

**DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-19**

УДК [664.68:613.2]:664.788.3

С. П. Боковець, д.ф., ст. викл.,

ORCID: 0000-0003-0466-2426

О. Ю. Кошель, д.ф., доц.,

ORCID: 0000-0002-2184-2106

Сумський національний аграрний університет

e-mail: sergiy_bokovec@ukr.net, тел.: +380671878060031,

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БОРОШНА ЗЕЛЕНОЇ ГРЕЧКИ ТА ПСИЛІУМУ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАФФІНІВ

Анотація. У статті розглянуто дослідження впливу борошна зеленої гречки та псиліуму на структурно-механічні властивості безглютенових мафінів, зокрема на в'язкість тіста, динаміку усихання та формостійкість готових виробів. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення якості безглютенових кондитерських виробів у зв'язку з їх зростаючою популярністю серед споживачів, що дотримуються безглютенової дієти з медичних чи інших причин.

В експерименті використано різні співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму, що дозволило визначити оптимальне поєднання цих інгредієнтів для досягнення найкращих технічних характеристик продукту. Встановлено, що співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму 85:15 % забезпечує оптимальну в'язкість тіста, бажану консистенцію мафінів та їх формостійкість.

Сенсорний аналіз показав, що безглютенові мафіни з таким співвідношенням мають приємний смак та текстуру, а також зменшене усихання під час зберігання, що підвищує їх тривалість свіжості. Результати дослідження підтверджують доцільність використання борошна зеленої гречки і псиліуму для поліпшення технологічних властивостей безглютенових мафінів, підвищення їх харчової цінності та збереження якості протягом тривалого періоду.

Ключові слова: безглютенові мафіни, борошняні кондитерські вироби, борошно зеленої гречки, псиліум, в'язкість тіста, структурно-механічні властивості, сенсорний аналіз.

Постановка проблеми. Стратегія розвитку харчової та переробної промисловості України до 2023 року спрямована на підвищення якості та конкурентоспроможності кондитерських виробів. Хлібобулочні вироби, в тому числі мафіни, користуються постійним попитом серед споживачів.

У деяких країнах мафіни популярні як ранковий або вечірній перекус. Мафінами називають м'які бісквітні вироби з пористою структурою м'якушки і великим об'ємом. Маффіни та інші хлібобулочні вироби зазвичай містять високий вміст жиру, цукру та глютену і тому не користуються популярністю серед споживачів, які піклуються про своє здоров'я [1].



Як відомо, їжа є одним з основних джерел енергії для людського організму. Однак деякі люди народжуються з природною схильністю, або в результаті порушення певних метаболічних процесів можуть з'являтися токсини, які пригнічують захисну та імунну системи організму, а також погіршують роботу мозку. Це пов'язано з удосконаленням методів діагностики захворювань, викликаних непереносимістю глютену, а також з «модними» тенденціями та маркетинговими прийомами виробників продуктів. Як наслідок, безглютенові продукти все частіше можна побачити в меню магазинів, кафе та ресторанів [2, 3]. Проте для багатьох людей безглютенова дієта є необхідністю, а не частиною тренду.

Вирішити цю проблему можна шляхом пошуку нових видів сировини, які володіють необхідними технологічними властивостями, відносно недорогі, мають багатий хімічний склад та структурні компоненти, що дають змогу виробляти борошняні кондитерські вироби. Однією з таких нетрадиційних видів сировини є борошно з зеленої гречки та псиліуму.

Борошно із зеленої гречки - це інноваційний вид борошна, виготовлений із зеленої гречки, відомої своєю високою харчовою цінністю та корисними властивостями. Це борошно має ряд властивостей, які роблять його використання в технології мафінів цікавим. Основними його компонентами є білок, вітаміни групи В, мінерали (залізо, кальцій і магній) та антиоксиданти. Однак важливим аспектом його використання є високий вміст гідрофільних макромолекулярних сполук, таких як білок, крохмаль і клітковина, які надають йому важливих технологічних властивостей [4].

Псиліум містить добре розчинні волокна, які здатні поглинати воду і утворювати гелеподібну структуру. Ця властивість робить його цінним інгредієнтом для утримання вологи та покращення текстури хлібобулочних виробів. Псиліум також позитивно впливає на здоров'я, нормалізує травлення та допомагає контролювати рівень цукру в крові [5].

