1	0,81 \pm 0,1
Лінолева, C18:2 (ω -6)	36,88 \pm 1,02	1,81 \pm 0,1	0,97 \pm 0,1
Ліноленова, C18:3(ω -3)	0,10 \pm 0,01	0,03 \pm 0	0,02 \pm 0

Вміст ліноленової кислоти складає 0,17%. Споживання хлібо-булочних виробів з використанням напівфабрикату «Маса для формування» сприяє підвищенню рівня лінолевої, ліноленової та олеїнової кислот в організмі людини. Це робить борошно з екструдованого ядра насіння соняшника важливим дієтичним джерелом ненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої, ліноленової та олеїнової.

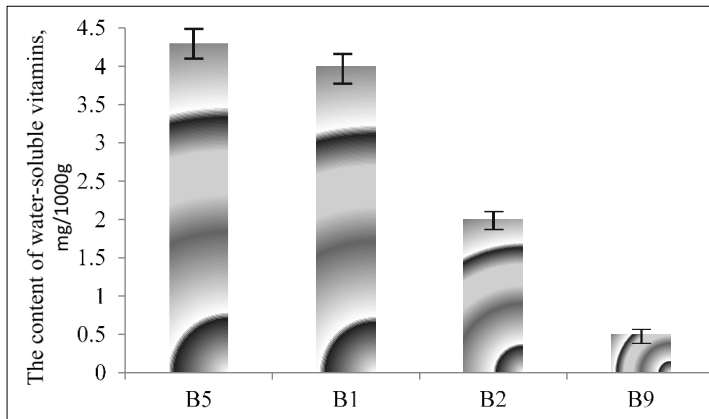
На рис. 1–2 наведено аналіз вітамінного складу напівфабрикату «Маса для формування».

Визначено у складі напівфабрикату «Маса для формування» наявність комплексу біологічно-активних речовин (рис. 1): 8 водорозчинних та 4 жиророзчинних вітамінів (рис. 2).

В табл. 5 наведено порівняльний аналіз функціонально-технологічних та фізико-хімічних показників напівфабрикату «Маса для формування» та Борошно пшеничне вищого гатунку.



a



б

**Рис. 1. Вітамінний склад напівфабрикату
«Маса для формування»:
a – водорозчинні вітаміни: B3, B4, B6, C;
б – водорозчинні вітаміни: B5, B1, B2, B9;**

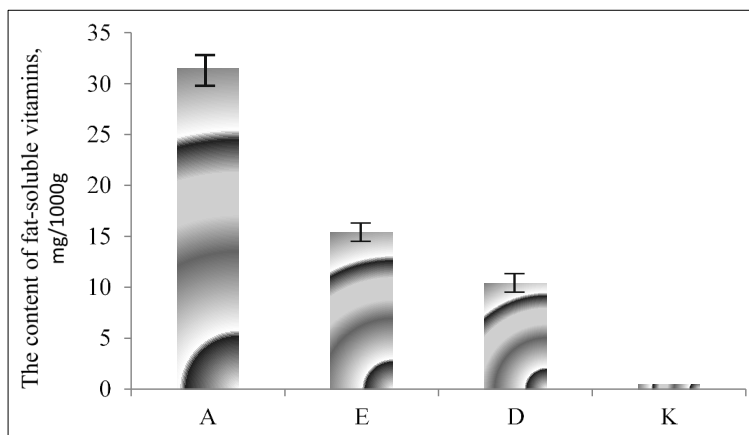


Рис. 2. Вміст жиророзчинних вітамінів: А, Е, D, К у складі напівфабрикату «Маса для формування»

Таблиця 5

Функціонально-технологічні та фізико-хімічні показники напівфабрикату «Маса для формування» та борошна пшеничного вищого гатунку

