

ХЛІБНІ ВИРОБИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА

Махинько В.М., канд. техн. наук, доцент

Сажина А.В., магістрант

Рибалко С.О., студент

Національний університет харчових технологій

Для збалансування хімічного складу хлібних виробів необхідно збагачувати їх білком. Щоб внесення білкової сировини не позначилося на споживчих характеристиках готової продукції, а вміст білка в одиниці об'єму був якомога більшим – доцільно збагачувати насамперед хлібні вироби зниженої вологості. У роботі вивчено можливість підвищення вмісту білка у хлібних паличках за рахунок використання ізоляту горохового білка (ІГБ). На основі аналізу змін у ході технологічного процесу, вивченні органолептичних і фізико-хімічних показників готової продукції та проведеної оптимізації встановлено можливість внесення 5 % ІГБ з одночасним підвищенням вологості тіста до 37 %. Розрахунок хімічного складу та біологічної цінності розроблених виробів підтвердив ефективність використання ІГБ для вирішення поставленої задачі – створення хлібних виробів з підвищеним вмістом білка та необхідними споживчими властивостями.

Ключові слова: білок, амінокислота, ізолят, горох, хлібні палички, тісто, клейковина, якість.

PROTEIN-ENRICHED BREAD PRODUCTS

V. Makhynko, Ph. D., Technics, Associate Professor

A. Sazhyna, Master Student

S. Rybalko, Student

National University of Food Technologies

To balance the chemical composition of bread products, they should be enriched with the protein. It is reasonable to enrich primarily the low-moisture bread products in order to ensure that raw protein material does not affect the consumer properties of the finished products, and to maximize the protein content per unit volume. The paper studies the possibility of increasing the protein content of bread

sticks by utilizing pea protein isolate (PPI). The possibility of addition 5% PPI with the simultaneous increase of the moisture content of the dough up to 37% was found based on the analysis of the changes during the technological process, the study of organoleptic and physicochemical properties of the finished products, and the optimization carried out. The calculation of the chemical composition and biological value of the developed products confirmed the utilization efficiency of PPI for meeting the task of creating the bakery products with high protein content and the necessary consumer properties.

Key words: *protein, amino acid, isolate, peas, breadsticks, dough, gluten, quality.*

Теорія адекватного харчування вказує на необхідність надходження в організм людини усіх поживних речовин відповідно до їх витрат у процесі життєдіяльності. Одним з найголовніших нутрієнтів є білок, споживання якого повинно бути не лише достатнім кількісно, але й біологічно високим за якістю. Оскільки білок не здатен у великих кількостях накопичуватися в організмі людини, він має щодня надходити з їжею, адже виконує важливі фізіологічні функції: пластичну, енергетичну, регуляторну, транспортну, захисну, механічну тощо [1].

Одним з найдоступніших і найдешевших традиційних харчових продуктів, що можуть бути джерелом білка, є хлібні вироби. Однак класичний хліб, зважаючи на високу масову частку вологи, містить невелику кількість білка, а значна розпушеність суттєво знижує концентрацію цього нутрієнта в одиниці об'єму, тому звичні хлібобулочні вироби не можуть вважатися ефективним джерелом забезпечення білкових потреб організму людини. До того ж якість білка хлібних виробів досить низька, що зумовлено недостатнім вмістом однієї з найважливіших незамінних амінокислот – лізину (для більшості виробів показник амінокислотного числа за лізином не перевищує 60 %). Значно перспективніше збагачувати хлібні вироби зниженої вологості (сухарні та бубличні вироби, хлібні палички і хлібні кульки), оскільки низька масова частка вологи дає змогу навіть за незначних змін у рецептурі суттєво підвищити концентрацію

білка. Недоліком сухарів є значна пористість і тривалий технологічний процес, що позначається на кінцевій вартості готових виробів. Бубличні вироби мають знижений корисний об'єм (зумовлений кільцевою формою) і підвищену міцність, що обмежує їх вживання людьми похилого віку чи споживачами з фізіологічним або хронічним ослабленням жувальних м'язів. Найкраще поставленим вимогам до виробів для ефективного збагачення білком відповідають хлібні палички і хлібні кульки: невисока масова частка вологи, компактна форма, невеликий об'єм у поєднанні з досить розвиненою пористістю забезпечують їх популярність у споживачів різних вікових категорій, водночас забезпечуючи одержання виробів необхідної якості навіть за умови суттєвих змін у рецептурі.