Результати аналітичного огляду показали, що літературні дослідження щодо структурно-механічних властивостей тіста для безглютенових кексів є розрізненими. Це зумовлює доцільність обраного напрямку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [6] досліджували вплив концентрованого сколотину на якість безглютенових маффінів. Результати показали, що додавання збагаченого сколотину до рецептури покращило вологоутримання тіста, поєднало білки тваринного та рослинного походження та створило передумови для створення більш різноманітного асортименту безглютенових маффінів з кращою харчовою цінністю та споживчими властивостями.



Автори роботи [7] досліджували якість трьох цукрових маффінів та маффінів, збагачених гарбузовою пастою. Встановлено, що додавання гарбузової пасти до рецептури збільшує вологість готового продукту. При цьому сухість маффінів суттєво не змінилася.

Дослідники [8] вивчали використання борошна з насіння нішевих культур у технологіях виробництва кексів та тортів. Результати показали, що вміст білка в готових виробах збільшився. Білок позитивно впливає на організм людини, оскільки містить незамінні амінокислоти. Крім того, збільшення вмісту жиру в хлібобулочних виробах має як позитивні, так і негативні наслідки. Ненасичені жирні кислоти, що містяться в жирах, мають оздоровчий вплив на організм людини, але високий вміст жирів у продуктах призводить до їх швидшого псування.

Вчені [9] визначили вплив структурно-механічних властивостей тіста для маффінів, а саме підсолоджувача фруктози та пребіотику лактулози, на структурно-механічні властивості кінцевого продукту.

У роботі [10] досліджено вплив сухого змішування з кербом на якість тіста та випечених маффінів. Дані, отримані в цьому дослідженні, показали, що сухе змішування з кербом надало готовій випічці високу поживну цінність з хорошими фізико-хімічними властивостями. Було виявлено, що додавання кербу допомагає зменшити вміст вологи і трохи знизити лужність продукту.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження впливу борошна зеленої гречки та псиліуму на структурно-механічні властивості, а саме в'язкості, динаміки усихання та формостійкості безглютенових маффінів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим аспектом в цьому контексті є встановлення оптимального співвідношення компонентів, щоб досягти найкращих характеристик продукту.

Для створення рецептури безглютенових маффінів використано результати попереднього аналізу хімічного складу сировини та сформульовано функціонально-технологічні властивості готового тіста для маффінів.

У рамках даної технології (рис. 1) пропонується повну заміну пшеничного борошна на борошно зеленої гречки з додаванням псиліуму.

