

Вплив концентрату гарбузового протеїну на технологічний процес виготовлення пшеничного хліба

Анастасія Шевченко

Кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

ORCID 0000-0002-6215-4860

Для цитування цієї статті:

Шевченко Анастасія. Вплив концентрату гарбузового протеїну на технологічний процес виготовлення пшеничного хліба. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 2, No. 6, 2023, pp. 92-99. doi: 10.46299/j.isjea.20230206.11

Надійшла до редакції: 14 жовтня 2023 р.; **Схвалено:** 23 листопада 2023 р.;

Опубліковано: 01 грудня 2023 р.

Анотація: Метою роботи було визначити вплив концентрату гарбузового протеїну в поєднанні з соняшниковим лецитином на перебіг мікробіологічних процесів в тісті та зміни структурних одиниць у тісті та хлібі з пшеничного борошна. В технології виготовлення хлібобулочних виробів знайшли застосування гарбуз та продукти його переробки. Лецитин володіє емульгуючим властивостям завдяки своїй ліпідній природі та сприяє покращенню структурно-механічних властивостей тіста. Газоутворювальна здатність тіста з лецитином підвищилась на 0,9%, а з концентратом гарбузового протеїну при збільшенні дозування знижувалася на 2,3–12,5 % порівняно зі зразком без цієї сировини. Це свідчило про погіршення ферментативної здатності дріжджів. Перший пік газоутворення на графіку динаміки виділення вуглекислого газу в тісті з додаванням лецитину спостерігався через 60 хв, після додаткового внесення 5–20 % концентрату гарбузового протеїну змістився до 65 хв, в той час як в контролі – через 50 хв. Зі збільшенням дозування концентрату гарбузового протеїну кількість вуглекислого газу, що виділяється в тісті, зменшувалася. Другий пік газоутворення для контрольного зразка спостерігався через 150 хв, а для зразків з концентратом гарбузового протеїну – пізніше на 15 хв. Концентрат гарбузового протеїну має високий вміст білка, який за своїм складом значно відрізняється від білків борошна. Це можна побачити на інфрачервоних спектрах відбивання відразу після змішування на довжині хвилі 2100 нм. Відносний коефіцієнт відбивання контрольного зразка тіста після замішування становив 0,34, а зразка з білковим концентратом – 0,32. Це вказувало на те, що навіть такий малий відсоток викликав конформаційні перетворення. Внесення в рецептуру пшеничного хліба концентрату гарбузового протеїну в поєднанні з лецитином має позитивний вплив на біологічну цінність хліба та надає йому оздоровчих властивостей.

Ключові слова: хліб, концентрат гарбузового протеїну, лецитин, білок, інфрачервона спектроскопія, газоутворювальна здатність

1. Вступ

Останнє десятиліття значна увага приділяється дотриманню принципів здорового харчування, забезпеченню продовольчої безпеки у світі та розвитку енерго- та ресурсоощадних технологій виробництва. При цьому необхідно розвивати шляхи підвищення харчової та біологічної цінності основних продуктів харчування, які переважно володіють низьким вмістом білка, харчових волокон, мінеральних речовин та вітамінів. Зокрема хліб з пшеничного сортового борошна має досить низький вміст білка, який є неповноцінним.

Рішенням цієї проблеми може бути включення в рецептуру хліба джерел білків – концентратів, ізолятів. Незважаючи на те, що тваринні білки є повноцінними за амінокислотним складом, вони можуть викликати алергію. Також тваринну сировину не радять вживати при багатьох захворюваннях шлунково-кишкового тракту, тому рослинні білки є перспективнішими при збагаченні ними хлібобулочних виробів.

Сировиною з високим вмістом білка є гарбузовий протеїн, який визнано гіпоалергенним. Значний вміст фосфоліпідів є у соняшниковому лецитині, який не містить генно модифікованих організмів. Для підвищення харчової цінності хліба, зокрема його білкової та ліпідної складової, варто цю сировину застосовувати в поєднанні.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є технологія виготовлення хлібобулочних виробів з концентратом гарбузового протеїну та соняшниковим лецитином.

Предметом дослідження є концентрат гарбузового протеїну, соняшниковий лецитин, тісто та хліб з пшеничного борошна з цією сировиною.

