International Science Journal of Engineering & Agriculture
2023; 2(4): 47-57
https://isg-journal.com/isjea/
doi: 10.46299/j.isjea.20230204.06
ISSN: 2720-6319

INTERNATIONAL SCIENCE GROUP

Зміни структурних одиниць у тісті та хлібі з пшеничного борошна з концентратом рисового протеїну та фосфоліпідами

Анастасія Шевченко
Кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
ORCID 0000-0002-6215-4860

Світлана Літвинчук
Кафедра фізики, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
ORCID 0000-0002-5580-3826

Для цитування цієї статті:
Шевченко Анастасія, Літвинчук Світлана. Зміни структурних одиниць у тісті та хлібі з пшеничного борошна з концентратом рисового протеїну та фосфоліпідами. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 2, No. 4, 2023, pp. 47-57. doi: 10.46299/j.isjea.20230204.06.
Надійшла до редакції: 26 червня 2023 р.; **Схвалено:** 19 липня 2023 р.;
Опубліковано: 01серпня 2023 р.

Анотація: Метою роботи було визначити вплив концентрату рисового протеїну в поєднанні з соняшниковим лецитином на зміни структурних одиниць у тісті та хлібі з пшеничного борошна і дослідити вплив цієї сировини на білковий склад хліба. Хліб з пшеничного сортового борошна володіє невисокою харчовою цінністю, зокрема достатньо низьким вмістом білка. Крім того, він є неповноцінним та засвоюється на низькому рівні. Вирішенням цієї проблеми може бути включення в рецептуру таких виробів джерел повноцінних білків. Переважаючою незамінною амінокислотою концентрату рисового протеїну був лейцин, тоді як вміст триптофану був найменшим. Однак лімітуючою амінокислотою в обох видах сировини є лізин, проте амінокислотний скор борошна пшеничного за лізином 0,44, в той час як концентрату рисового протеїну – 0,58. Встановлено збільшення вмісту незамінних амінокислот у хлібі залежно від дозування концентрату рисового протеїну, зокрема лімітуючої амінокислоти – лізину. Інфрачервоні спектри сировини вказують на різний склад та різну природу пшеничного борошна, концентрату рисового протеїну та соняшникового лецитину. Включення додаткового джерела білка зумовлює зміни структурних елементів тіста за рахунок вклинювання білкових речовин добавки в клейковинний каркас. Внесення в рецептуру пшеничного хліба концентрату рисового протеїну, особливо в поєднанні з лецитином, впливає на біологічну цінність хліба 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.

Ключові слова: хліб, концентрат рисового протеїну, лецитин, білок, інфрачервона спектроскопія

1. Вступ

Хліб з пшеничного сортового борошна володіє невисокою харчовою цінністю, зокрема достатньо низьким вмістом білка. Крім того, він є неповноцінним та засвоюється на низькому рівні. Вирішенням цієї проблеми може бути включення в рецептуру таких виробів джерел

повноцінних білків. Відомо застосування тваринних і рослинних білків з цією метою, однак тваринні білки можуть бути алергенами. Тому альтернативою є рослинні білки в різних формах та різних способів отримання – концентрати, ізоляти, гідролізати.

Нутриціологи радять вживати білкові продукти в поєднання з ліпідною складовою. Особливо це корисно для осіб з хворобами шлунково-кишкового тракту, зокрема при запальних захворювань кишечника.

Перспективною сировиною з високим вмістом білка є рисовий протеїн, який визнано гіпоалергенним. Сировиною зі значним вмістом фосфоліпідів є соняшниковий лецитин, який на відміну від часто застосовуваного в хлібобулочному виробництві соєвого лецитину, не містить генно модифікованих організмів. Поєднання цієї сировини здатне підвищити харчову цінність хліба, зокрема його білкову та ліпідну складову.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об’єктом дослідження є технологія виготовлення хлібобулочних виробів з концентратом рисового протеїну та соняшниковим лецитином.

Предметом дослідження є концентрат рисового протеїну, соняшниковий лецитин та їхнє поєднання, тісто та хліб з пшеничного борошна з цими добавками.

Відомо, що джерела рослинного білка здатні негативно впливати на показники якості хлібобулочних виробів. Лецитин завдяки своїй ліпідній природі та емульгуючим властивостям сприяє покращенню структурно-механічних властивостей тіста. Однак 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 рисового протеїну в поєднанні з соняшниковим лецитином на зміни структурних одиниць у тісті та хлібі з пшеничного борошна і дослідити вплив цієї сировини на білковий склад хліба.

Для досягнення мети необхідно провести дослідження щодо амінокислотного профілю концентрату рисового протеїну в порівнянні з пшеничним борошном, його впливу в поєднанні з лецитином на зміну структурних одиниць у тісті та хлібі.

4. Аналіз літератури

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

В технології пшеничного хліба використовують рисове борошно для заміни частини пшеничного За використання рисового борошна в кількості 10-40% на заміну пшеничного знижується газоутримувальна здатність тіста на 3,7—20,4%. Змінюються також структурно-механічні властивості тіста, а саме, зменшується його розпливання, збільшується в’язкість. Питомий об’єм і пористість зразків хліба також зменшуються [1].