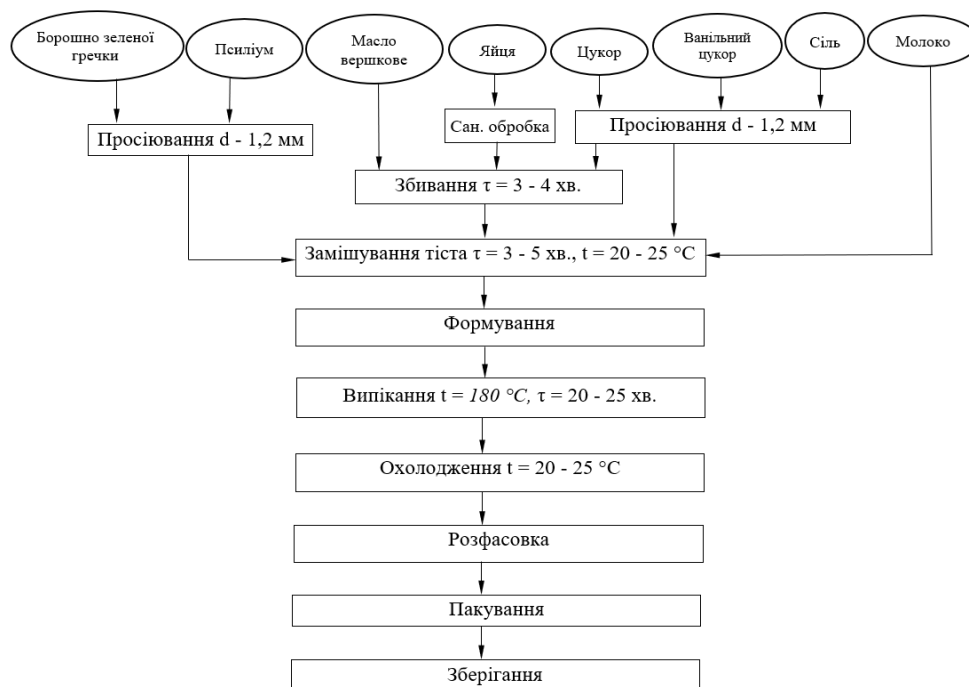


Рис 1. Технологічна схема безглютенових маффінів

Для того, щоб визначити відповідне співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму, було проведено сенсорний аналіз наданих зразків безглютенових кексів. У таблиці 1 наведено пропорції борошна зеленої гречки та псиліуму, що використовувалися в експерименті.

Таблиця 1

Співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму від маси пшеничного борошна

№ зразка	Кількість борошна зеленої гречки, %	Кількість псиліуму, %
1	95±2	5±2
2	90±2	10±2
3	85±2	15±2
4	80±2	20±2

Результати сенсорного аналізу готових безглютенових маффінів наведені на рисунку 2.

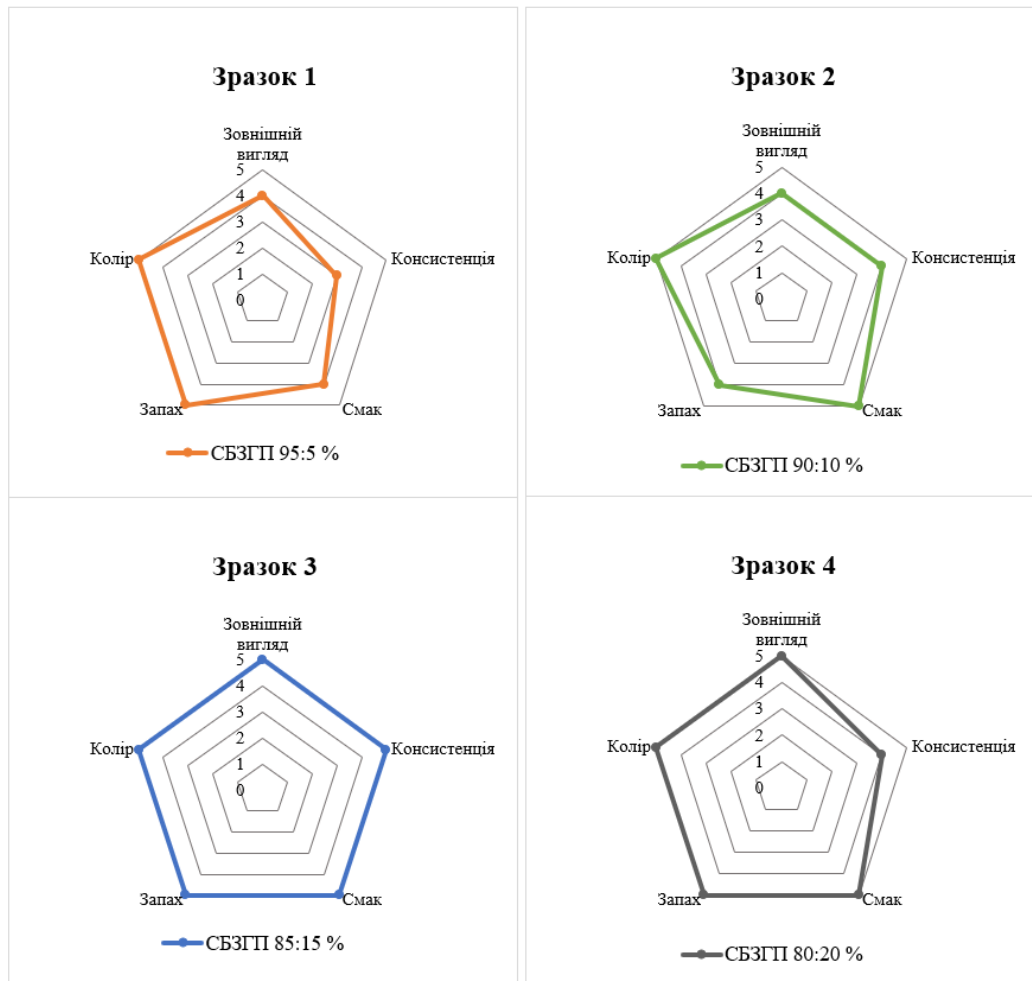


Рис. 2. Аналіз проведення сенсорного дослідження зразків готових безглютенових мафінів

Розглянемо сенсорний аналіз чотирьох зразків мафінів з різними співвідношеннями борошна зеленої гречки та псиліуму.