Метою роботи є вивчення можливості використання ізоляту горохового білка (ІГБ) з метою розроблення рецептур та уточнення технологічних параметрів виробництва хлібних паличок для споживачів з підвищеними білковими потребами.

У роботі використовували ІГБ виробництва NOW Foods (США) з масовою часткою вологи 10 % і вмістом білка 73 %. Амінокислотний склад ІГБ наведено у табл. 1 [2]. Біологічну цінність обраного збагачувача розраховували за рекомендованим ФАО/ВООЗ показником PDCAAS (protein digestibility corrected amino acid score – *укр.* амінокислотне число з поправкою на засвоюваність білка), прийнявши засвоюваність білка та ступінь біологічної доступності амінокислот на рівні 95 % [3].

Наведені у таблиці дані свідчать, що амінокислотне число лізину в ІГБ значно перевищує 100 %, що робить цю сировину перспективним збагачувачем виробів з пшеничного борошна за рахунок компліментарності (взаємодоповнення) лімітуючих амінокислот. З усіх незамінних амінокислот лише скор суми метіоніну і цистину дещо менше 100 %, що підтверджує наше припущення про можливість використання ІГБ для підвищення харчової та біологічної цінності хлібних паличок.

Таблиця 1 – Амінокислотний склад та біологічна цінність ізоляту горохового білка

Амінокислота	Вміст амінокислоти [3]			Формула еталонного білка [4]	Показник PDCAAS
	г/100 г продукту	мг/1 г білка	з врахуванням засвоюваності, мг/1 г білка		
аланін	2,95	40,58	38,6	—	—
аргінін	6,15	84,58	80,4	—	—
аспарагінова кислота	8,55	117,58	111,7	—	—
валін	3,58	49,29	46,8	40	111,2
гістидин	1,79	24,58	23,4	16	138,6
глїцин	2,99	41,08	39,0	—	
глутамінова кислота	12,99	178,58	169,7	—	
ізолейцин	3,32	45,58	43,3	30	137,1
лейцин	6,09	83,71	79,5	61	123,8
лізин	5,45	74,92	71,2	48	140,9
метіонин+ цистин	1,72	23,7	22,5	23	93,0
пролін	3,16	43,42	41,2	—	
серін	3,78	52,00	49,4	—	
треонін	2,84	39,00	37,1	25	140,8
триптофан	0,64	8,79	8,4	6,6	120,2
фенілаланін+ тирозин	6,72	92,4	87,8	41	203,4

Як контрольний зразок прийняли хлібні палички ароматні [5]. Зважаючи на встановлені попередніми дослідженнями дані [6] щодо високої водопоглинальної здатності ІГБ, було прийнято рішення готувати тісто з підвищеною масовою часткою вологи – залежно від кількості внесеного ІГБ вона становила: контрольний зразок (без ІГБ) – 32 %; зразок 1 (6 % ІГБ) – 35,7 %; зразок 2 (9 % ІГБ) – 37,5 %; зразок 3 (12 % ІГБ) – 39,1 %, зразок 4 (15 % ІГБ) – 40,6 %. Для збалансування хімічного складу збагачених виробів рецептурну кількість цукру було знижено на 30 %. Використовуючи традиційні для хлібопечення лабораторні методики [7] та розрахункові методи, вивчали вплив обраних дозувань

ІГБ на хід технологічного процесу, якість та харчову і біологічну цінність готових виробів.

На першому етапі досліджень було порівняно розрахункову та фактичну вологість тіста (рис. 1), адже в ході пробних лабораторних замішувань було відмічено, що незважаючи на внесення додаткової кількості води, усі зразки тіста мали необхідні структурні властивості, легко замішувалися і формувалися.