Рисові висівки, отримані від помелу рису, використовують для заміни пшеничного борошна на рівні 10, 15, 20 і 25%. Результати показали, що введення рисових висівок збільшило в хлібі вміст нерозчинних харчових волокон, фітинової кислоти, поліфенолів, γ-оризанолу, γ-аміномасляної кислоти та покращило антиоксидантні властивості. Також зменшилась водопоглинальна здатність хліба, його ластичність, об’єм, вміст β-глюканів та розчинних харчових волокон. Крім того, заміна пшеничного борошна на рівнях вище 15% вплинула на органолептичні властивості, такі як колір, запах і смак [2].

Знайшли застосування також концентрати рисового білка в технології виготовлення хлібобулочних виробів. Їх отримують шляхом екстрагування ферментативними або лужними методами з рисових висівок або подрібненого рису [3]. Сировину спочатку піддають лужній екстракції, а потім білки осаджують шляхом доведення pH до їх ізоелектричної точки, де небілкові компоненти виділяються з протіканням ферментативних процесів [4].

Білкові концентрати також отримують з термостабілізованих знежирених рисових висівок. Вихід рисових білків висівок склав від 32,9% до 44,79%. Білки рисових висівок мали молекулярний розмір від 0,1 до понад 97,4 кДа, максимальну розчинність 84,56% при pH 11,0, максимальну емульгуючу здатність 0,634, максимальну стійкість емульсії 25,96 хв. Водопоглинальна здатність білкових концентратів становила 4,4 г/г, жиропоглинальна – 5,13 г/г [5].

Протеїн рисових висівок є джерелом білка і привернув увагу з метою використання в харчових продуктах для надання їм оздоровчих властивостей завдяки своїм гіпоалергенним характеристикам [6]. Здатність рисових білків зв'язувати жир та воду, піноутворююча та емульгуюча здатність спонукає до використання їх переважно для виготовлення безглютенових хлібобулочних виробів.

Були досліджені показники безглютенового хліба з кукурудзяного крохмалю з рисовим протеїном в кількості 5 та 10% [7]. Скоринка хліба була більш сухою, ніж контрольного зразка, проте структура хліба була подібною. Вміст великої кількості летких сполук від окислення ліпідів збільшується зі збільшенням кількості рисового білка. Велика кількість ліпоксигеназ у рисі [8], а також низька концентрація антиоксидантів [9], таких як флавоноїди та вітамін Е, стимулюють реакцію окислення ліпідів. Це негативно впливає на аромат хліба в процесі зберігання.

В технології пшеничного хліба застосовували заміну 10 % пшеничного борошна білковим концентратом. Білковий концентрат рисових висівок готували методом мокрої екстракції з різними рівнями pH, температури та часу екстракції. Максимальний вихід (36,5%) був отриманий при pH 11 при 60°C і часу екстракції 60 хв. Насипна густина, водо- та жиропоглинальна здатність білкового концентрату становили 0,34, 3,4052 та 2,6018 мл/г відповідно. При заміні пшеничного борошна білковим концентратом хліб збагачувався білком на 16,5 %. Заміна понад 10% додатково збільшила вміст білка до 21,1%, але негативно вплинула на органолептичні показники хліба [10].

5. Методи досліджень

Амінокислотний склад сировини та хліба

Визначення амінокислотного складу проводили методом іонообмінної хроматографії [11]. Якісне та кількісне визначення амінокислот полягало в гідролізі білків і визначенні їх кількості за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот T-339 (Mikrotechna Praha a.s., Прага, Чехія), з використанням полістиролсульфонатної іонообмінної смоли «Ostion LJ ANB» в одноколонковому режимі Li-цитратного буфера. Виділення амінокислоти з колонки проводили Li-цитратними буферами з pH 2,75 ± 0,01; pH 2,95 ± 0,01; pH 3,2 ± 0,02; pH 3,8 ± 0,02; pH 5,0 ± 0,2. Виявлення амінокислот проводили при довжині хвилі 560 нм ректифікацією розчином нінгідрину на фотометрі (Unicam SP 800, Unicam Instruments, Кембридж, Великобританія). Результати реєструвались варіплоттером у вигляді піків поглинання світла нінгідринпозитивних речовин в елюенті, які позначають прямі співвідношення концентрацій цієї речовини в розчині. Співвідношення розчину нінгідринового реактиву та елюентів становило 1:2; температура в термостаті T1 = 38,5 ◦C; T2 = 65 ◦C. Прототип був розбавлений в Літій-цитратному буфері до pH 2,2 ± 0,02, який наносили на іонообмінну колонку. Кількісна оцінка хроматограм передсерійної моделі, встановленої по відношенню до Bio-Rad стандартної суміш амінокислот. Масу кожної амінокислоти, виражена в г на 100 г білка (Ai), в досліджуваному розчині розраховували за формулою (1):

$$A_i = \frac{M_i \cdot S_i}{S_e^3}, \quad (1)$$

де M_i - – молекулярна маса кожної амінокислоти;

S_i - площа піку кожної амінокислоти на амінограмі досліджуваного розчину;

S_e - площа піку кожної амінокислоти на амінограмі розчину стандартної суміші амінокислот, яка відповідає одному мікромолю.