Зразок № 1 - смакові відчуття менш насичені, а консистенція не надто ніжна. Крім того, м'якушка була надто забита та не пориста.

Зразок № 2 має більше насичений смак та щільнішу консистенцію порівняно з першим зразком, проте все ще не відповідав бажаному результату.

Зразок № 3 - смак виявився насиченим, а консистенція ніжною з бажаною пористою м'якушкою.

Зразок № 4 має надто насичений смак та нерівномірну консистенцію м'якушки, ймовірно це пов'язано з великою кількістю псиліуму у рецептурі.

За результатами досліджень встановлено, що оптимальне співвідношення зеленого гречаного борошна та псиліуму для створення безглютенових мафінів становить 85:15 % від маси пшеничного борошна відповідно.

Наступним етапом дослідження було проведення аналізу структурно-механічних та фізико-хімічних характеристик з метою оцінки в'язкості тіста, стійкості форми готових маффінів, а також визначення ступеня усихання випечених виробів для кожного з досліджуваних зразків.

Для встановлення оптимального співвідношення між борошном зеленої гречки та псиліумом у рецептурі маффінів було проведено дослідження динамічної в'язкості тіста (рис. 3). В експерименті використовувалися чотири варіанти тіста: контрольний зразок на основі пшеничного борошна та чотири зразки з додаванням борошна зеленої гречки і псиліуму в різних пропорціях – 95:5, 90:10, 85:15 і 80:20 % відповідно.

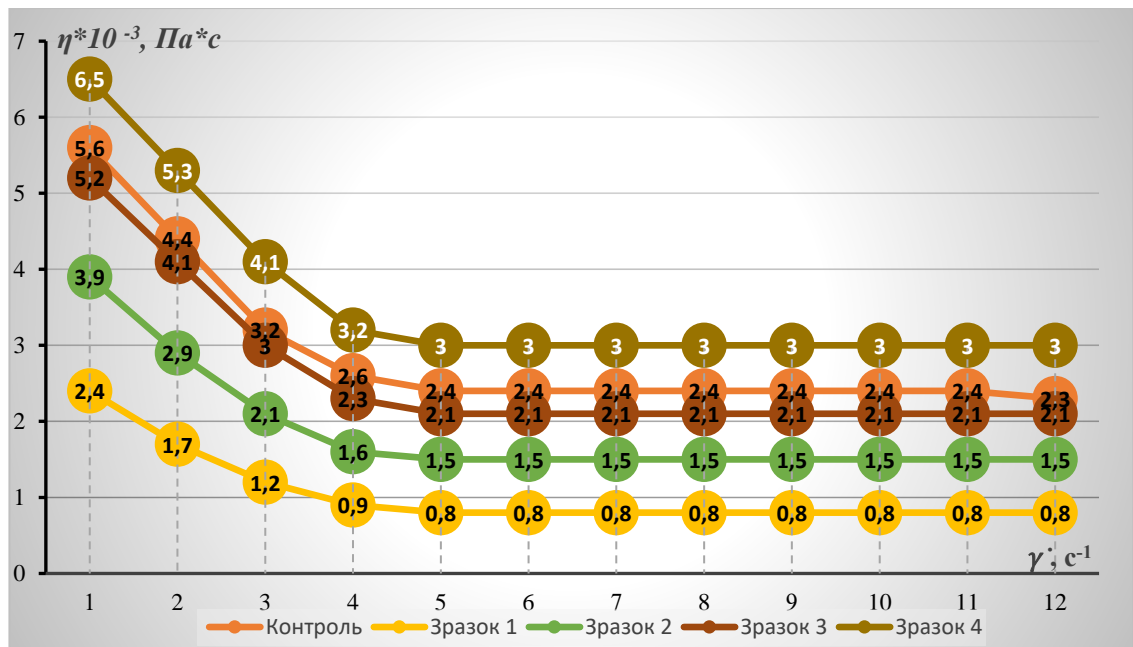


Рис. 3. В'язкість маффінів за різного співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму

Було встановлено, що зразок тіста зі співвідношенням борошна зеленої гречки та псиліуму 85:15 % демонстрував найбільш оптимальні показники в'язкості, близькі до контрольного зразка. Збільшення концентрації борошна та зменшення вмісту псиліуму спричиняло суттєве підвищення в'язкості тіста, що ускладнювало процес замішування.