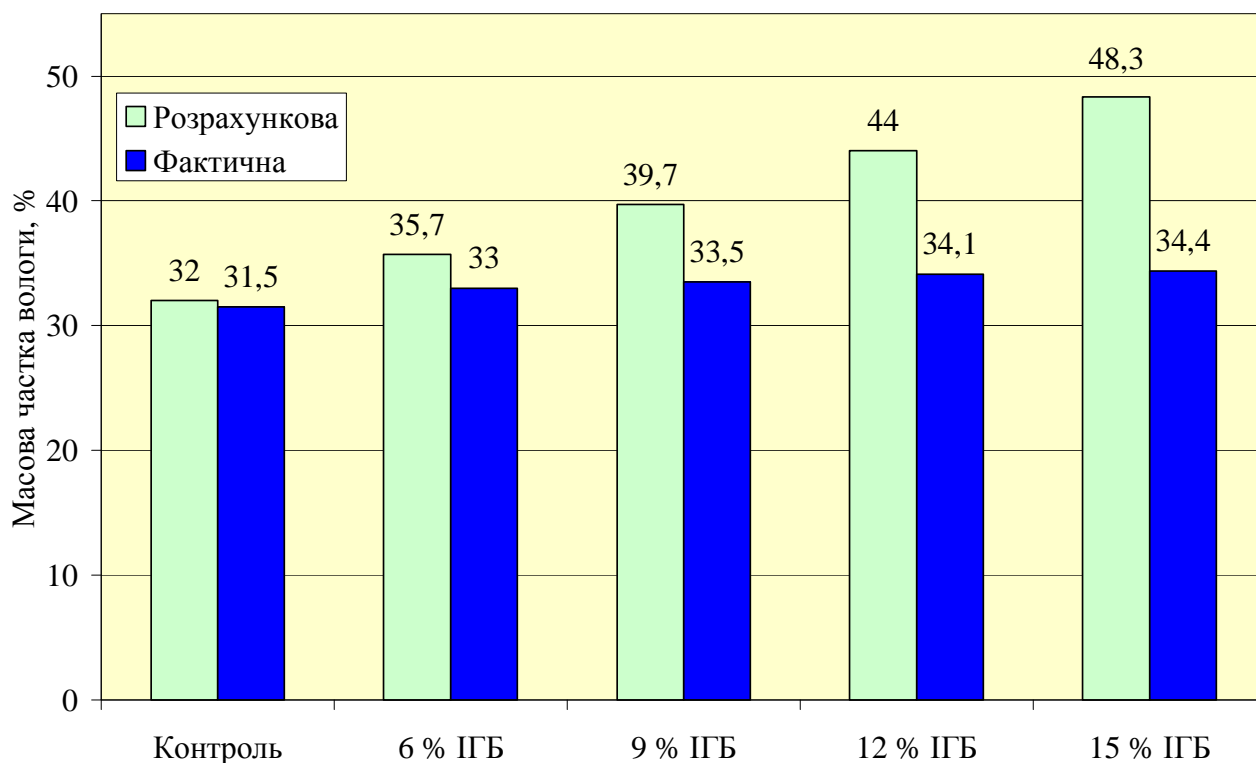


Рисунок 1 – Порівняння розрахункової та фактичної вологості тіста з різним дозуванням ІГБ

Одержані дані підтвердили наше припущення щодо суттєвого впливу водопоглинальної здатності ІГБ на формування структури тіста. Як бачимо, незважаючи на зростання розрахункової вологості з 32 до 48,3 %, фактична вологість тіста підвищилася лише на 3 %. Це може бути передумовою зростання виходу готових виробів, призвівши, у свою чергу, до зниження вартості готової продукції.

Однак слід враховувати, що висока водопоглинальна здатність ІГБ може викликати конкуренцію за воду на етапі замішування тіста, тому вивчали вплив внесення різних дозувань ІГБ на клейковинний комплекс борошна. Визначення вмісту сирової та сухої клейковини показало (рис. 2), що з підвищенням дозуван-

ня ІГБ кількість сирої клейковини закономірно знижується (максимальна різниця становить 5 %).