Амінокислотний скор визначали згідно зі шкалою сертифікату Всесвітньої організації охорони здоров'я [12].

Інфрачервона спектроскопія в ближній інфрачервоній області

На спектрометрі Infrapid (Labor-Mim, Угорщина) досліджували спектри відбивання від подрібнених зразків з гладкою поверхнею в ближньому інфрачервоному діапазоні довжин хвиль від 1330 до 2370 нм. Спектрометр реєстрував спектр відбиття від еталона I0 та спектр відбиття від досліджуваного зразка. Спектри представлені як відбиваюча здатність R у відносних одиницях (співвідношення інтенсивностей I/I0 = R), залежно від довжини хвилі в нм [13, 14]. Інтенсивність відбивання вимірювали в тісті після замішування і після 3,5 годин бродіння і в хлібі. Інтенсивність відбивання виражали через перерахунок відносного коефіцієнта відбивання до спектрального індекса [15].

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

У формуванні властивостей тістової системи визначальну роль відіграють білки. Клейковинні білки пшеничного борошна сприяють утворенню клейковинного каркасу, що забезпечує об'єм та форму хліба. Білки також визначають біологічну цінність виробів, а їхній склад впливає на засвоюваність хліба організмом людини. При застосуванні в рецептурі виробів сировини, відмінної від борошна за складом білка та вмістом незамінних амінокислот, значно змінюються і властивості виробів.

Вміст білка у концентраті рисового протеїну – 74,2%, амінокислотний склад наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.Вміст незамінних амінокислот (НАК) у пшеничному борошні та концентраті рисового протеїну

Масова частка (г/100 г сировини)	Пшеничне борошно	Концентрат рисового протеїну
Валін	0,42± 0,01	6,0± 0,01
Ізолейцин	0,36± 0,01	4,2± 0,01
Лейцин	0,71± 0,01	8,4± 0,01
Лізин	0,23± 0,01	3,2± 0,01
Метіонін	0,40± 0,01	2,7± 0,01
Треонін	0,28± 0,01	3,6± 0,01
Триптофан	0,13± 0,01	1,4± 0,01
Фенілаланін	0,52± 0,01	5,6± 0,01

Аналіз вмісту НАК показав значно вищу їх концентрацію в концентраті рисового протеїну порівняно з пшеничним борошном. Переважаючою незамінною амінокислотою концентрату рисового протеїну був лейцин, тоді як вміст триптофану був найменшим. Однак лімітуючою амінокислотою в обох видах сировини є лізин, проте амінокислотний скор борошна пшеничного за лізином 0,44, в той час як концентрату рисового протеїну – 0,58. Це свідчить про те, що білок цієї сировини буде засвоюватись на вищому рівні.

Зміна складу рецептурних компонентів призводить до зміни властивостей тіста, перерозподілу його структурних компонентів.

Для визначення та аналізу основних поживних речовин у сировині та їх впливу на процеси в тісті та хлібі доцільно проводити дослідження з використанням спектра відбиття в ближній інфрачервоній області [16]. Спектри пшеничного борошна, концентрату рисового протеїну та лецитину соняшнику наведено на рис. 1.