При введенні до рецептури маффінів співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму 80:20 %, в'язкість тіста знижувалася. Однак, під час випікання таке співвідношення не забезпечувало бажаної консистенції та рівномірної пористості м'якушки, що призводило до нерівномірного розподілу текстури у готових виробах.



Формостійкість маффінів (рис. 4) була оцінена за співвідношенням висоти до діаметра виробу. В ході досліджень було виявлено, що зі збільшенням кількості борошна зеленої гречки та зменшенням псиліуму формостійкість погіршується. Це можна пояснити наявністю в борошні зеленої гречки амілолітичних та протеолітичних ферментів, а також більшою чутливістю крохмалю до амілолізу, зважаючи на те, що зерна крохмалю в гречаному борошні менші за зерна пшеничного. При вмісті 80 та 85 % борошна зеленої гречки різниця у формостійкості була незначною, проте при дозуванні 90 та 95 % спостерігалось значне розпливання виробу.

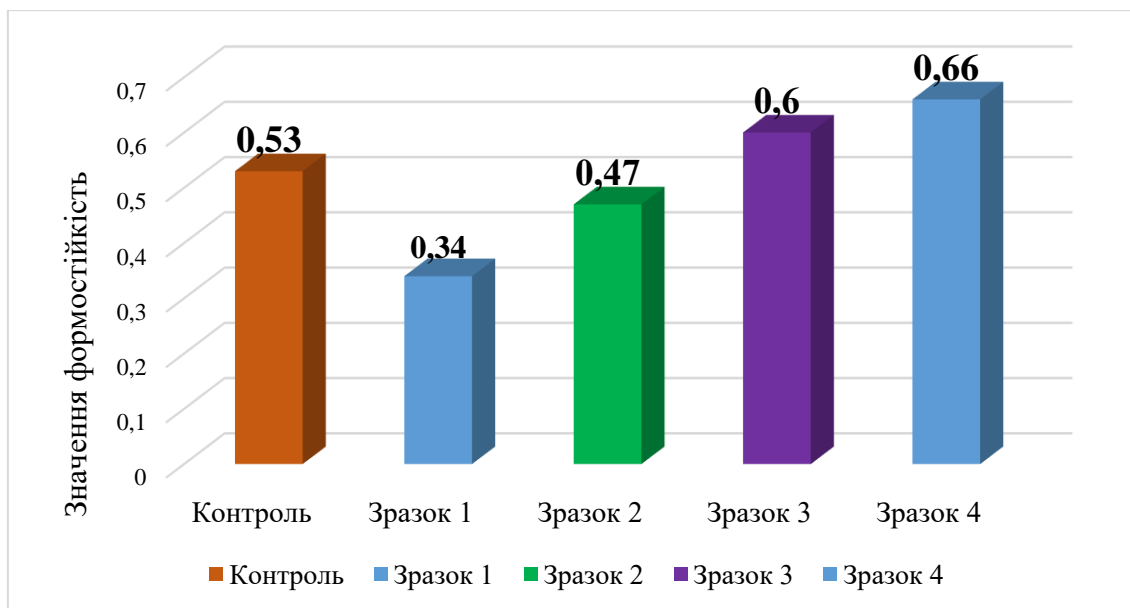


Рис. 4. Формостійкість маффінів за різного співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму

Процес усихання готових виробів було досліджено протягом періоду їх зберігання (рис. 5). Зниження цього показника свідчить про підвищення рівня взаємодії з вільною вологою, що, у свою чергу, сприяє подовженню терміну зберігання готової продукції.