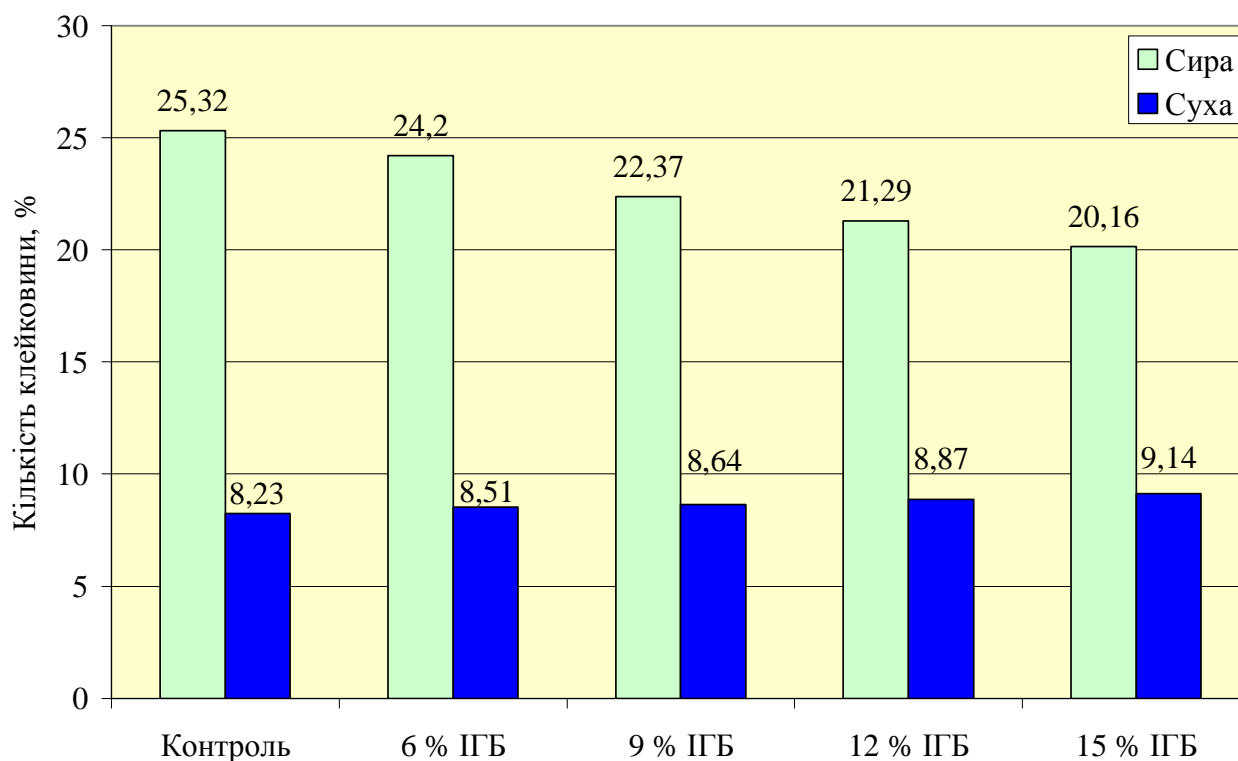


Рисунок 2 – Вплив різних дозувань ІГБ на кількість сирої та сухої клейковини

Це можна пояснити нездатністю білків ІГБ утворювати клейковину, а також заміною частини борошна на ІГБ при розрахунку рецептур. Однак кількість сухої клейковини дещо збільшується (майже на 1 %), що свідчить про захоплення клейковиною частинок ІГБ і можливе комплексоутворення різних білкових фракцій борошна та ІГБ.

Відомо, що хлібопекарські властивості борошна визначаються не лише кількістю клейковини, але й якістю клейковинного комплексу. Аналізуючи показники якості клейковини (табл. 2), бачимо суттєве (у 1,7 рази) зниження гідратаційної здатності, що підтверджує наше припущення про значну конкуренцію між ІГБ та крейковинними білками за воду.

Закономірним виглядає і укріплення клейковини: зниження показника ИДК на 22 од. приладу та зменшення майже на 8 см розтяжності. Це може

вплинути на показники якості готових виробів, знижуючи їх об'єм, розпушеність та погіршуючи стан мякушки і скоринки.

