

THE EFFECT OF RICE PROTEIN CONCENTRATE IN COMBINATION WITH PHOSPHOLIPIDS ON THE QUALITY AND NUTRITIONAL VALUE OF WHEAT BREAD

A. Shevchenko, O. Fursik

National University of Food Technologies

Key words:

Bread
Rice protein concentrate
Whole wheat flour
Dough
Nutritional value

Article history:

Received 11.05.2023
Received in revised form
25.05.2023
Accepted 07.06.2023

Corresponding author:

A. Shevchenko

E-mail:

Nastyusha8@ukr.net

Citation: Шевченко А. О., Фурсік О. П. (2023). Вплив концентрату рисового протеїну в поєднанні з фосфоліпідами на якість і харчову цінність пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*, 29(3), 150—158.
DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-3-14

ABSTRACT

Bakery products made from wheat flour have a low protein content. In addition, it is inferior and absorbed at a low level. The solution to this problem can be the introduction of sources of complete proteins of vegetable and animal origin into the formulation of such products. However, animal proteins can be allergens, which will affect the consumers health. Therefore, concentrates, isolates and hydrolysates of proteins of vegetable origin can be an alternative, in particular, obtained from rice. Rice protein, which is mainly extracted from rice bran or milled rice by enzymatic or alkaline methods, was found to be hypoallergenic.

Rice protein concentrate contained 6.6 times more protein than premium wheat flour. The protein content in bread with this raw material increased by 12.7–86.1% with an increase in the dosage of rice protein concentrate. The degree of providing the daily need for protein when using the daily norm of bread was at the level of 25—41%.

The addition of protein concentrate to the bread recipe improved the dimensional stability of the products. The decrease in specific volume by 4.5—30.8% and porosity of bread samples when adding rice protein concentrate can be explained by the fact that the proteins of this raw material do not contain gluten proteins, and therefore do not contribute to the formation of a developed gluten framework. At the same time, the porosity structure remained uniform.

At the same time, the taste of the products improved, and the color of the crust acquired a brown shade due to the presence of more amount of proteins, the amino acids of which, reacting with the flour's own sugars in the dough under the influence of temperature, caused a more intense color of the crust. Thus, bread made with the studied raw materials had good consumer properties.

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАТУ РИСОВОГО ПРОТЕЇНУ В ПОЄДНАННІ З ФОСФОЛІПІДАМИ НА ЯКІСТЬ І ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

А. О. Шевченко, О. П. Фурсік

Національний університет харчових технологій

Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна мають невисокий вміст білка. Крім того, він є неповноцінним і засвоюється на низькому рівні. Вирішити цю проблему можна шляхом внесення в рецептуру таких виробів джерел повноцінних білків рослинного і тваринного походження. Однак тваринні білки можуть бути алергенами, що впливатиме на стан здоров'я споживачів, тому альтернативою можуть бути концентрати, ізоляти та гідролізати протеїнів рослинного походження, зокрема отриманого з рису. Рисовий білок, який в основному екстрагується з рисових висівок або подрібненого рису ферментативними або лужними методами, був визнаний гіпоалергенним.

Концентрат рисового протеїну містить у 6,6 раза більше білка, ніж пшеничне борошно вищого сорту. Вміст білка в хлібі з цієї сировиною підвищився на 12,7—86,1% зі збільшенням дозування концентрату рисового протеїну. Ступінь забезпечення добової потреби в білку при вживанні добової норми хліба знаходився на рівні 25—41%.

Внесення концентрату протеїну в рецептуру хліба сприяє покращенню формостійкості виробів. Зниження питомого об'єму на 4,5—30,8% та пористості зразків хліба при доданні концентрату рисового протеїну можна пояснити тим, що білки цієї сировини не містять клейковинних білків, а отже, і не сприяють формуванню розвиненого клейковинного каркасу. При цьому структура пористості залишається рівномірною та дрібною.