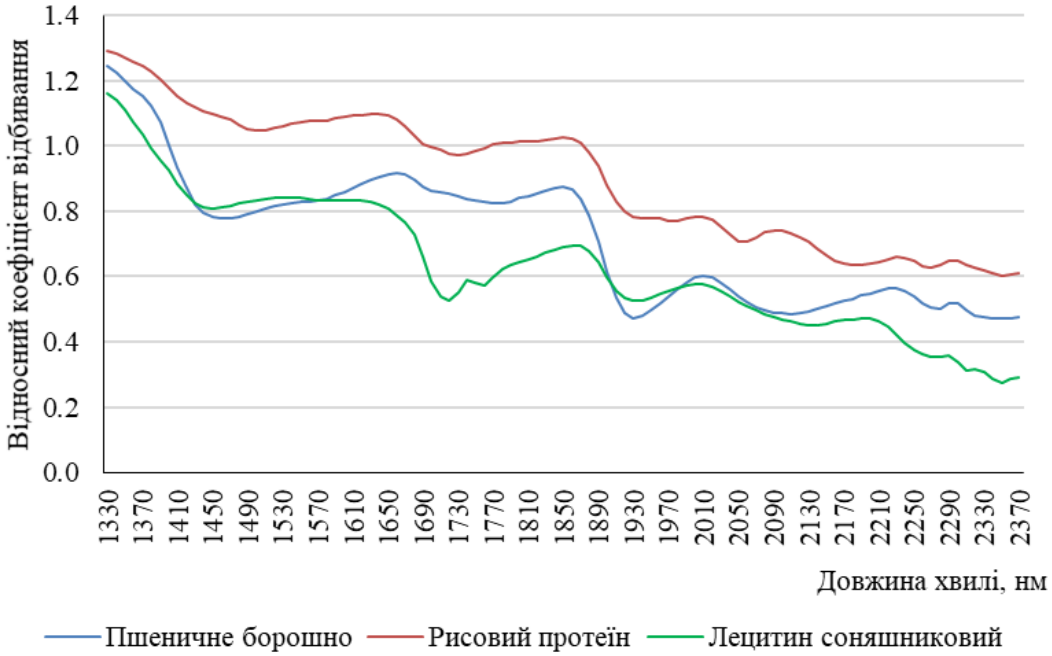

Рис. 1. Спектри відбивання пшеничного борошна, концентрату рисового протеїну та соняшникового лецитину в ближній інфрачервоній області.

Отримані результати показали, що спектр пшеничного борошна має нижчу інтенсивність відбиття, ніж спектр концентрату рисового протеїну. Усі три спектри маюсь унікальний характер і переважно в усьому діапазоні не мають співпадаючих піків. Це вказує на різний склад та різну природу досліджуваної сировини.

У діапазоні довжин хвиль 1330–2370 нм перший мінімум інтенсивності відбиття для соняшникового лецитину був при 1450 нм, для пшеничного борошна – при 1460 нм, а для концентрату рисового протеїну цей екстремум змістився до 1500 нм і не був настільки вираженим, як для інших двох видів сировини. Наступний мінімум для соняшникового лецитину був на довжині хвилі 1720 нм, який взагалі не зустрічався в спектрі пшеничного борошна та концентрату рисового протеїну. Ця довжина пов'язана з ліпідними компонентами і вказує на поглинання карбонілових ефірів жирів. Так, цей екстремум був явно виражений для соняшникового лецитину, що пояснюється наявністю великої кількості фосфатидилхоліну в його складі.

На довжині хвилі 1740 нм спектр соняшникового лецитину мав максимальну інтенсивність відбиття, спектр концентрату рисового протеїну мав екстремум, а спектр пшеничного борошна мав ледь помітне спотворення. Це пояснюється наявністю холіну в лецитині у великих кількостях, дещо меншим вмістом у концентраті рисового протеїну і ще меншим у пшеничному борошні.

Мінімальна характеристика відбиття вологи лежить на довжині хвилі 1930 нм і вказує на найнижчий вміст вологи в концентраті рисового протеїну, дещо вищий в лецитині та найвищий у пшеничному борошні.

При довжині хвилі 2100 нм спектр пшеничного борошна показав мінімальний пологий екстремум, спектр соняшникового лецитину продовжував повільно зменшуватися, що

свідчить про відсутність у ньому білка, а спектр концентрату рисового протеїну мав максимальний екстремум, що свідчить про наявність великої кількості білка, причому такого, який не містить клейковинних білків [17].

Довжина хвилі 2180 нм була мінімумом відбиття концентрату рисового протеїну, що не було характерно для двох інших спектрів – пшеничного борошна та лецитину соняшникового, які зростали повільно. На цій довжині хвилі характеризують вміст білка, уникаючи впливу крохмалю. Тобто, через відсутність білка в лецитині і наявність крохмалю в пшеничному борошні неможливо виявити в цій сировині білкові групи на цій довжині хвилі.

Мінімум інтенсивності відбиття, присутній тільки в спектрі лецитину, виник на довжинах хвиль 2310 і 2350 нм і характеризує ліпідні групи через його ліпідну природу.

Отримані результати свідчать про різний хімічний склад пшеничного борошна порівняно з іншою досліджуваною сировиною, тому можна прогнозувати її вплив на перерозподіл основних структурних одиниць в хлібі і тісті з цими компонентами. Отримані спектри відбиття тіста порівнювали відразу після замісу (рис. 2).

Готували тісто з борошна пшеничного вищого сорту, дріжджів хлібопекарських, солі, лецитину соняшникового та концентрату рисового протеїну в кількості 4%, 8% та 16% до маси борошна з розрахунку забезпечення 20, 30 та 40% добової потреби в білку. Контролем був зразок без концентрату рисового протеїну.

За розташуванням кривих спектри відбиття всіх зразків тіста мають чітку залежність розташування: найвищий спектр у контрольного зразка тіста, нижче – спектри із 4, 8, 16% добавки. Незначну відмінність у значеннях відносного коефіцієнту відбивання можна пояснити відсутністю значних перетворень у тістовій системі, оскільки після замішування пройшло небагато часу. Однак включення додаткового джерела білка все-таки зумовлює певні зміни за рахунок вклинювання білкових речовин добавки в клейковинний каркас, який вже почав формуватись білками борошна. Довжини хвиль 1720, 1760 нм, 2310 нм і 2350 нм, які характеризують групи ліпідів і екстремуми зразка лецитину, не демонструють екстремумів у спектрах тіста. Це пояснюється тим, що кількість лецитину в тісті надто мала, щоб виявляти його вплив на конформації в тістовій системі.