Таблиця 2 – Зміна якості клейковини за умови різного внесення ІГБ

Показник	Кон- троль (без ІГБ)	Внесено ІГБ, %			
		6	9	12	15
Гідратаційна здатність, %	207,83	184,5	161,85	140,15	120,56
Показник ИДК, од. приладу	55	50	46	37	33
Розтяжність, см	17,3	15,7	13,5	11,2	9,7

Одним з традиційних показників, що характеризують вуглеводно-амілазний комплекс борошна, є його газоутворювальна здатність. Вивчення зміни кількості виділеного вуглекислого газу протягом бродіння тіста з досліджуваними кількостями ІГБ показало (рис. 3), що зростанням кількості внесеної високобілкової сировини підвищується і кількість виділеного CO₂.

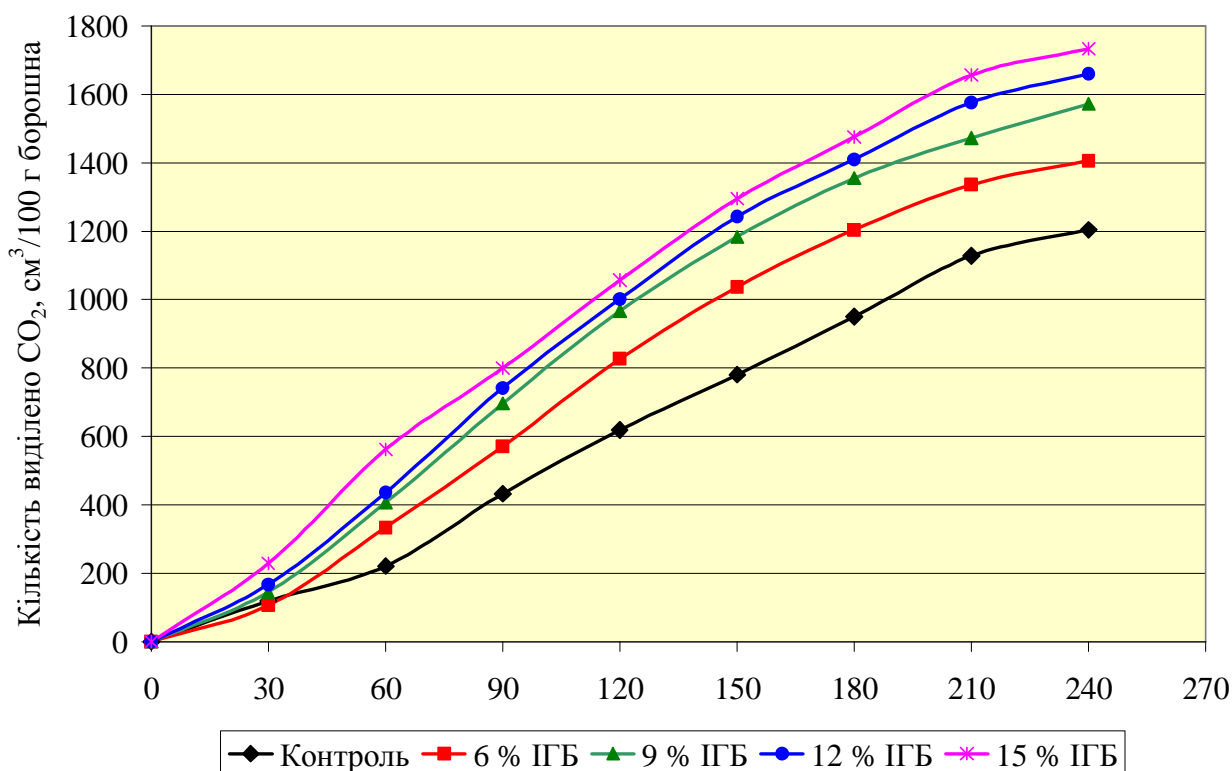


Рисунок 3 – Газоутворювальна здатність тіста з різними дозуваннями

ІГБ

Це можна пояснити покращенням білкового живлення дріжджової клітини за рахунок внесення з ІГБ легкозасвоюваного білка та значної кількості біодоступних амінокислот. Слід врахувати, що таке покращення спостерігається на фоні зниження в усіх досліджуваних зразках рецептурної кількості цукру з 7 до 5 %. Подібна заміна дасть змогу краще збалансувати співвідношення білків і вуглеводів та знизити кінцеву вартість виробів.