Водночас покращується смак виробів, а також забарвлення скоринки набуває коричневого відтінку завдяки наявності більшої кількості білків, амінокислоти яких, вступаючи в реакцію з власними цукрами борошна в тісті, під дією температури надають більш інтенсивного забарвлення скоринці. Хліб, виготовлений з досліджуваною сировиною, має добрі споживчі властивості.

Ключові слова: хліб, концентрат рисового протеїну, інтегральний скор, тісто, харчова цінність.

Постановка проблеми. Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна мають невисокий вміст білка (Хуе, Matros, Mock, & Mühling, 2019). Крім того, він є неповноцінним і засвоюється на низькому рівні (Litvynchuk та ін., 2022). Вирішенням цієї проблеми може бути внесення в рецептуру таких виробів джерел повноцінних білків рослинного й тваринного походження. Однак тваринні білки можуть бути алергенами, що впливатиме на стан здоров'я споживачів, тому альтернативою можуть бути концентрати, ізоляти та гідролізати протеїнів рослинного походження, зокрема отриманого з рису.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рисовий білок, який в основному екстрагується з рисових висівок або подрібненого рису ферментативними або лужними методами, був визнаний гіпоалергенним (Reche та ін., 2010).

Відомо отримання білкових концентратів з комерційно доступних нестабілізованих і термостабілізованих рисових висівок шляхом лужної екстракції та ізоелектричного осадження. Стабілізовані рисові висівки мали нижчу здатність до екстракції білка при будь-якому розмірі частинок (75—150 мкм). Як нестабілізований білковий концентрат рисових висівок, так і стабілізований білковий концентрат рисових висівок продемонстрували максимальну розчинність азоту при рН 8,0—71,5% білка (нестабілізований) і 50,9% білка (стабілізований) та відмінності у вмісті амінокислот. Денатурація білка внаслідок комерційної термостабілізації погіршувала екстрагування білків і впливала на їхню якість (Gnanasambandam, & Heltiarachchy, 1995)

Рисовий протеїн має високу харчову цінність, є джерелом крохмалю, мінеральних солей, вітамінів, харчових волокон. Вміст білка в рисі порівняно невеликий (близько 3%). Однак білки рису визнано високопоживними, гіпоалергенними та особливо корисними для споживання людиною. Крім того, антиоксидантні та нутрицевтичні властивості рису пов'язані зі зниженням ризику гіперхолестеринемії (Wang, Li, Liang, & Yang, 2016).

Рис і продукти його переробки широко використовують при виготовленні безглютенних виробів, оскільки білкові речовини цієї сировини не містять глютен. Досліджено можливість використання білкового та білково-кальцієвого концентратів з білого та коричневого рису в технології безглютенного масляного кексу. Спосіб виділення рисових білкових концентратів включає оброблення борошна амілазою та ксиланазою (ферментний препарат «Фунгаміл Супер АХ» фірми «Novozymes», Данія) з подальшим екстрагуванням білків розчиненою соляною кислотою в присутності цитрату кальцію. Також проводилась додаткова модифікація отриманого концентрату білка методом обмеженого протеолізу ферментним препаратом Protamex. Отримані рисові концентрати характеризувались високою піноутворювальною здатністю та стабільністю піни, що дало змогу використовувати їх у кількості 50% до маси яєчного меланжу в технології масляного кексу для підвищення його біологічної цінності та структурно-механічних показників якості (Медвідь, Шидловська, Доценко, & Федоренко, 2017).

У технологіях пшеничного хліба продукти переробки рису не так широко використовуються, оскільки вважається, що вони негативно впливають на технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів (Дробот, Шевченко, & Літвинчук, 2021).

Сировину, багату на білок, рекомендують споживати в поєднанні з ліпідною складовою. Перспективною добавкою, яка не лише є цінним джерелом фосфатидилхоліну, а й здатна діяти як емульгатор і позитивно впливати на технологічний процес виготовлення хліба, є соняшниковий лецитин (Stremmel, Vural, Evliyaoglu, & Weiskirchen, 2021).