Показник	Борошно пшеничне вищого гатунку	Напівфабрикат «Маса для формування»
Жиропоглинальна здатність (ЖПЗ), г олії/г сухої речовини	0,96±0,04	1,45±0,08
Водоутримувальна здатність (ВУЗ), г води/г сухої речовини	0,79±0,14	2,87±0,38
Колір L^*	94,85±0,36	78,84±0,26
a^*	-0,87±0,02	1,42±0,02
b^*	10,95±0,15	14,25±0,15
Загальний вміст фенолів, ЗВФ (ТРС), мг GAE/г	5,59±0,84	12,54±0,95
Здатність поглинати радикали 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу, ДФПГ (ДРPH), мг TE/г	0,42±0,25	4,16±0,75
Антиоксидантна здатність до зменшення міді, АОЗДЗМ (CUPRAC), мг TE/г	2,22±0,65	16,75±1,05

Аналіз табл. 5 свідчить про поліпшення гідратаційних та ліпофільних властивостей напівфабрикату «Маса для формування»

порівняно з борошном пшеничним вищого гатунку: збільшується жиропоглинальна здатність в 1,50–1,52 рази та водоутримувальна здатність в 3,62–3,64 рази. Це пов'язано з більшою дисперсністю, хімічним складом та високим вмістом розчинної харчової клітковини в напівфабрикаті «Маса для формування». Щодо кольору – напівфабрикат «Маса для формування» порівняно з борошном пшеничним вищого гатунку має декілька темніший колір з вищими значеннями червоності та блакитності. Достатньо високий вміст сполук з антиоксидантним ефектом в напівфабрикаті «Маса для формування» сприяє покращенню антиоксидантних властивостей добавки-напівфабрикату порівняно з борошном пшеничним вищого гатунку. А саме, збільшується загальний вміст фенолів (ЗВФ) в 2,22–2,26 разів; ДФПГ в 9,8–10,0 разів; АОЗДЗМ в 7, 51–7, 56 разів. Попередні дослідження показали, що напівфабрикат «Маса для формування» є гарним джерелом фенольних сполук, у тому числі хлорогенової, кавової, п-гідроксибензойної, п-кумарової, цинамової, м-гідроксибензойної, ванілінової, сиринової, транскоричної, ізоферулової та синапової кислот. Ці сполуки мають високі антиоксидантні властивості. З іншого боку, повідомляється, що пшеничне борошно має дуже низький вміст поліфенолів, що пояснює його нижчу антиоксидантну здатність порівняно з напівфабрикатом «Маса для формування».

Дослідження нутрієнтного складу напівфабрикату «Маса для формування» є перспективним для пошуку економічних шляхів підвищення поживної якості хліба та хлібобулочної продукції; підвищення рентабельності вторинних продуктів переробки насіння соняшнику.

Попередніми дослідженнями встановлено, що напівфабрикат «Маса для формування» – це порошок, який складається з однорідних за розміром частинок (90–110) мкм³⁴. Це зумовлює відносну легкість введення його в рецептуру борошняних виробів, в яких типовий розмір частинок пшеничного та житнього борошна дорівнює ≤200 мкм (зазвичай ~100 мкм).

Таким чином, судячи з представлених характеристик, напівфабрикат «Маса для формування» – дуже цінна сировина, яка може бути використана у виробництві широкого спектру борошняних виробів, зокрема хлібобулочних, борошняних кондитерських (печива, пряників, крекерів, мафінів, тісточек тощо), що володіють

³⁴ Evlash V., Tovma L., Tsykhanovska I., Gaprindashvili N. Innovative Technology of the Scoured Core of the Sunflower Seeds After Oil Expression for the Bread Quality Increasing. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. P. 665–679. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_65

підвищеною харчовою цінністю та подовженим терміном збереження свіжості.

3. Розроблення технології житньо-пшеничного хліба з використанням напівфабрикату «Маса для формування»

Дослідження впливу напівфабрикату «Маса для формування» на органолептичні показники житньо-пшеничного хліба. Сенсорним аналізом дослідних зразків житньо-пшеничного хліба встановлено збільшення комплексного показника якості при частковій заміні борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» у кількості 7,5 %; 10,0 %; 12,5 % від кількості борошна пшеничного вищого гатунку на $(0,07 \pm 0,01)$; $(0,18 \pm 0,01)$; $(0,05 \pm 0,01)$ бали відповідно (табл. 6).