Аналіз наукових джерел свідчить, що джерела рослинного білка здатні негативно впливати на технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів. Лецитин завдяки своїм емульгуючим властивостям сприяє покращенню структурно-механічних властивостей тіста. Проте недостатньо відомостей щодо впливу цієї сировини в поєднанні на зміни в структурі тіста та хліба.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи було визначити вплив концентрату гарбузового протеїну в поєднанні з соняшниковим лецитином на перебіг мікробіологічних процесів в тісті та зміни структурних одиниць у тісті та хлібі з пшеничного борошна.

Для досягнення мети необхідно провести дослідження щодо визначення кількості виділення вуглекислого газу в процесі бродіння та вистоювання тістових заготовок та динаміку його виділення в порівнянні з тістом з пшеничного борошна, а також вплив внесеної сировини в поєднанні з лецитином на зміну структурних одиниць у тісті та хлібі.

4. Аналіз літератури

В технології виготовлення хлібобулочних виробів знайшли застосування гарбуз та продукти його переробки.

Визначали можливість використання шкірки гарбуза, як джерела таких мінералів, як фосфор (319,33 мг/100 г) і залізо (42,99 мг/100 г), харчових волокон (28,81%). Також м'якоть – джерело β -каротину (142,38 мг/100 г). Вміст поліфенолів і антиоксидантів в шкірці та м'якоті гарбуза був практично однаковий. Також визначили аналогічне інгібування активності 2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозилу при застосуванні як шкірки так і м'якоті гарбуза [1].

Додавання м'якоті гарбуза з 5 до 20 % (у перерахунку на суху речовину) призвело до зменшення об'єму хліба. Органолептичні показники хліба показали, що часткова заміна пшеничного борошна до 10% м'якоті гарбуза дала позитивний результат. Смак і аромат контрольного хліба та хліба з вмістом м'якоті 5 та 10% мали найкращі показники. Додавання більшої кількості м'якоті гарбуза спричиняло неприємний аромат і смак. М'якоть гарбуза є здатна збагатити хліб потенційно біодоступними фенолами (включаючи флавоноїди) і, особливо, пептидами. Додавання м'якоті значно збагатило хліб потенційно біодоступними інгібіторами ангіотензинперетворювального ферменту (АПФ). Найбільшу активність виявили у хлібі з 15 і 20% м'якоті гарбуза. Дослідження *in vitro* свідчать, що інгібітори АПФ з

досліджуваного хліба були високо біодоступними. Оскільки м'якоть гарбуза є відходами після отримання насіння, її використання також має екологічні та економічні переваги [2].

Досліджували додання білка гарбузової макухи при виробництві пшоняного хліба. Готували хліб із заміною пшоняного борошна макухою з вмістом білків 5, 10 і 15 %. Реологічні, фізико-хімічні та органолептичні властивості тіста та хліба було охарактеризовано. Збільшення концентрації білка в макусі гарбуза призвело до збільшення в'язкості тіста, що було визначено за допомогою фаринографа. Це підтверджується меншою еластичністю хліба з цією сировиною, що визначено аналізом текстури. Заміна частини пшоняного борошна не мала значного впливу на питомий об'єм хліба. Однак через 24 год після випікання, хліб з більшою кількістю білка в гарбузовій макусі мав менш виражене затвердіння м'якушки, що вказує на те, що ці білки можуть уповільнювати ретроградацію крохмалю. Органолептичні показники свідчили про те, що гарбузова макуха мала позитивний вплив на смак хліба за рахунок зменшення гіркоти пшоняного борошна. Розжовуваність хліба також покращилась [3].

Знайшло застосування гарбузове насіння не лише в хлібобулочному виробництві, а і при виготовленні борошняних кондитерських виробів. Печиво виробляли з пшеничного борошна з додаванням 10, 20 та 30% гарбузового насіння. У зразку з 30% гарбузового насіння значно підвищився вміст білка, що вплинуло на покращення біологічної цінності виробів [4].

Таким чином, гарбуз та продукти його переробки можуть бути цінною сировиною при виготовленні різних харчових продуктів з метою підвищення їхньої харчової цінності та надання виробам оздоровчих властивостей.

5. Методи досліджень

Газоутворювальна здатність тіста

Газоутворювальну здатність тіста визначали як кількість вуглекислого газу в см³, що виділяється за час бродіння та вистоювання тіста із 100 г борошна при температурі 30 °С. Для визначення цього показника використовувався об'ємний метод, а саме об'єм CO₂, що виділяється при постійній температурі та тиску [5, 6].