Незважаючи на високий ступінь очищення, ІГБ має легкий гороховий присмак, що може посилюватися у ході технологічного процесу, погіршуючи органолептичні показники кінцевої продукції. Тому наступним етапом досліджень було проведення серії пробних випікань та вивчення органолептичних показників отриманої продукції (табл. 3).

Оскільки нормативною документацією на хлібні палички [8] регламентується верхня межа кислотності готових виробів, було проаналізовано зміну цього показника для одержаної продукції з різним дозуванням ІГБ (рис. 4).

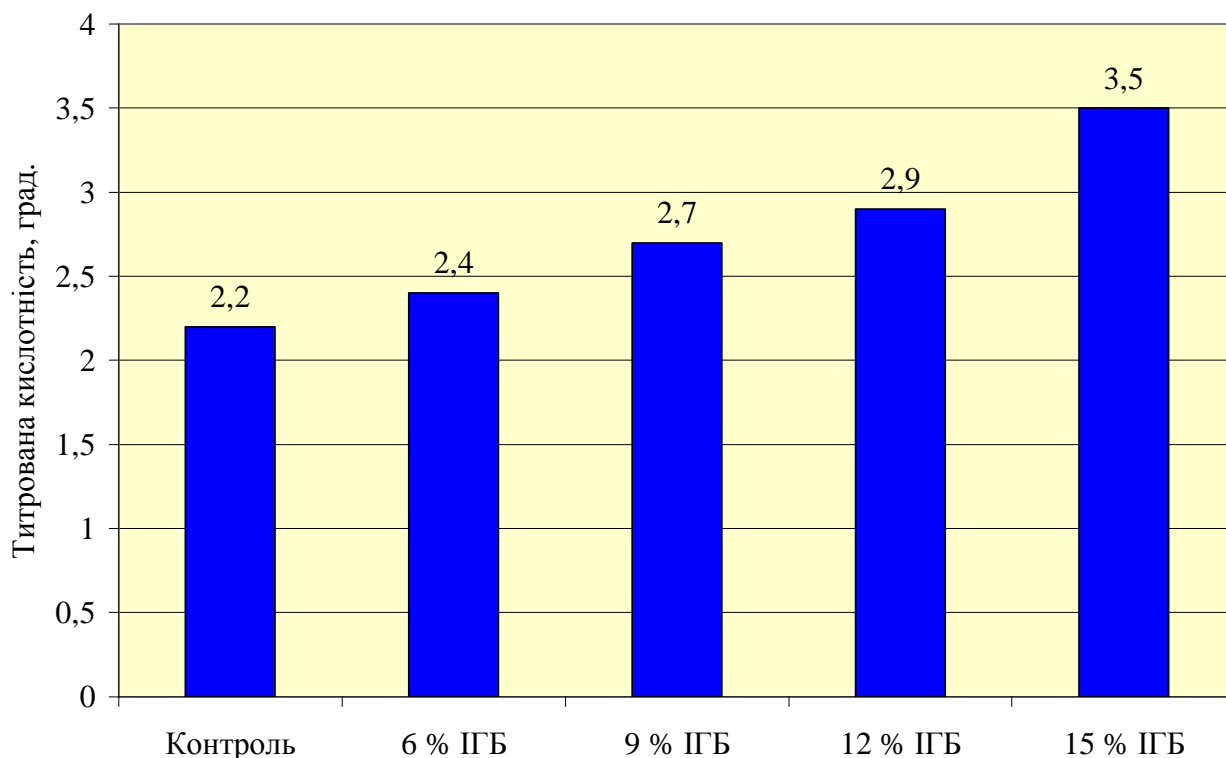


Рисунок 4 – Вплив різних дозувань ІГБ на титровану кислотність тіста

Таблиця 3 – Органолептичні показники хлібних паличок з різним дозуванням ІГБ

Показник	Контроль (без ІГБ)	Внесено ІГБ, %				
		6	9	12	15	
Форма	Паличка, яка має округлу конфігурацію в перерізі		Паличка прямокутного перерізу з невеликою округлістю	Паличка з прямокутною конфігурацією в перерізі	Прямокутник з нерівною, жорсткою поверхнею	
Стан поверхні	Глянцева, гладка	Глянцева, гладка, трохи шорсткувата	Шорсткувата		Дуже шорстка	
Забарвлення скоринки	Золотисто-жовте, без підгорілості	Світло-коричневе, без підгорілості	Світло-коричневе, без підгорілості	Коричневе, без підгорілості	Темно-коричневе, з невеликими підгорілостями	
Стан м'якушки	Дрібнопориста, добре розпушена	Дрібнопориста, розпушена		Дрібнопориста, слабо розпушена	Дуже щільна	
Смак і аромат	без сторонніх присмаку і запаху	Притаманні даному виду виробу				сильний гороховий запах і смак
		з ледь відчутними гороховими присмаком і запахом	з відчутними гороховими присмаком і запахом	з сильними гороховими присмаком і запахом		
Розжовуваність	Добре розжовується, з приємним хрускотом	Добре розжовується, з хрускотом	Розжовується з хрускотом	Розжовується з хрускотом	Важко розжовується	

Як бачимо, кислотність готових виробів зростає пропорційно до кількості внесеного ІГБ, що може бути пояснено високою кислотністю обраної високобілкової сировини (близько 10 град), а також активізацією мікробіологічних про-

цесів у тісті за рахунок покращення білкового живлення молочнокислих бактерій. Хоча зростання кислотності порівняно з контролем становить 1,3 град, однак навіть для виробу з максимальним дозуванням ІГБ цей показник не виходить за встановлені нормативною документацією обмеження (6 град). Тому показник кислотності не є обмежуючим фактором для вибору оптимальної кількості внесеного ІГБ. Однак, беручи до уваги усі попередні результати