При виробництві житньо-пшеничного хліба з частковою заміною борошна пшеничного вищого гатунку на 7,5 % напівфабрикату «Маса для формування» показників якості виробів порівняно з контролем майже не зазнали змін.

При заміні борошна пшеничного вищого гатунку на 12,5 % напівфабрикату «Маса для формування» текстура виробів стає сухою і крихкою.

Найкращі органолептичні показники мають вироби при заміні борошна пшеничного вищого гатунку на 10,0 % напівфабрикату «Маса для формування», тобто при співвідношенні (в %) борошно пшеничне вищого гатунку:напівфабрикат «Маса для формування»=90:10 (рис. 3).

При цьому зберігається *текстура*; вироби набувають приємного горіхового *присмаку*. Покращуються: *зовнішній вигляд* – правильна, з випуклої поверхнею форма; гладка, без тріщин поверхня. *Консистенція* – дрібнопориста, еластична, ніжна та *вигляд на зламі* – структура з дрібними рівномірно розподіленими порами.

Експериментальним шляхом було встановлено оптимальну масову частку напівфабрикату «Маса для формування» в технології житньо-пшеничного хліба, яка становила 10,0 % від кількості борошна пшеничного вищого гатунку. Масову частку встановлювали з урахуванням споживних властивостей хліба та виходячи з розрахунку собівартості готових виробів.

У табл. 7 наведено результати органолептичного аналізу житньо-пшеничного хліба зі частковою заміною борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» у оптимальній кількості – 10,0 % до маси борошна пшеничного вищого гатунку у порівнянні зі контрольним зразком.

**Органолептичні показники дослідних зразків
житньо-пшеничного хліба з різною масовою часткою
напівфабрикату «Маса для формування», $P \leq 5,0\%$**

Дослідні зразки житньо- пшеничного хліба	Органолептичні показники житньо-пшеничного хліба					
	Смак	Колір	Пористість	Зовнішній вигляд і поверхня хліба	Запах	Комплексний показник
Зразок 1 – контроль	5,00±0,02	5,00±0,02	4,90±0,01	4,92±0,01	5,00±0,02	24,82±0,01
Зразок 2 – з 7,5 % напів- фабрикату «Маса для формування»	5,00±0,02	5,00±0,02	4,92±0,01	4,97±0,02	5,00±0,02	24,89±0,01
Зразок 3 – з 10,0 % напівф- абрикату «Маса для формування»	5,00±0,02	5,00±0,02	5,00±0,01	5,00±0,01	5,00±0,02	25,00±0,01
Зразок 4 – з 12,5 % напів- фабрикату «Маса для формування»	5,00±0,02	5,00±0,02	4,97±0,01	4,98±0,01	5,00±0,02	24,95±0,01



—□— «Дарницький» (контроль);

—△— зі борошняною сумішшю (у %) «борошно пшеничне вищого гатунку:напівфабрикат «Маса для формування»=90:10"

Рис. 3. Органолептичні показники зразків хліба

Як впливає з даних (табл. 6), дослідні зразки були оцінені на 90,21–97,61 балів, в залежності від кількості напівфабрикату «Маса для формування». Визначальними показниками збільшення загальних балів по відношенню до контрольного зразку були аромат і смак хліба.

Таблиця 7

Показники якості житньо-пшеничного хліба з додаванням напівфабрикату «Маса для формування» у кількості 10,0 % до маси борошна пшеничного вищого гатунку у порівнянні з контролем, $P \leq 5,0$ %

Показник	Дослідні зразки житньо-пшеничного хліба	
	Зразок 1 – контроль	Зразок 3 – з 10,0 % напівфабрикату «Маса для формування»
Форма, стан поверхні корки, Кв=2	9,01±0,04	9,61±0,04
Забарвлення корок, Кв=2	9,41±0,04	9,61±0,04
Колір м'якушки, Кв=3	14,42±0,05	14,42±0,05
Характер пористості, Кв=3	13,81±0,05	14,41±0,05
Еластичність м'якушки, Кв=3	12,02±0,05	13,82±0,05
Аромат (запах), Кв=3	13,81±0,06	15,01±0,06
Смак, Кв=3	13,81±0,06	15,01±0,06
Розжувачість, Кв=1	4,01±0,02	4,81±0,02
Сумарний показник якості $\sum Xi \times Kв^*$	90,31±0,08	97,71±0,08

Примітка: *Кв – коефіцієнт вагомості, Xi – i-й показник якості.