Інфрачервона спектроскопія в ближній інфрачервоній області

В ближньому інфрачервоному діапазоні довжин хвиль (1330 до 2370 нм) проводили дослідження на спектрометрі Infrapid (Labor-Mim, Угорщина). Спектрометр реєстрував спектр відбиття від подрібнених зразків з гладкою поверхнею від еталона І0 та від досліджуваного зразка. Спектри представлені як відбиваюча здатність R у відносних одиницях, залежно від довжини хвилі в нм [7, 8]. Вимірювання проводили в тісті після замішування і після 3,5 годин бродіння і в хлібі [9].

Статистичний аналіз

Дані являють собою середнє значення трьох повторів ± стандартне відхилення. Графічне представлення експериментальних даних здійснювали за допомогою пакету стандартних програм статистичної обробки – Microsoft Excel 2010.

6. Результати досліджень

Технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів це складний процес, під час якого має місце біотрансформація полімерів сировини [10]. Їхня інтенсивність залежить в першу чергу від хімічного складу компонентів рецептури. Мікробіологічні процеси в тісті з концентратом гарбузового протеїну оцінювали за кількістю виділеного вуглекислого газу під час бродіння та вистоювання тіста та динамікою його виділення (рис. 1).

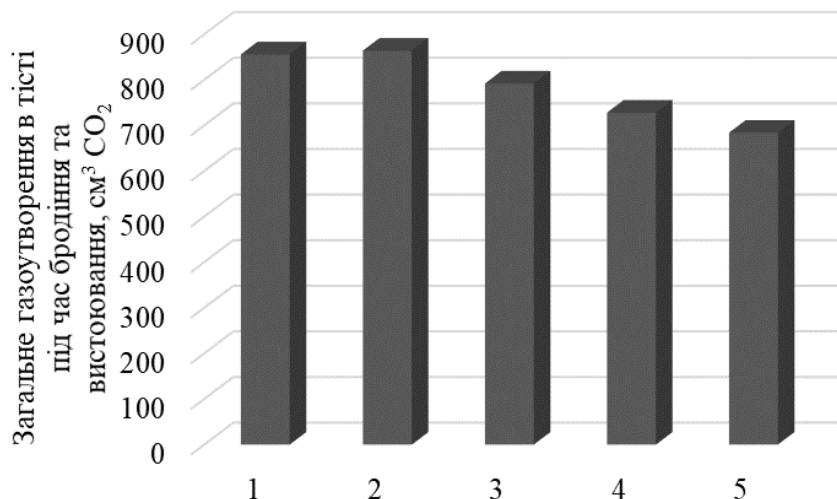


Рис. 1. Загальне газоутворення в тісті під час бродіння та вистоювання:

1 – контроль; 2 – зразок з лецитином; 3 – з 5 % концентрату гарбузового протеїну; 4 – з 10 % концентрату гарбузового протеїну; 5 – з 20 % концентрату гарбузового протеїну

Газоутворювальна здатність тіста з лецитином підвищилась на 0,9%, а з концентратом гарбузового протеїну при збільшенні дозування знизилась на 2,3–12,5 % порівняно зі зразком без цієї сировини. Це свідчить про погіршення ферментативної здатності дріжджів. Газоутворювальна здатність визначається в першу чергу вуглеводно-амілазним комплексом рецептурної сировини, а також цукроутворювальною здатністю борошна та здатністю до атакованості крохмалю ферментами амілазами [11, 12]. Зменшення досліджуваного показника при застосуванні концентрату гарбузового протеїну пояснюється зниженням доступності поживних речовин у його присутності. Це призвело до затримки процесу бродіння і зменшення кількості виділеного вуглекислого газу. Така тенденція може відобразитися на показниках якості хліба, зокрема спричинити зменшення його питомого об'єму [13]. Зниження активності бродіння дріжджів у тісті за наявності концентрату гарбузового протеїну впливатиме на динаміку виділення вуглекислого газу в процесі бродіння та вистоювання тіста (рис. 2).