Мета дослідження: визначити вплив концентрату рисового протеїну в поєднанні з соняшниковим лецитином на показники якості пшеничного хліба та його харчову цінність.

Матеріали і методи. Підготовка зразків. Для досліджень використовували борошно пшеничне вищого сорту, лецитин соняшниковий з вмістом фосфатидилхоліну 95,3%, концентрат рисового протеїну.

Зразки тіста готували безопарним способом з додаванням пресованих пекарських дріжджів і солі. До маси борошна додавали лецитин у кількості 3%. Для визначення раціонального дозування концентрату рисового протеїну його додавали в кількості 4%, 8% та 16% до маси борошна з розрахунку забезпечення 20, 30 та 40% добової потреби в білку. Контрольним був зразок без добавок.

Питомий об'єм хліба. Метод базується на витісненні зразком хліба об'єму зерна, еквівалентному його питомому об'єму. На початковому етапі визначають контрольний об'єм зерна, необхідний для подальших вимірювань. Для цього в порожню чашу приладу засипають зерно, надлишки знімають ребром плоского предмету в приймальну ємність приладу і видаляють через нижній отвір. Після цього завіси основної ємності із зерном відкриваються вручну і через отвір поміщаються в ковш. Це зерно використовується для визначення. В основну ємність засипають невелику кількість зерна, на нього кладуть хліб, а решту зерна закладають понад ємність. Надлишок зерна видаляють ребром плоского предмета і засипають у приймальну ємність, а потім, відкривши засувку, — у мірний циліндр. Об'єм зерна в циліндрі (см³) дорівнює об'єму хліба. Вимірювання проводять двічі, відхилення між паралельними визначеннями не повинні перевищувати 5% (Shevchenko, Drobot, & Galenko, 2022).

Питомий об'єм хліба визначається діленням об'єму хліба на його масу і виражається з точністю до 1 см³/100 г (Zhu, Sakulnak, & Wang, 2016).

Пористість хліба. Пористість хліба відображає об'єм пор у певному об'ємі м'якушки, виражений у відсотках до загального об'єму (Verheyen, Albrecht, Elgeti, Jekle, & Becker, 2015).

Вміст основних нутрієнтів у хлібі. Вміст загального білка. 1 г м'якушки хліба гідролізували 15 мл концентрованої сірчаної кислоти, що містить дві таблетки мідного каталізатора, у термоблоці при 420 °C протягом 2 годин. Після охолодження H₂O додавали до гідролізатів перед нейтралізацією та титруванням (Mæhre, Dalheim, Edvinsen, Elvevoll, & Jensen, 2018).

Вміст жиру. М'якушку хліба екстрагують протягом 6—24 год для виділення жирів. Після завершення екстракції розчинник випаровується, а сума ліпідів, що залишилися, вимірюється (López-Bascón, & de Castro, 2020).

Клітковина. Визначають ферментативно-гравіметричним методом. Кількість клітковини в м'якушці хліба розраховували як масу залишку мінус масу білка та золи (McCleary та ін., 2012).

Забезпечення добової потреби в основних нутрієнтах. Інтегральний скор був розрахований для оцінки забезпечення добової потреби в поживних речовинах (Dietary Guidelines Advisory Committee, 2015) як ступінь забезпечення добової потреби за кількісними значеннями показників харчової цінності (білків, жирів, вуглеводів, клітковини). Він вказує на відсоток відповідності вмісту кожної харчової речовини в харчовому продукті у формулі збалансованого раціону.

Статистичний аналіз. Представлені дані являють собою середнє арифметичне значення трьох повторів ± стандартне відхилення.