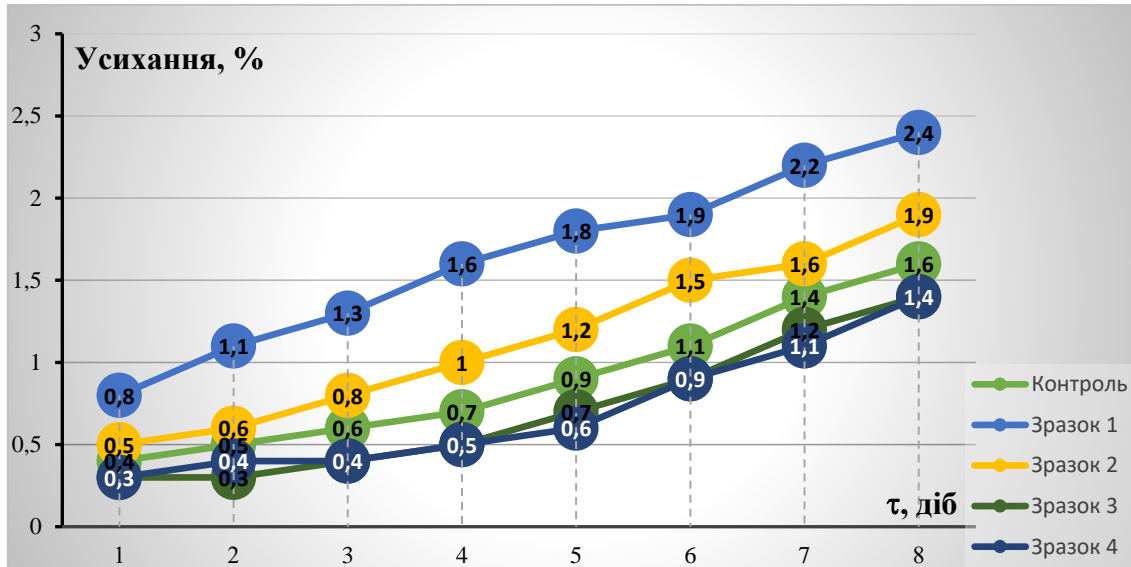


Рис. 5. Динаміка усихання маффінів за різного співвідношення борошна зеленої гречки та псиліуму

Аналіз кривих (рис. 5) показав, що найкращі показники усихання спостерігалися у зразків № 3 та № 4. Зменшення усихання цих зразків склало 0,3 % після двох діб зберігання та 1,4 % після восьми діб, порівняно з контрольним зразком маффінів. Повільне висихання маффінів можна пояснити взаємодією компонентів псиліуму, які затримують випаровування вологи з набряклих гранул крохмалю і утворюють міжмолекулярні водневі зв'язки, що сприяє збереженню вологи та перешкоджає швидкому висиханню готового продукту.

Висновки. У ході дослідження вивчено вплив борошна зеленої гречки та псиліуму на структурно-механічні характеристики безглютенових маффінів, включно з в'язкістю тіста, динамікою усихання та стійкістю форми готових виробів. Встановлено, що тісто зі співвідношенням борошна зеленої гречки та псиліуму 85:15 % забезпечує оптимальні показники в'язкості, а готовий продукт має бажану формостійкість.

Крім того, експериментально підтверджено, що одним із дієвих способів забезпечення тривалої свіжості безглютенових маффінів під час зберігання є використання псиліуму. У поєднанні з борошном зеленої гречки цей інгредієнт забезпечує поліпшення технологічних властивостей виробів, підвищення їх харчової цінності та подовження терміну зберігання.

Отримані результати мають практичне значення для визначення оптимального складу рецептурних компонентів у процесі виробництва безглютенових маффінів на основі борошна зеленої гречки та псиліуму.