фізико-хімічних досліджень та органолептичного оцінювання готових виробів, можна зробити висновок про недоцільність вносити ІГБ в кількості понад 9 %. З метою уточнення рецептури та технологічних параметрів виготовлення високобілкових хлібних паличок було проведено математичне моделювання за методикою повного факторного експерименту ПФЕ 2³. Обрані оптимізувальні фактори та рівні їх зміни наведено у табл. 4. За критерій оптимальності прийняли питомий об'єм готових виробів.

Таблиця 4 – Вихідні дані для проведення математичного моделювання

Рівні фактори	Позначення	Досліджувані фактори		
		Масова частка вологи тіста (x ₁), %	Кількість ІГБ (x ₂), %	Кількість цукру (x ₃), %
Нульовий рівень	X _i ⁰	36	7,0	5,0
Інтервал варіювання	λ _i	1	2,0	1,0
Верхній рівень	X _i ⁺	37	9,0	6,0
Нижній рівень	X _i ⁻	35	5,0	4,0

Провівши серію досліджень та провівши математико-статистичне опрацювання одержаних результатів, отримали математичну модель процесу:

$$Y = 194,8 + 39x_1 - 6,8x_2 + 18,3x_3$$

Відомо, що знаки і розмірність коефіцієнтів, які стоять у математичній моделі біля кожного з факторів, дають змогу оцінити ступінь і величину впливу на кінцевий показник якості. Як бачимо, і підвищення масової частки вологи в тісті, й внесення додаткової кількості цукру відіграють позитивну роль, однак вагомість вологості удвічі вища. Внесення ІГБ має негативний вплив (у матема-

тичній моделі стоїть знак «мінус»), що підтверджує одержані нами на попередніх етапах дослідження результати. Наступна оптимізація, здійснена за методом «крутого сходження», дала змогу встановити такі параметри процесу, що забезпечують найкращі показники якості готових виробів: дозування ІГБ – 5 %, кількість внесеного цукру – 7 %, масова частка вологи тіста – 37 %.

Оскільки метою роботи було підвищення харчової та біологічної цінності кінцевої продукції, розраховали ці показники для оптимізованого рецептурного складу хлібних паличок (табл. 5).

Таблиця 5 – Вміст основних харчових речовин та коефіцієнт утилізації білка розроблених виробів

Елемент хімічного складу виробу	Вміст у 100 г готових виробів		Відхилення від контролю, %
	Контроль	Палички з ІГБ	
Білки, г	8,58	10,1	+15,05
Жири, г	3,58	3,4	-5,03
Вуглеводи, г	58,67	53,05	-9,58
Енергетична цінність, кКал	302	284	-5,96
Коефіцієнт утилітарності білка, %	58,72	76,76	+23,5

Як бачимо, вміст білка зріс на 15 % з пропорційним зниженням сумарного вмісту жирів і вуглеводів. Енергетична цінність виробів при цьому практично не змінилася.