Викладення основних результатів дослідження. Зміни в рецептурі хлібобулочних виробів впливають на їхні показники якості. Закономірності зміни технологічних характеристик тістових напівфабрикатів і вплив сировини на якість хліба визначали за допомогою пробного випікання. Результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Показники якості тіста і хліба

Показники	Контроль	Зразок з лецитином	З рисовим протеїном, % до борошна пшеничного		
			4	8	16
Тісто					
Вологість, %	41,7	41,8	41,8	41,9	41,8
Кислотність, град					
-початкова	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
-кінцева	2,4	2,4	2,5	2,5	2,7
Тривалість бродіння, хв	150				
Тривалість вистоювання, хв	44	44	44	44	44
Хліб					
Питомий об'єм, см ³ /100 г	224	234	213	184	155
Формостійкість, Н/Д	0,56	0,61	0,62	0,63	0,64
Пористість, %	73	75	73	70	62
Кислотність кінцева, град	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1
Стан поверхні	гладка, без тріщин	гладка, без тріщин	гладка, без тріщин	гладка, без тріщин	гладка, без тріщин
Колір м'якушки	світлий	світлий	світлий	світло-коричневий	з коричневим забарвленням
Колір скоринки	світло-жовтий	світло-жовтий	світло-жовтий	світло-коричневий	з коричневим забарвленням
Структура пористості	рівномірна, дрібна, тонкостінна	рівномірна, дрібна, тонкостінна	рівномірна, дрібна, тонкостінна	рівномірна, дрібна, тонкостінна	рівномірна, дрібна, конкостінна
Смак	притаманний виробу	притаманний виробу	притаманний виробу	притаманний виробу	притаманний виробу

Внесення концентрату рисового протеїну спричинило зміну показників і тістових напівфабрикатів та хліба.

Зі збільшенням відсотка внесення концентрату рисового протеїну зросла початкова та кінцева кислотність тіста, що спричинено більш високою кислотністю цієї сировини. Був відсутній вплив на тривалість вистоювання тістових заготовок.

Значний вплив протеїн мав на показники якості хліба. Зокрема формостійкість покращується, що спричинено впливом цієї сировини на структурно-механічні властивості тіста в процесі бродіння. Кислотність м'якушки досліджуваних виробів вища за контроль унаслідок більш високої кислотності доданої сировини.

Внесення лецитину призвело до підвищення питомого об'єму хліба за рахунок позитивної дії цієї добавки на бродильну активність дріжджів. Зниження питомого об'єму на 4,5—30,8% та пористості зразків хліба при додаванні концентрату рисового протеїну можна пояснити тим, що білки цієї сировини не містять клейковинних білків, а отже, і не сприяють формуванню розвиненого клейковинного каркасу. При цьому структура пористості залишається рівномірною та дрібною.

Поряд з цим покращується смак виробів, а також забарвлення скоринки набуває коричневого відтінку за рахунок наявності більшої кількості білків, амінокислоти яких, вступаючи в реакцію з власними цукрами борошна в тісті під дією температури, надають більш інтенсивне забарвлення скоринці (Vélez, Pagán, & Ibarz, 2012). У результаті хліб, виготовлений з досліджуваною сировиною, має добрі споживчі властивості.

Концентрат рисового протеїну містить у 6,6 раза більше білка, ніж пшеничне борошно вищого сорту. Внесення його в рецептуру здатне значно збагатити хліб цим нутрієнтом. Проведено визначення вмісту основних нутрієнтів в хлібі з концентратом рисового протеїну та забезпечення ними добової потреби організму (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст основних нутрієнтів в хлібі та забезпечення ними добової потреби організму