Дослідження впливу напівфабрикату «Маса для формування» на фізико-хімічні показники житньо-пшеничного хліба. Для оцінки впливу напівфабрикату «Маса для формування» на якість готових виробів були визначені фізико-хімічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хлібу: масова частка вологи м'якушки, питомий об'єм, кислотність та пористість м'якушки. В табл. 7 наведено фізико-хімічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба з використанням напівфабрикату «Маса для формування» порівняно з контролем.

Масова частка вологи м'якушки – показник, який тісно пов'язаний з якістю та стійкістю хліба під час зберігання. Надлишок вологи сприяє перебігу ферментативних і хімічних реакцій, активізує

діяльність мікроорганізмів, в тому числі таких, які призводять до псування хліба, зокрема його пліснявіння.

Важливими показниками якості хліба є пористість та кислотність. Пористість хлібобулочної продукції показує відношення обсягу пор до загального обсягу м'якушки хлібобулочних виробів і виражається у відсотках. Наочно залежність пористості дослідних зразків житньо-пшеничного хліба від кількості додавання напівфабрикату «Маса для формування» представлена в табл. 8.

Кислотність характеризує свіжість і смакові якості хліба. Хліб та хлібобулочні вироби з низькою кислотністю зберігається довше. Рівень кислотності житньо-пшеничного хліба з добавкою-напівфабрикатом «Маса для формування» представлена у табл. 8.

Таблиця 8

Фізико-хімічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хлібу з різною масовою часткою напівфабрикату «Маси для формування», $P \leq 5,0\%$

Дослідні зразки житньо-пшеничного хліба	Фізико-хімічні показники			
	Вологість м'якушки, %, не більше	Кислотність м'якушки, град, не більше	Пористість, %, не менше	Питомий об'єм, см ³ /г
Зразок 1 – контроль	41,0±0,06	8,5±0,08	58,0±0,2	4,09±0,02
Зразок 2 – з 7,5 % напівфабрикату «Маса для формування»	41,5±0,06	8,0±0,08	65,0±0,2	5,21±0,02
Зразок 3 – з 10,0 % напівфабрикату «Маса для формування»	42,0±0,06	7,5±0,08	68,0±0,2	5,32±0,02
Зразок 4 – з 12,5 % напівфабрикату «Маса для формування»	42,2±0,06	7,3±0,08	69,0±0,2	5,35±0,02

З даних табл. 8 випливає, що часткова заміна борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» у кількості 7,5–12,5 % від маси борошна пшеничного вищого гатунку поліпшує фізико-хімічні характеристики житньо-пшеничного хліба.

Дослідні зразки житньо-пшеничного хліба з використанням напівфабрикату «Маса для формування» мали добру еластичність та розвинену рівномірну пористість; пори однакових розмірів з тонкими стінками; м'якушка не кришилася і не заминалася.

Крім того, мінімальний вміст фенольних сполук в напівфабрикаті «Маса для формування» забезпечує його світле забарвлення, що свідчить про можливість внесення напівфабрикату «Маса для формування» в хлібобулочні вироби із суміші житнього та пшеничного борошна без погіршення кольору м'якушки, а також в іншу харчову продукцію.

В табл. 9 наведено експериментальні дані часткової заміни борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» у кількості 7,5–12,5 % від маси борошна пшеничного вищого гатунку.

Досліджено крошковатість, формостійкість та забрудненість спорами міцеліальних грибів (пеніцили, аспергіли, мукорові тощо), які викликають пліснявиння хліба та хлібобулочних виробів.

Збільшення питомого об'єму (табл. 8) і формостійкості (табл. 9) хліба, з використанням напівфабрикату «Маса для формування» пов'язане зі здатністю компонентів насіння соняшника (зокрема, ліпідів, гліколіпідів та ліпопротеїдів) до комплексоутворення і структуроутворення.