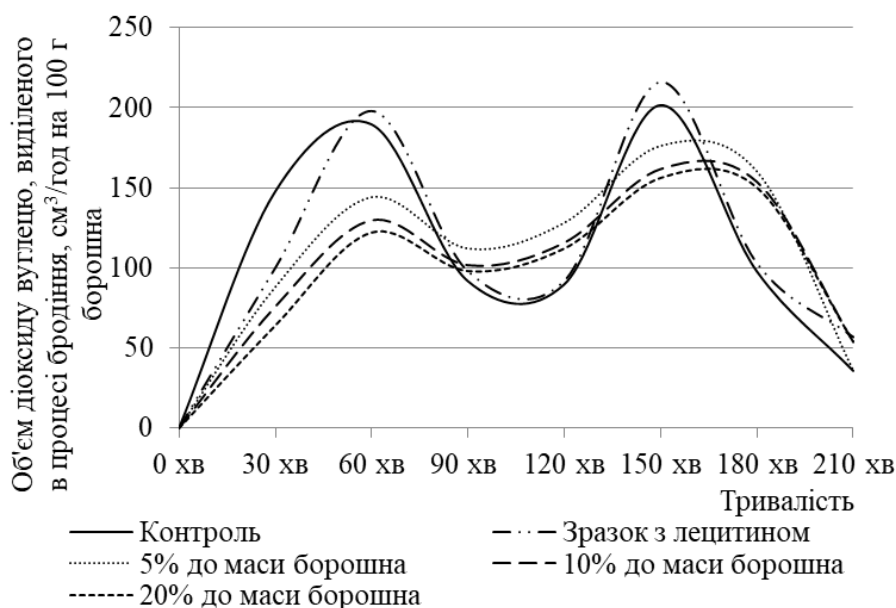


Рис. 2. Динаміка газоутворення в зразках тіста під час бродіння та вистоювання:

1 – контроль; 2 – зразок з лецитином; 3 – з 5 % концентрату гарбузового протеїну; 4 – з 10 % концентрату гарбузового протеїну; 5 – з 20 % концентрату гарбузового протеїну

Встановлено, що в тісті з концентратом гарбузового протеїну газоутворення відбувалося менш інтенсивно, оскільки через зниження доступності поживних речовин затримувалося бродіння. Перший пік газоутворення на графіку динаміки виділення вуглекислого газу в тісті з додаванням лецитину спостерігався через 60 хв, після додаткового внесення 5–20 % концентрату гарбузового протеїну змістився до 65 хв, в той час як в контролі – через 50 хв. Це пояснюється тим, що внесена сировина знижувала активність амілолітичних ферментів пшеничного борошна. Зі збільшенням дозування концентрату гарбузового протеїну кількість вуглекислого газу, що виділяється в тісті, зменшувалася. Причиною цього є зниження доступності крохмалю пшеничного борошна амілолізу. Другий пік газоутворення для контрольного зразка спостерігався через 150 хв, а для зразків з концентратом гарбузового протеїну – пізніше на 15 хв.

Основна відмінність білкового складу пшеничного борошна від концентрату гарбузового протеїну, яка визначає абсолютно різну поведінку цієї сировини при замішуванні тіста, полягає в тому, що концентрат гарбузового протеїну не містить білків клейковини, а отже, не може брати участь в утворенні клейковинного каркасу, який визначає структурно-механічні властивості тіста, впливає на конформаційні перетворення в процесі його бродіння.

Для ідентифікації основних структурних одиниць у тісті та хлібі з концентратом гарбузового протеїну використовували спектр відбиття в ближній інфрачервоній області [14]. Зразки тіста та хліба готували з максимальною досліджуваною кількістю концентрату гарбузового протеїну 20 % (рис. 3).

Усі спектри мали подібний характер і однакові екстремуми. Але існують відмінності в інтенсивності відбивання, яка їх ідентифікує.