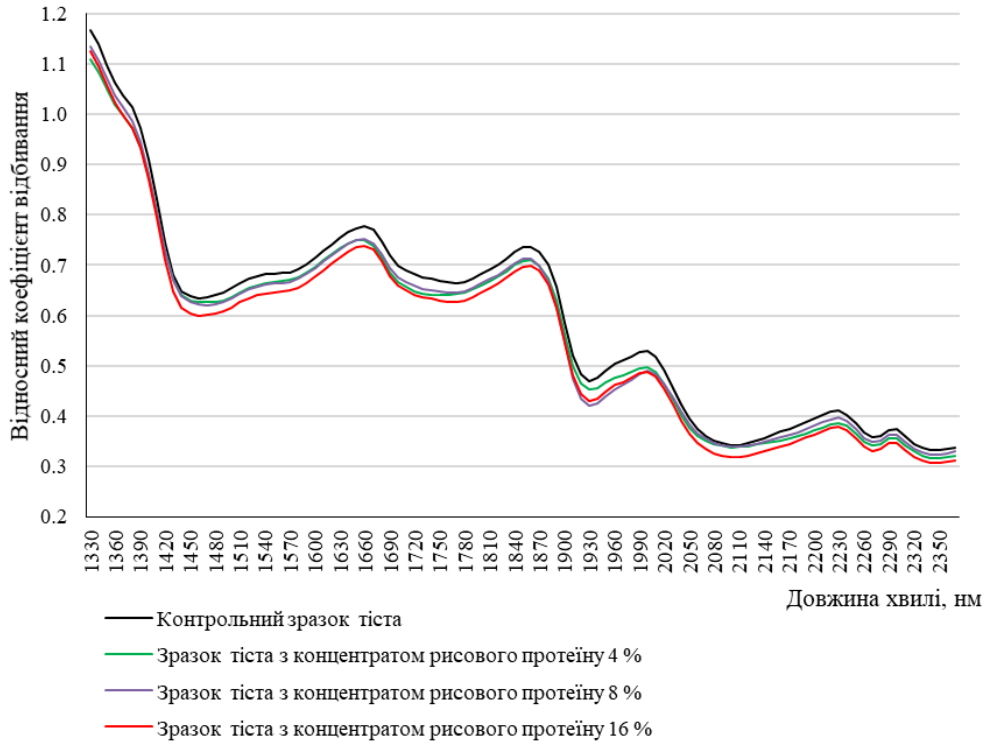

Рис. 2. Інфрачервоні спектри зразків тіста з концентратом рисового протеїну (4, 8, 16% до маси борошна) після замісу.

Бродіння та вистоювання – важливі процеси в технології виготовлення хліба, адже під час них протікають мікробіологічні, біохімічні та колоїдні процеси, утворюється тістова система з необхідними властивостями для отримання хліба високої якості. Тому було проведено дослідження зміни основних структурних одиниць тіста протягом періоду його бродіння та вистоювання – 3,5 год.

У процесі бродіння тіста компоненти рецептури міцніше зв'язуються, забезпечуючи його структуру та стимулюючи фізико-хімічні та колоїдні процеси. На них вплинуть додані концентрат рисового протеїну та лецитин (рис. 3).