Тобто часткова заміна борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» сприяє не тільки підвищенню харчової цінності готового виробу, а також покращенню його показників якості.

Дослідження впливу напівфабрикату «Маса для формування» на структурно-механічні показники хліба. У табл. 10 наведені результати визначення загальної деформації м'якушки дослідних зразків житньо-пшеничного хліба, $\Delta N_{\text{обш}}$, мм (що характеризує його стискаємість; пластичну деформацію ($\Delta N_{\text{пл}}$) або еластичність і пружну деформацію ($\Delta N_{\text{упр}}$) або усадку у процесі зберігання) протягом 12 діб.

Таблиця 9

Крошковатість, формостійкість та контамінація міцеліальними грибами дослідних зразків житньо-пшеничного хліба, $P \leq 5,0$ %

Дослідні зразки житньо-пшеничного хліба	Показники				
	Крошковатість м'якушки, %, відразу (через 12 діб)	Формостійкість відразу (через 3 доби)	Поява пліснявіння (при 7 °С) протягом зберігання		
			5 діб	10 діб	13 діб
Зразок 1 – контроль	2,5 (6,5) \pm 0,01	0,46 (0,42) \pm 0,001	–	+	+
Зразок 2 – з 7,5 % напівфабрикату «Маса для формування»	2,0 (3,5) \pm 0,01	0,60 (0,58) \pm 0,001	–	+	+
Зразок 3 – з 10,0 % напівфабрикату «Маса для формування»	1,5 (3,0) \pm 0,01	0,65 (0,63) \pm 0,001	–	+	–
Зразок 4 – з 12,5 % напівфабрикату «Маса для формування»	1,3 (2,8) \pm 0,01	0,67 (0,61) \pm 0,001	–	+	–

Таблиця 10

Загальна деформація м'якушки дослідних зразків житньо-пшеничного хлібу ($\Delta H_{\text{общ}}$, мм) протягом зберігання, $P \leq 5,0$ %

Дослідні зразки житньо-пшеничного хліба	Загальна деформація м'якушки ($\Delta H_{\text{общ}}$, мм) при зберіганні протягом			
	0 годин	6 годин	72 годин	12 діб
Зразок 1 – контроль	8,0 \pm 0,2	7,0 \pm 0,2	4,5 \pm 0,2	1,5 \pm 0,1
Зразок 2 – з 7,5 % напівфабрикату «Маса для формування»	11,5 \pm 0,3	10,8 \pm 0,3	9,7 \pm 0,3	6,5 \pm 0,2
Зразок 3 – з 10,0 % напівфабрикату «Маса для формування»	11,5 \pm 0,3	11,0 \pm 0,3	10,2 \pm 0,3	7,0 \pm 0,2
Зразок 4 – з 12,5 % напівфабрикату «Маса для формування»	11,5 \pm 0,3	11,2 \pm 0,3	10,4 \pm 0,3	7,3 \pm 0,2

Аналіз даних табл. 10 показує, що черствіння хліба з використанням напівфабрикату «Маса для формування» проходить повільніше у порівнянні з контролем. Тобто часткова заміна борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» сприяє подовженню терміну збереження свіжості хліба.

Проведені дослідження дозволили встановити раціональну кількість напівфабрикату «Маса для формування», яка становить 10,0 % від кількості борошна пшеничного вищого гатунку.

Дослідження впливу напівфабрикату «Маса для формування» на мікробіологічні показники хліба. В табл. 11 наведені мікробіологічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хлібу відразу після випічки та після зберігання протягом 72 годин і 10 діб (при визначенні спор бактерій *Vac. Subtilis*).

Дані табл. 11 підтверджують мікробіологічну безпечність дослідних зразків житньо-пшеничного хліба з використанням напівфабрикату «Маса для формування» та відповідність встановленим для даного виду продукції нормативам.