Вміст у 100 г продукту, г	Контроль	З концентратом рисового протеїну, % до маси борошна пшеничного		
		4	8	16
білки	8,07±0,1	9,10±0,1	11,08±0,1	15,02±0,1
жири	2,79±0,1	2,81±0,1	2,93±0,1	3,16±0,1
вуглеводи	52,96±0,1	47,07±0,1	47,52±0,1	48,43±0,1
харчові волокна	2,65±0,1	2,36±0,1	2,39±0,1	2,44±0,1
Інтегральний скор, % за рахунок вживання 100 г хліба				
білки	13,67	15,43	18,78	25,46
жири	4,66	4,68	4,88	5,27
вуглеводи	15,40	13,68	13,81	14,08
харчові волокна	10,61	9,44	9,55	9,76
Інтегральний скор, % за рахунок вживання добової норми хліба (277 г)				
білки	22,35	25,22	30,68	41,62
жири	7,74	7,79	8,11	8,76
вуглеводи	42,65	37,90	38,27	39,00
харчові волокна	29,38	26,15	26,45	27,05

Вміст білка в хлібі підвищився на 12,7—86,1% зі збільшенням дозування концентрату рисового протеїну. Вміст жиру підвищився незначно, оскільки вміст ліпідів у добавці невисокий, також дещо знизився вміст вуглеводів і харчових волокон. Ступінь забезпечення добової потреби в білку при вживанні добової норми хліба знаходився на рівні 25—41%, що корелює з розрахунками кількості внесення концентрату протеїну в рецептуру виробів.

Було проведено експертне оцінювання виробів за участі дегустаторів. Результати оброблені методом математичної статистики (табл. 3).

Таблиця 3. Органолептична оцінка виробів з концентратом рисового протеїну за 100-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнта вагомості показників якості

Показники	Коефіцієнт вагомості	Контроль	Концентрат рисового протеїну, % до маси пшеничного борошна		
			4	8	16
Питомий об'єм, см ³ /г	0,15	4,6±0,3	4,5±0,3	4,4±0,3	3,5±0,3
Формостійкість подового виробу	0,15	Випукла верхня скоринка	Випукла верхня скоринка	Випукла верхня скоринка	Випукла верхня скоринка
		5,0±0,3	5,0±0,3	5,0±0,3	5,0±0,3
Колір скоринки	0,05	Світло-жовтий	Світло-жовтий	Світло-коричневий	З коричневим забарвленням
		5,0±0,3	5,0±0,3	5,0±0,3	5,0±0,3
Стан поверхні	0,05	Гладка, без тріщин	Гладка, без тріщин	Гладка, без тріщин	Гладка, без тріщин
		5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Колір м'якушки	0,05	Світлий	Світлий	Світло-коричневий	З коричневим забарвленням
		5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Структура пористості	0,09	Рівномірна, дрібна, тонкостінна	Рівномірна, дрібна, тонкостінна	Рівномірна, дрібна, тонкостінна	Рівномірна, дрібна, тонкостінна
		4,8±0,3	4,8±0,3	4,8±0,3	4,8±0,3
Еластичність м'якушки	0,12	Еластична	Еластична	Еластична	Еластична
		4,8±0,1	4,8±0,1	4,8±0,1	4,8±0,1
Аромат	0,11	Притаманний виробу	Притаманний виробу	Притаманний виробу	Притаманний виробу
		4,6±0,3	4,8±0,3	4,8±0,3	4,8±0,3
Смак	0,13	Притаманний виробу	Притаманний виробу	Притаманний виробу	Притаманний виробу
		4,8±0,3	4,8±0,3	4,8±0,3	4,8±0,3
Розжовуваність м'якушки	0,10	Добре розжовується	Добре розжовується	Добре розжовується	Добре розжовується
		5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Бальна оцінка (в перерахунку на 100 балів)		97,2±0,2	97,1±0,2	97,0±0,2	96,1±0,2

Експертна оцінка й органолептичні показники виробів підтверджують, що для отримання хлібобулочних виробів високої якості та повноцінних за амінокислотним складом варто додавати в рецептуру від 4 до 8% концентрату рисового протеїну.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на визначення можливих технологічних прийомів для збільшення питомого об'єму виробів з концентратом рисового протеїну.