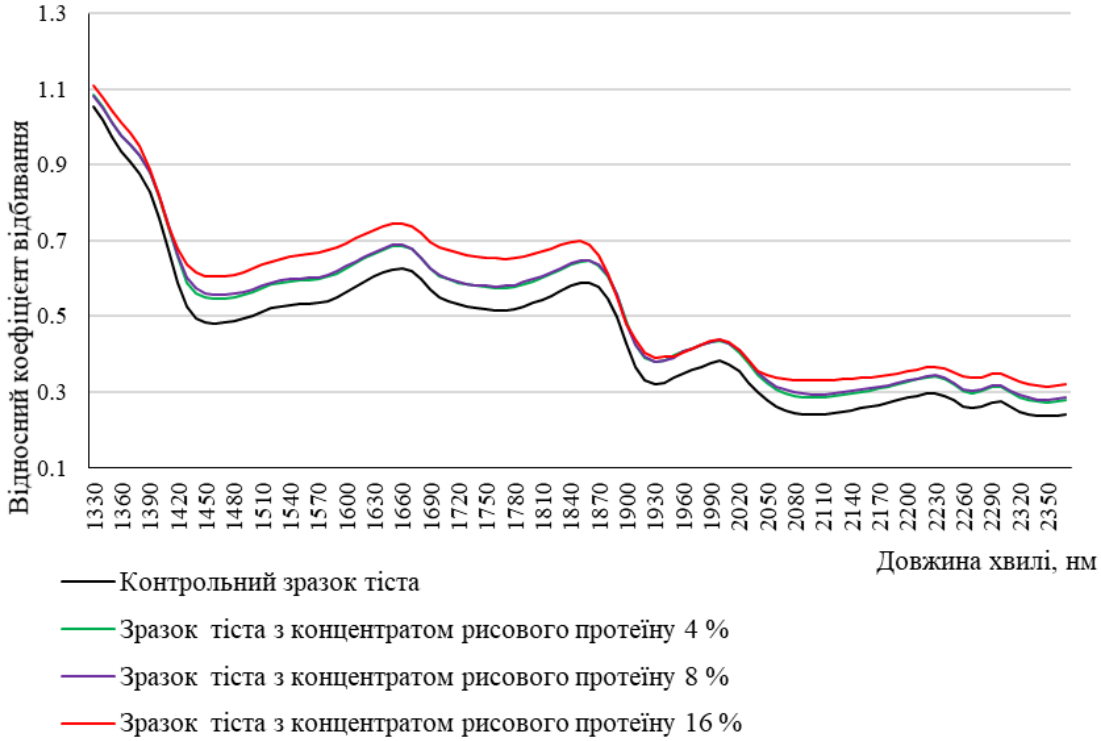

Рис. 3. Інфрачервоні спектри зразків тіста з концентратом рисового протеїну (4, 8, 16% до маси борошна) після бродіння.

На відміну від спектрів відбиття тіста відразу після замішування, після бродіння їхнє розташування зворотнє: найнижчі значення коефіцієнтів відбивання має контрольний зразок, практично накладаються спектри зразків з 4% та 8% концентрату рисового протеїну, дещо вищі – зразок з 16%. Це свідчить про те, що вплив різних кількостей концентрату рисового протеїну на процеси в тісті під час бродіння є постійним. Чим більшим був відсоток внесення добавки, тим більше зростав коефіцієнт відбиття. Довжина хвилі 2100 нм характеризує структурні групи білків. Значення відносного коефіцієнта відбиття контрольного зразка становило 0,24, зразків із 4, 8 і 16% добавки – 0,28, 0,29, 0,33 відповідно. Такі значення пояснюється тим, що концентрат рисового протеїну не містить клейковинних білків і не бере участі в утворенні клейковини. Натомість його білкові речовини утворюють комплекси з білками борошна та затримують її розвиток.

Оскільки зміни в тісті були встановлені під час бродіння, їх слід очікувати в процесі випікання хліба. Усі спектри відбиття зразків хліба з добавками після випікання мали однаковий характер і в досліджуваній області довжин хвиль практично перекривали один одного (рис. 4). Відрізнявся лише контрольний зразок, спектр якого знаходився нижче практично в усьому діапазоні довжин хвиль. Це пояснюється відмінностями у хімічному складі сировини, що відповідно впливає і на показники готових виробів.