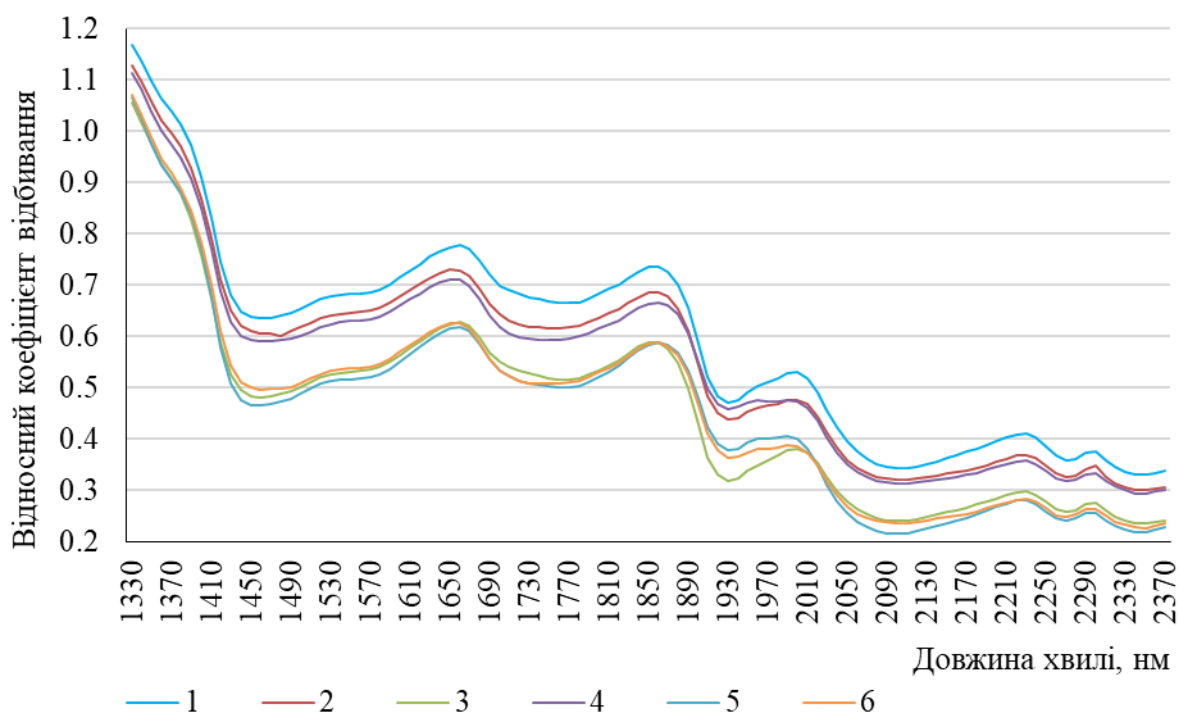


Рис. 3. Спектри відбиття зразків тіста з 20 % концентрату гарбузового протеїну (після замішування та через 3,5 години бродіння) та зразків хліба:

1 – контрольний зразок тіста після замішування; 2 – тісто з 20 % концентрату гарбузового протеїну після замішування; 3 – контрольний зразок тіста після 3,5 годин бродіння; 4 – тісто з 20 % концентрату гарбузового протеїну після 3,5 годин бродіння; 5 – контрольний зразок хліба; 6 – хліб з 20 % концентрату гарбузового протеїну

Отримані результати показали, що спектри зразків тіста після замісу розташовувалися вище, ніж після бродіння. Крім того, спектр зразка з концентратом гарбузового протеїну був нижчим, ніж контрольний зразок. Це зумовлено суттєвими відмінностями у складі гарбузового протеїну та пшеничного борошна, яке в основному визначає поведінку структурних елементів тіста. Зокрема, концентрат гарбузового протеїну мав високий вміст білка, який за своїм складом значно відрізнявся від білка борошна. Це можна побачити відразу після змішування на довжині хвилі 2100 нм. Відносний коефіцієнт відбивання контрольного зразка тіста після замішування становив 0,34, а зразка з білковим концентратом – 0,32. Це вказувало на те, що навіть такий малий відсоток викликав конформаційні перетворення.

Нижче на графіку розташовані спектри зразків тіста після 3,5 годин бродіння. Але тенденція була протилежною, оскільки спектр контрольного зразка мав нижчі значення відносного коефіцієнта відбиття у всьому діапазоні довжин хвиль порівняно зі зразком з концентратом гарбузового протеїну. В основному це пов'язано зі зміною структури клейковини в присутності білкового концентрату, оскільки білки рослинного походження послаблюють її структуру та перешкоджають утворенню розгалуженого каркасу [15]. Це підтверджено значеннями відносного коефіцієнта відбивання на довжині хвилі 2100 нм – 0,31 та 0,25 для зразка з додаванням білка та контрольного зразка.