Хоча підвищення вмісту білка є порівняно незначним, однак слід врахувати і покращення його біологічної цінності, зумовлене збалансуванням амінокислотної формули білка. Розраховано, що коефіцієнт утилітарності білка збагачених хлібних паличок зростає на 23,5 %, що пояснюється підвищенням амінокислотного числа лізину до 92 %.

Одержані результати дають змогу стверджувати про доцільність використання ізоляту горохового білка для підвищення харчової та біологічної цінності хлібних паличок, розширення асортименту високобілкових хлібних виробів для різних груп населення. Комплексне вивчення впливу ІГБ на основні показ-

ники тіста, перебіг технологічного процесу та споживчі властивості готових виробів дав змогу встановити оптимальне дозування ІГБ на рівні 5 %, а також підібрати необхідну для забезпечення якості хлібних паличок масову частку вологи тіста – 37 %. Випуск цієї продукції не вимагає закупівлі нового обладнання чи суттєвих змін у ході технологічного процесу. Підвищення виходу виробів на 8 % за рахунок високої водопоглинальної здатності ІГБ дасть змогу частково компенсувати підвищення вартості готових виробів (зумовлене досить високою ціною обраної сировини), а значне покращення харчової та біологічної цінності розроблених хлібних паличок сприятиме їх привабливості для споживачів з підвищеними білковими потребами.

Літаратура

1. Зубар Н. М. Основи фізіології та гігієни харчування: Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2010. - 336 с. - ISBN 978-966-364-996-2
2. Pea Protein Isolate (from yellow peas) [Електронний ресурс] / NOW Foods. URL : <https://www.nowfoods.com/sports-nutrition/pea-protein-organic-powder> (дата звернення 22.03.2018)
3. Махинько, В. М. Розрахунок біологічної цінності харчових продуктів та раціонів за методикою PDCAAS / В. М. Махинько, І. О. Соколовська, Л. М. Черниш // Зернові продукти і комбікорми. – 2017. – Том 17. № 1. – С. 22-26.
4. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. – Rome : FAO, 2013 – 66 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf> (дата звернення 22.03.2018)
5. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: Руслана, 1998. — 416 с.
6. Грищенко, Т. В. Перспективность и особенности использования изолята горохового белка в хлебопечении / Т. В. Грищенко, Л. Н. Черныш, В. Н. Махинько // Мир науки и инноваций. – Иваново : Научный мир, 2015 – Вып. 2, Т. 4. - С. 46-49.

7. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навчальний посібник / за ред. чл.-кор. В.І. Дробот – К.: Кондор-Видавництво, 2015. – 958 с.

8. Вироби хлібобулочні палички хлібні. Технічні умови : ДСТУ-П 4584:2006. – [Введ. в дію 23.08.2006] – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 12 с. – (Національний стандарт України).

Хлебные изделия с повышенным содержанием белка

Махинько В.Н., канд. техн. наук, доцент

Сажина А.В., магистрант

Рыбалко С.А., студент

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

Для сбалансирования химического состава хлебных изделий необходимо обогащать их белком. Чтобы внесение белкового сырья не сказалось на потребительских характеристиках готовой продукции, а содержание белка в единице объема был как можно большим - целесообразно обогащать прежде всего хлебные изделия пониженной влажности. В работе изучена возможность повышения содержания белка в хлебных палочках за счет использования изолята горохового белка (ИГБ). На основе анализа изменений в ходе технологического процесса, изучения органолептических и физико-химических показателей готовой продукции и проведенной оптимизации установлена возможность внесения 5% ИГБ с одновременным повышением влажности теста до 37 %. Расчет химического состава и биологической ценности разработанных изделий подтвердил эффективность использования ИГБ для решения поставленной задачи – создания хлебных изделий с повышенным содержанием белка и необходимыми потребительскими свойствами.

Ключевые слова: *белок, аминокислота, изолят, горох, хлебные палочки, тесто, клейковина, качество.*