Таблиця 11

Мікробіологічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба

Найменування показника	Норматив	Зразок 1 – контроль	Зразок 3 – з 10,0 % напівфабрикату «Маса для формування»
КМАФАнМ, КУО/г, відразу/через 72 год	$1,0 \times 10^3$	$0,1 \times 10^1 / 1,1 \times 10^1$	$0,2 \times 10^1 / 1,3 \times 10^1$
<i>S.aureus</i> , відразу/через 72 год	не дозволяється в 1,0 г	відсутнє в 1,0 г	відсутнє в 1,0 г
БГКП, відразу/через 72 год	не дозволяється в 0,001 г	відсутнє в 0,001 г	відсутнє в 0,001 г
<i>Proteus</i> , відразу/через 72 год	не дозволяється в 0,1 г	відсутнє в 0,1 г	відсутнє в 0,1 г
<i>Salmonella, L.monocy-togenes</i> , відразу/через 72 год	не дозволяється в 25,0 г	відсутнє в 25,0 г	відсутнє в 25,0 г
Число спор бактерій <i>Vac. Subtilis</i> , КУО/г, відразу/через 72 год	$0,4 \times 10^3$	$0,1 \times 10^1 / 0,5 \times 10^1$	$0,2 \times 10^1 / 0,7 \times 10^1$
Число спор бактерій <i>Vac. Subtilis</i> , КУО/г, відразу/через 10 діб	$0,4 \times 10^3$	$0,1 \times 10^1 / 1,2 \times 10^1$	$0,2 \times 10^1 / 1,3 \times 10^1$

ВИСНОВКИ

1. Порівняльним аналізом хімічного складу напівфабрикату «Маса для формування», борошна пшеничного та житнього встановлено, що напівфабрикат «Маса для формування» має значно більш високий вміст білка, мінеральних речовин, в тому числі кальцію і магнію.

Напівфабрикат «Маса для формування» містить значну кількість антиоксидантів: вітаміну Е – 15,4 мг% і хлорогенову кислоту – 0,321 %, яка впливає на обмін щавлевої кислоти в організмі людини. Наявність глютену в напівфабрикаті «Маса для формування» у кількості ~5 мг/кг дозволяє віднести його до безглютенових продуктів.

Вміст незамінних амінокислот в білковому комплексі напівфабриката «Маса для формування» складає більше ~38,73 %. У напівфабрикаті «Маса для формування» переважною амінокислотою є лизин, крім того, відзначено більш високий вміст амінокислот лейцину і треоніну, дефіцитних для всіх сортів пшеничного та житнього борошна.

В напівфабрикаті «Маса для формування» максимально збережено жиророзчинні фізіологічно цінні нутрієнти в нативній формі, а також заміні і незамінні жирні кислоти. Переважаючими жирними кислотами в напівфабрикаті «Маса для формування» є олеїнова, С18:1(ω -9) (19,32 %) та лінолева, С18:2 (ω -6) (65,05 %).

2. Дані органолептичного аналізу підтверджують покращення якості житньо-пшеничного хліба з використанням напівфабриката «Маса для формування» у середньому на 5,0–7,0 % порівняно з контролем. Встановлено раціональна кількість напівфабриката «Маса для формування» – 10,0 % від кількості борошна пшеничного вищого гатунку.

3. Виявлено вплив додавання напівфабрикату «Маса для формування» на фізико-хімічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба.

Використання напівфабрикату «Маса для формування» сприяє: збільшенню вологості м'якушки на 0,5–1,2 %; зменшенню кислотності м'якушки на 0,5–1,2°; збільшенню пористості на 7,0–11,0 %; збільшенню питомого об'єму на 1,12–1,26 см³/г; збільшенню формостійкості на 1,0–1,5 %; зменшенню крошковатості на 1,0–1,3 %.

4. Досліджено вплив додавання напівфабриката «Маса для формування» на структурно-механічні показники дослідних зразків житньо-пшеничного хліба в процесі їх зберігання.

При зберіганні дослідних зразків хліба протягом 12 діб стискаємість м'якушки знижується для контролю – в 5,3 рази, для

зразка 2 – в 1,77 разів, для зразка 3 – в 1,64 рази, для зразка 4 – в 1,57 разів. Тобто черствіння хліба з додаванням напівфабрикату «Маса для формування» проходить повільніше.