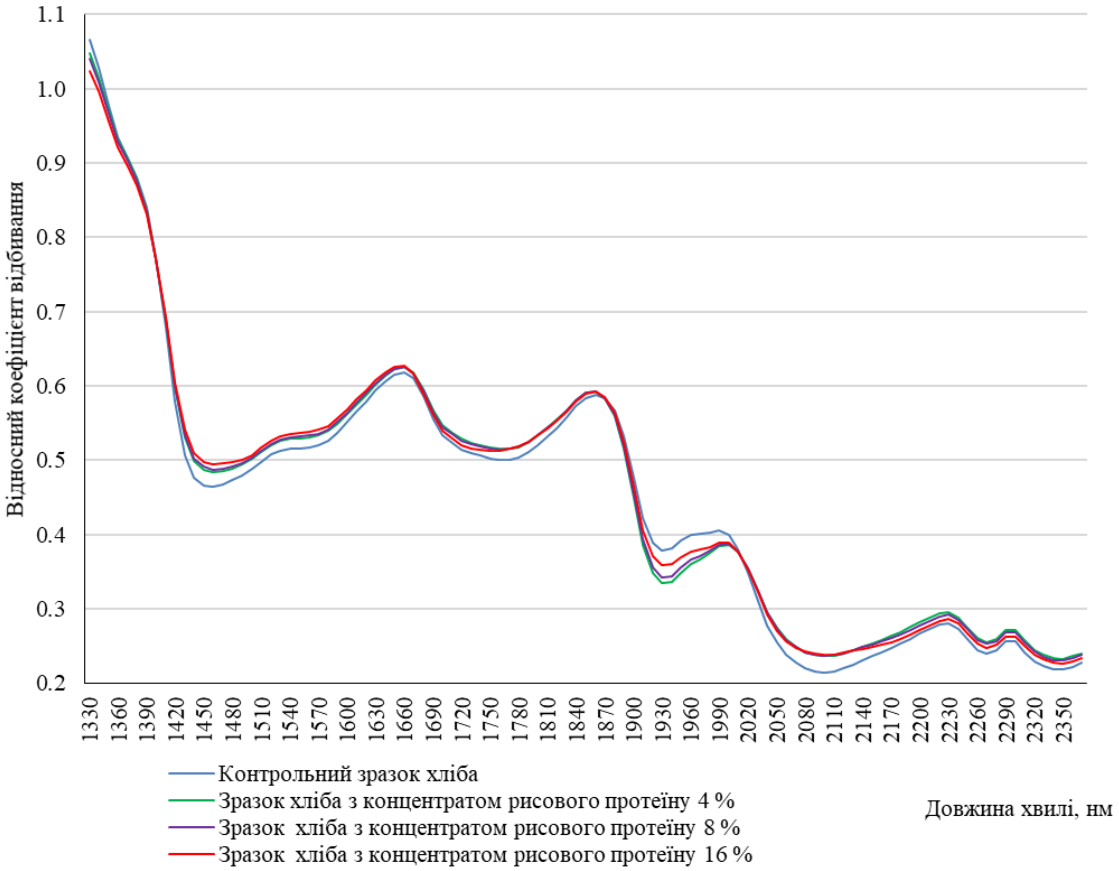

Рис. 4. Інфрачервоні спектри зразків хліба з концентратом рисового протеїну

Параметри процесу випікання як завершального етапу виробництва хліба істотно впливають на структуру тіста та його властивості. На відміну від спектрів зразків тіста після бродіння, де спостерігалася значна різниця між інтенсивністю відбиття, для зразків хліба відмінностей у індексі відбиття майже не було. Це пояснюється впливом високих температур під час випікання на стан біополімерів сировини в системі тіста, зокрема клейстеризацію та розкладання крохмалю, руйнування макромолекул білка [18].

Конформаційні зміни структурних елементів тіста та хліба, а також значно кращий амінокислотний профіль концентрату рисового протеїну сприятиме підвищенню біологічної цінності хліба. Визначення амінокислотного профілю хліба наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Вміст незамінних амінокислот (НАК) у хлібі з концентратом рисового протеїну

Назва НАК	Контрольний зразок	Концентрат рисового протеїну, % до маси пшеничного борошна		
		4%	8%	16%
г/100 г білка в хлібі				
Лейцин	7,78± 0,01	35,85± 0,01	54,46± 0,01	77,61± 0,01
Ізолейцин	4,25± 0,01	5,49± 0,01	6,31± 0,01	7,33± 0,01
Метіонін	3,38± 0,01	12,22± 0,01	18,09± 0,01	25,38± 0,01
Лізин	2,56± 0,01	3,20± 0,01	3,63± 0,01	4,16± 0,01
Фенілаланін	7,36± 0,01	7,74± 0,01	7,98± 0,01	8,29± 0,01
Треонін	3,07± 0,01	15,15± 0,01	23,16± 0,01	33,13± 0,01
Валін	4,67± 0,01	24,90± 0,01	38,31± 0,01	55,00± 0,01
Триптофан	0,98± 0,01	5,72± 0,01	8,87± 0,01	12,78± 0,01

Продовження таблиці 2

г/100 г хліба				
Лейцин	0,71± 0,01	3,31± 0,01	5,04± 0,01	7,20± 0,01
Ізолейцин	0,39± 0,01	0,51± 0,01	0,58± 0,01	0,68± 0,01
Метіонін	0,31± 0,01	1,13± 0,01	1,67± 0,01	2,36± 0,01
Лізин	0,23± 0,01	0,30± 0,01	0,34± 0,01	0,39± 0,01
Фенілаланін	0,68± 0,01	0,71± 0,01	0,74± 0,01	0,77± 0,01
Треонін	0,28± 0,01	1,40± 0,01	2,14± 0,01	3,07± 0,01
Валін	0,43± 0,01	2,30± 0,01	3,55± 0,01	5,10± 0,01
Триптофан	0,09± 0,01	0,53± 0,01	0,82± 0,01	1,19± 0,01

Встановлено збільшення вмісту незамінних амінокислот залежно від дозування концентрату рисового протеїну, зокрема лімітуючої амінокислоти – лізину.

Таким чином, можна зробити висновок, що внесення в рецептуру пшеничного хліба концентрату рисового протеїну, особливо в поєднанні з лецитином, впливає на біологічну цінність хліба 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 рисового протеїну і лецитину на реологічні показники тіста для хлібобулочних виробів з пшеничного борошна.

8. Висновки

Переважаючою незамінною амінокислотою концентрату рисового протеїну був лейцин, тоді як вміст триптофану був найменшим. Однак лімітуючою амінокислотою в обох видах сировини є лізин, проте амінокислотний скор борошна пшеничного за лізином 0,44, в той час як концентрату рисового протеїну – 0,58. Встановлено збільшення вмісту незамінних амінокислот у хлібі залежно від дозування концентрату рисового протеїну, зокрема лімітуючої амінокислоти – лізину. Інфрачервоні спектри сировини вказують на різний склад та різну природу пшеничного борошна, концентрату рисового протеїну та соняшникового лецитину. Включення додаткового джерела білка зумовлює зміни структурних елементів тіста за рахунок вклинювання білкових речовин добавки в клейковинний каркас. Внесення в рецептуру пшеничного хліба концентрату рисового протеїну, особливо в поєднанні з лецитином, впливає на біологічну цінність хліба 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.