Інфрачервоні спектри зразків випеченого хліба практично збігалися. На довжині хвилі 2294 нм спостерігався характерний екстремум, що характеризує амінокислотний склад. На графіку видно, що після випічки відбулися значні зміни в структурі білка, адже спектри перекривалися. Це пояснюється впливом високих температур на структуру білка, зокрема процесом денатурації, а також взаємодією амінокислот концентрату гарбузового протеїну з вуглеводами борошна [16].

Таким чином, можна зробити висновок, що внесення в рецептуру пшеничного хліба концентрату гарбузового протеїну, особливо в поєднанні з лецитином, впливає на мікробіологічні процеси в тісті та перерозподіл структурних елементів в тісті та хлібі. Це матиме вплив на якість хлібобулочних виробів з цією сировиною та сприятиме підвищенню забезпеченості організму людини білком при споживанні таких виробів.

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

У подальших дослідженнях доцільно визначити вплив поєднання концентрату гарбузового протеїну і лецитину на реологічні показники тіста для хлібобулочних виробів з пшеничного борошна.

8. Висновки

Дослідження внесення концентрату гарбузового протеїну в поєднанні з соняшниковим лецитином свідчать про те, що газоутворювальна здатність тіста при збільшенні дозування концентрату знижувалася на 2,3–12,5 % порівняно зі зразком без цієї сировини. Перший пік газоутворення на графіку динаміки виділення вуглекислого газу в тісті з додаванням лецитину спостерігався через 60 хв, після додаткового внесення 5–20 % концентрату гарбузового протеїну змістився до 65 хв, в той час як в контролі – через 50 хв. Другий пік газоутворення для контрольного зразка спостерігався через 150 хв, а для зразків з концентратом гарбузового протеїну – пізніше на 15 хв. Концентрат гарбузового протеїну має високий вміст білка, який за своїм складом значно відрізняється від білків борошна. Це можна побачити на інфрачервоних спектрах відбивання відразу після змішування на довжині хвилі 2100 нм. Відносний коефіцієнт відбивання контрольного зразка тіста після замішування становив 0,34, а зразка з білковим концентратом – 0,32. Це вказувало на те, що навіть такий малий відсоток викликав конформаційні перетворення. Внесення в рецептуру пшеничного хліба концентрату

гарбузового протеїну в поєднанні з лецитином має позитивний вплив на біологічну цінність хліба та надає йому оздоровчих властивостей.

Список літератури:

- 1) Mala, K. S., Kurian A. E. (2016). Nutritional composition and antioxidant activity of pumpkin wastes. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences*, 6(3), 336-344.
- 2) Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Jakubczyk, A., Karaś, M., & Różyło, K. (2014). Wheat Bread with Pumpkin (*Cucurbita maxima L.*) Pulp as a Functional Food Product. *Food technology and biotechnology*, 52(4), 430–438. <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3587>
- 3) Tomić J. M., Torbica A. M., Belović M. M., Popović L. M., Čakarević J. C., Savanović D. M., Novaković A. R., Mocko Blažek K. A. (2018). Potential of pumpkin oil cake protein isolate in production of millet bread. *Food and Feed Research*, 45 (2), 139-147. DOI: 10.5937/FFR1802139T
- 4) China, M. A., Deedam, N. J., Olumati, P. N. (2020). Effect of fluted pumpkin seeds flour on the proximate and sensory properties of cooking banana flour biscuits and queens cake for household consumption. *Research Journal of Food Science and Nutrition*, 5(2), 30-34. <https://doi.org/10.31248/RJFSN2019.082>
- 5) Verheyen, C., Albrecht, A., Elgeti, D., Jekle, M., Becker, T. (2015). Impact of gas formation kinetics on dough development and bread quality. *Food Research International*, 76(3), 860–866. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.013>
- 6) Munteanu, G.-M., Voicu, G., Ferdeş, M., Ştefan, E.-M., Constantin, G.-A., Tudor, P. (2019). Dynamics of fermentation process of bread dough prepared with different types of yeast. *Scientific Study & Research*, 20(4), 575–584.
- 7) Litvynchuk, S., Galenko, O., Cavicchi, A., Ceccanti, C., Mignani, C., Guidi, L., Shevchenko, A. (2022). Conformational Changes in the Structure of Dough and Bread Enriched with Pumpkin Seed Flour. *Plants*, 11, 2762. <https://doi.org/10.3390/plants11202762>
- 8) Niewietzki, O., Tillmann, P., Becker, H.C., Mollers, C. (2010). A new near-infrared reflectance spectroscopy method for high-throughput analysis of oleic acid and linolenic acid content of single seeds in oilseed rape (*Brassica napus L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 94–100. <https://doi.org/10.1021/jf9028199>.
- 9) Yip, W.L., Gausemel, I., Sande, S.A., Dyrstad, K. (2012). Strategies for multivariate modeling of moisture content in freeze-dried mannitol-containing products by near-infrared spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 70, 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2012.06.043>.
- 10) Shevchenko, A. (2018). Biochemical processes in the dough for diabetic bakery products, enriched with proteins and food fibers. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 24(2), 187-194. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-2-22>
- 11) Zaparenko, A., Didenko, S., Holyk, O., Goloventsov, Y. (2020). Investigation of the technological properties of emmer flour. *Food science and technology*, 14(2), 111-119. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1717>
- 12) Zhygunov, D., Marchenkov, D., Lebedenko, T. (2019). Adjusting flour quality by enzymes: current state, problem analysis, future development prospects. *Food science and technology*, 13(2), 24-33. <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i2.1380>
- 13) Sozer, N., Nordlund, E., Ercili-Cura, D., Poutanen, K. (2017). Cereal Side-Streams as Alternative Protein Sources. *Cereal Foods World*, 62(4), 132-137. <https://doi.org/10.1094/CFW-62-4-0132>
- 14) Baslar, M., Ertugay, M.F. (2011). Determination of protein and gluten quality-related parameters of wheat flour using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2), 139–144. <https://doi.org/10.3906/tar-0912-507>
- 15) Alfari, N. A., Gupta, A. K., Khan, D., Khan, M., Wabaidur, S. M., Altamimi, J. Z., Alothman, Z. A., Aldayel, T. S. (2022). Impacts of wheat bran on the structure of the gluten network

as studied through the production of dough and factors affecting gluten network. Food Science and Technology (Campinas), 42(3), <https://doi.org/10.1590/fst.37021>

16) Vélez, A.P.E., Pagán, J., Ibarz, A. (2012). Melanoidins Formed by Maillard Reaction in Food and Their Biological Activity. Food Engineering Reviews, 4(4), 203-223. <https://doi.org/10.1007/s12393-012-9057-9>

The influence of pumpkin protein concentrate on the technological process of wheat bread production

Anastasiia Shevchenko

Department of Bakery and Confectionery Goods Technologies, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-6215-4860

Abstract: The aim of the work was to determine the influence of pumpkin protein concentrate in combination with sunflower lecithin on the course of microbiological processes in dough and changes in structural units in dough and bread made from wheat flour. Pumpkin and its processing products are used in the technology of making bakery products. Due to lipid nature and emulsifying properties of lecithin, it contributes to the improvement of the structural and mechanical properties of the dough. The gas-forming capacity of the dough with lecithin increased by 0.9%, and with pumpkin protein concentrate, when the dosage was increased, it decreased by 2.3–12.5% compared to the sample without this raw material. This indicated deterioration of the fermentative capacity of the yeast. The first peak of gas formation on the graph of the dynamics of carbon dioxide release in the dough with the addition of lecithin was observed after 60 min, after the addition of 5–20% pumpkin protein concentrate it shifted to 65 min, while in the control - after 50 min. As the dosage of pumpkin protein concentrate increased, the amount of carbon dioxide released in the dough decreased. The reason for this is a decrease in the availability of wheat flour starch for amylolysis. The second peak of gas formation for the control sample was observed after 150 min, and for samples with pumpkin protein concentrate – 15 minutes later. Pumpkin protein concentrate has a high protein content, which is significantly differs from flour proteins. This can be seen in the infrared reflectance spectra immediately after mixing at a wavelength of 2100 nm. The relative reflectivity of the control sample of the dough after kneading was 0.34, and that of the sample with protein concentrate was 0.32. This indicated that even such a small percentage caused conformational changes. Adding pumpkin protein concentrate in combination with lecithin to the recipe of wheat bread had a positive effect on the biological value of the bread and gives it health-promoting properties.

Keywords: bread, pumpkin protein concentrate, lecithin, protein, infrared spectroscopy, gas-forming capacity