5. Мікробіологічними дослідженнями встановлено, що дослідні зразки житньо-пшеничного хліба при зберіганні протягом 72 годин (та 10 діб) за температурою 20°C відповідали вимогам мікробіологічних нормативів, встановлених для даного виду продукції в Україні.

Отже, напівфабрикат «Маса для формування» може бути рекомендовано як сировина у виробництві житньо-пшеничного хліба з метою підвищення харчової та біологічної цінності виробів.

АНОТАЦІЯ

Хлібобулочні вироби мають нестійку гетерогенну структуру, яка потребує стабілізації. Нутрієнтний склад цієї продукції, в більшості випадків, є несбалансованим: характеризується високим вмістом калорій та вуглеводів. При цьому вміст білку, жиру, харчових волокон (клітковини), вітамінів, макро- і мікроелементів є низьким. Це обумовлює пошук сировинних інгредієнтів з високим функціонально-технологічним потенціалом та з привабливим нутрієнтним профілем. Доведено доцільність використання в технологіях хлібобулочних виробів вторинного продукту переробки насіння соняшника – борошна з екструдованого ядра насіння соняшника у вигляді добавки-напівфабрикату «Маса для формування». Досліджено нутрієнтний профіль цієї харчової добавки. Досить високий вміст білка (38,73 %) з добре збалансованим амінокислотним складом (10 есенціальних і 9 неесенціальних амінокислот) підвищує біологічну цінність напівфабрикату «Маса для формування». Вміст жиру (4,87 %), багатого ненасиченими жирними кислотами (16 жирних кислот), збагачує харчовий профіль напівфабрикату «Маса для формування». Високий вміст золи (8,0 %) (виявлено 22 елемента) та присутність 12 вітамінів (92,3 % від загальної кількості вітамінів) вказує на високу біологічну цінність напівфабрикату «Маса для формування». Встановлено, що часткова заміна борошна пшеничного вищого гатунку на напівфабрикат «Маса для формування» в кількості 10,0 % до маси пшеничного борошна збільшує вологість на 0,5–1,2 %; зменшує кислотність на 0,5–1,2°; збільшує пористість на 7,0–11,0 %; збільшує питомий об'єм на 1,12–1,26 см³/г. Зменшує крошковатість м'якушки в 2,0–2,2 рази.

Жірепатыра

1. Akkaya, M. R. Fatty acid compositions of sunflowers (*Helianthus annuus* L.) grown in east Mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 2018/ XCV (4), P 239–247. URL: https://www.researchgate.net/publication/328143287_Fatty_acid_compositions_of_sunflowers_Helianthus_annuus_L_grown_in_east_Mediterranea_region
2. Alexandrino, T. D., Ferrari, R. A., de Oliveira, L. M., de Cássia S. C. Ormenese, R., Pacheco, M. T. B. Fractioning of the sunflower flour components: *Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions*. 2017. Vol. 84, P. 426–432. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.062
3. Ancuța, P., Sonia, A. Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10 (21), P. 7432. DOI: 10.3390/app10217432
4. De Oliveira Filho, J. G., Egea, M. B. Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: An attempt to improve the sustainability of the oil process. *Journal of Food Science*. 2021. Vol. 86 (5), P. 1497–1510. DOI: 10.1111/1750-3841.15719
5. Evlash V., Tovma L., Tsykhanovska I., Gaprindashvili N. Innovative Technology of the Scoured Core of the Sunflower Seeds After Oil Expression for the Bread Quality Increasing. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. P. 665–679. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_65
6. Goiri, I., Zubiria, I., Benhissi, H., Atxaerandio, R., Ruiz, R., Mandaluniz, N., Garcia-Rodriguez, A. Use of Cold-Pressed Sunflower Cake in the Concentrate as a Low-Input Local Strategy to Modify the Milk Fatty Acid Profile of Dairy Cows. *Animals*. 2019. Vol. 9 (10). P. 803. DOI: 10.3390/ani9100803
7. Gómez, M., Martínez, M. M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 58 (13), P. 2119–2135. DOI: 10.1080/10408398.2017.1305946
8. Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. The Use of Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour as a Functional Ingredient in Biscuits. *Foods*. 2019. Vol. 8 (8), P. 305. DOI: 10.3390/foods8080305
9. Man, S., Păucean, A., Muste, S., Pop, A., Sturza, A., Mureșan, V., Salanță, L. C. Effect Of Incorporation Of Sunflower Seed Flour On The Chemical And Sensory Characteristics Of Cracker Biscuits. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*. 2017. Vol. 74 (2), P. 95. DOI: 10.15835/buasvmcn-fst:0018