Список літератури:

1) Дробот, В. І., Шевченко, А. О., Літвинчук, С. І. (2021). Вплив рисового борошна на структурно-механічні властивості тіста та якість хліба. Наукові праці НУХТ, 27(5), 114-122. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-5-15.

2) Espinales, C., Cuesta, A., Tapia, J., Palacios-Ponce, S., Peñas, E., Martínez-Villaluenga, C., Espinoza, A., Cáceres, P.J. (2022). The Effect of Stabilized Rice Bran Addition on Physicochemical, Sensory, and Techno-Functional Properties of Bread. Foods, 11, 3328. https://doi.org/10.3390/foods11213328

3) Ferrari, G., Eng, P. (2011). IgE-mediated food allergies in Swiss infants and children. Swiss medical weekly: official journal of the Swiss Society of Infectious Diseases, the Swiss Society of

Internal Medicine, the Swiss Society of Pneumology, 141(4142), w13269. https://doi.org/10.4414/smw.2011.13269

4) Shih, F.F., Daigle, K.W. (2000). Preparation and characterization of rice protein isolates. Journal of the American Oil Chemists' Society, 77, 885–889.

5) Zhang, H.J., Zhang, H., Wang, L., Guo, X.N. (2012). Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. Food Research International, 47, 359–363. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.014

6) Ju, Y., Fabian, C. (2011). A Review on Rice Bran Protein: Its Properties and Extraction Methods. Critical Reviews In Food Science and Nutrition, 51(9), 816-27. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.482678

7) Reguilón, M. P., Pico, J., Bernal, J., Gómez, M. (2019). Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. Journal of Cereal Science, 86, 92-101. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.014

8) Wongdechsarekul, S., Kongkiattikajorn, J. (2010). Storage time affects storage proteins and volatile compounds, and pasting behavior of milled rice. KKU Research Journal, 15, 852–862.

9) Inglett, G. E., Chen, D., Liu, S. X. (2015). Antioxidant activities of selective gluten free ancient grains. Food and Nutrition Sciences, 6, 612–621. https://doi.org/10.4236/fns.2015.67065

10) Sadawarte, S.K., Sawate, A.R., Pawar, V.D., Machewad, G.M. (2007). Enrichment of bread with rice bran protein concentrate. Journal of Food Science and Technology -Mysore, 44(2), 195-197

11) Huang, S.C., Tsai, Y.F., Chen, C.M. (2011). Effects of wheat fiber, oat fiber on sensory and physico-chemical properties of Chinese-style sausages. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 24, 875–880. https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10317

12) Choi, Y.S., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Park, J.H., Lee, S.Y., Choi, M.S., Choi, J.H., Kim, C.J. (2012). Effects of pumpkin (Cucurbita maxima Duch.) fiber on physicochemical properties and sensory characteristics of chicken frankfurters. Food Science of Animal Resources, 32, 174–183. https://doi.org/10.5851/kosfa.2012.32.2.174

13) 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

14) Niewitetzki, 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.

15) 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.

16) 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.

17) Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O., Jensen, I. (2018). Protein determination—method matters. Foods, 7(1), 5-14. https://doi.org/10.3390/foods7010005

18) Zhou, Y., Dhital, S., Zhao, C., Ye, F., Chen, J., Zhao, G. (2021). Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms. Food Hydrocolloids, 111, 106203. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106203

Changes in structural units in wheat flour dough and bread with rice protein concentrate and phospholipids

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

Svitlana Litvynchuk
Department of Physics, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-5580-3826

Abstract: The aim of the work was to determine the effect of rice protein concentrate in combination with sunflower lecithin on changes in structural units in dough and bread made from wheat flour and to investigate the effect of this raw material on the protein composition of bread. Bread made from wheat flour has a low nutritional value, in particular, a fairly low protein content. In addition, it is inferior and absorbed at a low level. The solution to this problem can be the inclusion of sources of complete proteins in the formulation of such products. Leucine was the predominant essential amino acid in rice protein concentrate, while tryptophan was the lowest. However, the limiting amino acid in both types of raw materials was lysine, but the amino acid score for lysine in wheat flour was 0.44, while that of rice protein concentrate was 0.58. An increase in the content of essential amino acids in bread was established depending on the dosage of rice protein concentrate, in particular the limiting amino acid - lysine. Infrared spectra of raw materials indicated different composition and different nature of wheat flour, rice protein concentrate and sunflower lecithin. The inclusion of an additional source of protein led to changes in the structural elements of the dough due to the inclusion of protein substances of the additive into the gluten framework. The introduction of rice protein concentrate into the recipe of wheat bread, especially in combination with lecithin, affected the biological value of bread and the redistribution of structural elements in the dough and bread. This will have an impact on the quality of bakery products with this raw material and will contribute to increasing the supply of protein to the human body when consuming such products.

Keywords: bread, rice protein concentrate, lecithin, protein, infrared spectroscopy.