*Список використаних джерел*

1. Юдіна Т. І., Безрученко О. М., Кравченко Т. В. Дослідження впливу концентрату сколотин на якість безглютенових кексів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. 2019. Вип. 207: Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. С. 189–195. <https://doi.org/10.1533/9781845695873.1>.
2. Сова Н., Худайбердієва К., Коваленко Н., Михненко І. Використання борошна із насіння нішевих культур у технології виробництва кексів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях*. 2021. Вип. 4(10). С. 94–100. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2021.04.13>.
3. Хомич Г. П., Наконечна Ю. Г., Галушинський Є. М. Використання борошна чуфи в технології виготовлення мафінів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. Т. 27, № 3. С. 181–192.
4. Мацук Ю. А., Колпікова Є. О., Іщенко Н. В. Обґрунтування технології безглютенових кексів із додаванням насіння чіа. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2019. № 1 (91). С. 8–14. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-26-09>.
5. Singh V., Kumar S., Singh J., Rai A. K. Fuzzy logic sensory evaluation of 2 cupcakes developed from the mahua 3 flower (*madhuca longifolia*). *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*. 2018. Vol. 11. P. 56-64.
6. Lopez-Alarcon C. A., Cerdan-Leal M. A., Beristain C. I., Pascual-Pineda L. A. The potential use of modified quinoa protein isolates in cupcakes: physicochemical properties, structure and stability of cupcakes. *Food & Function*. 2019. Vol. 10(7). P. 4432–4439. <https://doi.org/10.1039/C9FO00852G>.
7. Caleja C., Barros L., Barreira J. C. M., Ciric A., Sokovic M. Suitability of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract rich in rosmarinic acid as a potential enhancer of functional properties in cupcakes. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 250. P. 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.034>.
8. Jabborova S. K., Isabaev I. B., Djuraeva N. R., Kurbanov M. T., Khaydar-Zade I. N., Rakhmonov K. S. Application of products of processing mulberries and roots of sugar beet in the production of cupcakes. *Journal of Critical Reviews*. 2020. Vol. 7(9). P. 277–286. <https://doi.org/10.31838/jcr.07.09.61>.
9. Jamieson J. A., Viana L., English M. M. Folate Content and Chemical Composition of Commercially Available Gluten- Free Flour Alternatives. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2020. Vol. 75. P. 337–343. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00833-z>.



10. Farisieiev A., Matsuk Y., & Oliynyk N. Improving the technology of dry mixes for craft flour confectionery products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2023. Vol. 25(100). P. 60–66. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10010>.

11. Belorio M., & G'omez M. Gluten-free muffins versus gluten containing muffins: Ingredients and nutritional differences. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 102. P. 249–253. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.015>.

12. Chi M. S., Adriana P., Man S. M., Mure V., Ancu S., Pop A., Stan L. & Rusu B. Textural and Sensory Features Changes of Gluten Free Muffins Based on Rice Sourdough Fermented with *Lactobacillus spicheri* DSM 15429. *Foods*. 2020. Vol. 9(3). P. 363. <https://doi.org/10.3390/foods9030363>.

Стаття надійшла до редакції 30.09.2024 р.



S. P. Bokovets, O. Yu. Koshel
Sumy National Agrarian University

**STUDY OF THE INFLUENCE OF GREEN BUCKWHEAT FLOUR AND
PSYLLIUM ON THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF
GLUTEN-FREE MUFFINS**

Summary

This study investigates the impact of buckwheat flour and psyllium on the structural-mechanical properties of gluten-free muffins, focusing on dough viscosity, drying dynamics, and product shape stability. The research is motivated by the growing demand for gluten-free bakery products among consumers who either have gluten intolerance or choose gluten-free diets for health or dietary reasons.

Buckwheat flour and psyllium were used in various proportions to determine the optimal combination for achieving the best technological characteristics of the muffins. The study revealed that a ratio of 85% buckwheat flour to 15% psyllium yields optimal dough viscosity, desirable muffin texture, and satisfactory shape stability. Sensory analysis indicated that muffins made with this ratio offer a pleasing taste and texture while demonstrating reduced moisture loss during storage, thus extending their shelf life.

The findings underscore the significant role of buckwheat flour and psyllium in improving the technological properties of gluten-free muffins. Specifically, the use of buckwheat flour, known for its nutritional value and beneficial properties, combined with psyllium's water-absorbing and gel-forming capabilities, enhances the muffins' texture and quality. Additionally, this combination helps in achieving a desirable balance between dough viscosity and product stability, addressing common issues in gluten-free baking.

The results also highlight the importance of optimizing ingredient ratios to enhance the sensory attributes and shelf-life of gluten-free bakery products. By establishing the optimal ratio of buckwheat flour to psyllium, this study contributes valuable insights into the formulation of gluten-free muffins that meet both consumer preferences and dietary requirements. The practical implications of these findings are significant for the food industry, particularly in developing gluten-free products that align with current dietary trends and health considerations.

This research adds to the body of knowledge on gluten-free baking technologies and provides a basis for further studies aimed at improving the quality and acceptability of gluten-free baked goods. Future research could explore the effects of other functional ingredients and their interactions with buckwheat flour and psyllium to further optimize gluten-free formulations.

Key words: gluten-free muffins, flour confectionery, green buckwheat flour, psyllium, dough viscosity, structural and mechanical properties, sensory analysis.