Висновки

Концентрат рисового протеїну містить у 6,6 раза більше білка, ніж пшеничне борошно вищого сорту. Вміст білка в хлібі з цією сировиною підвищився на 12,7—86,1% зі збільшенням дозування концентрату рисового протеїну. Ступінь забезпечення добової потреби в білку при вживанні добової норми хліба знаходився на рівні 25—41%.

Внесення концентрату протеїну в рецептуру хліба сприяє покращенню формостійкості виробів. Зниження питомого об'єму на 4,5—30,8% та пористості зразків хліба при доданні концентрату рисового протеїну можна пояснити тим, що білки цієї сировини не містять клейковинних білків, а отже, і не сприяють формуванню розвиненого клейковинного каркасу. При цьому структура пористості залишається рівномірною та дрібною.

Водночас покращується смак виробів, забарвлення скоринки набуває коричневого відтінку за рахунок наявності більшої кількості білків, амінокислоти яких, вступаючи в реакцію з власними цукрами борошна в тісті, під дією температури надають більш інтенсивне забарвлення скоринці. Хліб, виготовлений з досліджуваною сировиною, має добрі споживчі властивості.

Література

- Медвідь, І. М., Шидловська, О. Б., Доценко, В. Ф., Федоренко, Ю. О. (2017). Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на цєліакію. *Хранение и переработка зерна*, 3(211), 43—48.
- 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>.
- Aldoury, M., Hettiarachchy, N. S., Horax, R. (2018). Rice-Endosperm and Rice-Bran Proteins: A Review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(8). <https://doi.org/10.1002/aocs.12110>.
- Gnanasambandam, R., Hettiarachchy, N. S. (1995). Protein concentrates from unstabilized and stabilized rice bran: preparation and properties. *Journal of Food Science*, 60, 1066—1069.
- Vélez, A. P. E., Pagan, 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>.
- 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>.
- López-Bascón, M. A., de Castro, M. L. (2020). Liquid-phase extraction. *Elsevier*, 11, 327—354. <https://www.elsevier.com/books/liquid-phase-extraction/poole/978-0-12-816911-7>.
- McCleary, B. V., De Vries, J. W., Rader, J. I., Cohen, G., Prosky, L., Mugford, D. C., Champ, M., Okuma, K. (2010). Determination of Total Dietary Fiber (CODEX Definition) by Enzymatic-Gravimetric Method and Liquid Chromatography: Collaborative Study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 93(1), 221—233. <https://doi.org/10.1093/jaoac/93.1.221>.
- Mæhre, H. K., Dalheim, G. K., Elvevoll, E. O., Jensen, I. (2018). Protein determination-method matters. *Foods*, 7(1), 5—14. <https://doi.org/10.3390/foods7010005>.
- Reche, M., Pascual, C. Y., Fiandor, A., Polanco, I., Rivero-Urgell, M., Chifre, R., Johnston, S., Martín-Esteban, M. (2010). The effect of a partially hydrolysed formula based on rice protein in the treatment of infants with CM protein allergy. *Pediatric Allergy and Immunology*. 21(4/1), 577—585. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2010.00991.x>.

Stremmel, W., Vural, H., Evliyaoglu, O., Weiskirchen, R. (2021). Delayed-Release Phosphatidylcholine Is Effective for Treatment of Ulcerative Colitis: A Meta-Analysis. *Digestive Diseases*, 39, 508—515. <https://doi.org/10.1159/000514355>.

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.

Wang, Z.; Li, H.; Liang, M.; Yang, L. (2016). Glutelin and prolamin, different components of rice protein, exert differently in vitro antioxidant activities. *Journal of Cereal Science*, 72, 108—116. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.006>.

Xue, C., Matros, A., Mock, H. P., Mühling, K. H. (2019). Protein Composition and Baking Quality of Wheat Flour as Affected by Split Nitrogen Application. *Frontiers in plant science*, 10, 642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00642>.

Zhu, F., Sakulnak, R., Wang, S. (2016). Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread. *Food Chemistry*, 194, 1217—1223.