10. Martins, Z. E., Pinho, O., Ferreira, I. M. P. L. V. O. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 67, P. 106–128. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.07.003
11. Mirpoor, S. F., Giosafatto, C. V. L., Porta, R. Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics. A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 109, P. 259–270. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.014
12. Mohammed, K., Obadi, M., Omedi, J. O., Letsididi, K. S., Koko, M., Zaaboul, F. et al. Effect of sunflower meal protein isolate (SMPI) addition on wheat bread quality. *Journal of Academia and Industrial Research*. 2018. Vol. 6 (9), P. 159–164. URL: https://www.researchgate.net/publication/324079011_Effect_of_Sunflower_Meal_Protein_Isolate_SMPI_Addition_on_Wheat_Bread_Quality
13. Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants*, 2021. Vol. 10 (11), P. 2487. DOI: 10.3390/plants10112487
14. Shchekoldina, T., Aider, M. Production of low chlorogenic and caffeic acid containing sunflower meal protein isolate and its use in functional wheat bread making. *Journal of Food Science and Technology*. 2012. Vol. 51 (10). P. 2331–2343. DOI: 10.1007/s13197-012-0780-2
15. Škrbić, B., Filipčev, B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 108 (1), P. 119–129. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.052
16. Staender, M., Schroedl, W., Krueger, M. Exocytotic and phagocytotic activities of *Tetrahymena pyriformis* are not influenced by *Clostridium botulinum* neurotoxins. *Protistology*. 2009. Vol. 6 (1), P. 45–54. URL: https://www.researchgate.net/publication/255647414_Exocytotic_and_phagocytotic_activities_of_Tetrahymena_pyriformis_are_not_influenced_by_Clostridium_botulinum_neurotoxins
17. Wu, L. Effect of chlorogenic acid on antioxidant activity of *Flos Lonicerae* extracts. *Journal of Zhejiang University SCIENCE*. 2007. Vol. 8 (9), P. 673–679. DOI: 10.1631/jzus.2007.b0673
18. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навч. посіб. Київ : Кондор-Видавництво, 2015. 972 с.
19. ДСП 4.4.5.078. Мікробіологічні нормативи та методи контролю продукції громадського харчування. Київ : МОЗ України, 2001. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84558

20. Огляд продовольчої безпеки та політики в Україні. Центр досліджень продовольства та землекористування (KSE Агроцентр) Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2022. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/05/Food-security-and-policy-in-Ukraine_ukr.versiya-1.pdf

21. Хімія і технологія сировини хлібопекарського, кондитерського, макаронного виробництв і харчоконцентратів : лабор. практик для студ. освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за професійним напрямом 6.0917 «Харчова технологія та інженерія» / упоряд.: Г. М. Лисюк, З. І. Кучерук, О. С. Луньова. Харків : ХДУХТ, 2010. 52 с.

Information about the authors:

Tsykhanovska Iryna Vasylivna,

Doctor of Technical Sciences,

Professor at the Department

of Food Technology, Light Industry and Design

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

16, Universitetska str., Kharkiv, 61003, Ukraine

Evlash Victoria Vladlenivna,

Doctor of Technical Sciences,

Professor at the Department

of Chemistry, Biochemistry, Microbiology and Food Hygiene

State Biotechnological University

44, Alchevskykh str., Kharkiv, 61002, Ukraine

Lazarijeva Tetiana Anatoliivna,

Doctor of Pedagogical Sciences,

Professor at the Department

of Food Technology, Light Industry and Design

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

16, Universitetska str., Kharkiv, 61003, Ukraine