

Дослідження впливу кунжутного борошна на технологічні властивості тіста та якість хліба

О. А. Білик, Ю. В. Бондаренко, А. М. Грищенко, В. І. Дробот,
В. М. Ковбаса, В. В. Шутюк

Доведено, що за хімічним складом насіння кунжуту переважає пшеничне борошно за вмістом моно- та поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин, повноцінного за амінокислотним складом білка, харчових волокон та вітамінів. Для розширення асортименту хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями рекомендовано використовувати у рецептурі пшеничного хліба кунжутне борошно в кількості до 10 % до маси борошна. Встановлено, що у разі внесення кунжутного борошна розроблений виріб більшою мірою, ніж пшеничний хліб, покриває потребу організму в білках – в середньому на 7 % та забезпечує організм людини більшою на 15,5 % кількістю жирів, з переважаючим вмістом ненасичених жирних кислот, зокрема ω -6 та ω -9 – кислотами, та в мінеральних речовинах, зокрема кальції, магнії – на 26 та 30%.

Визначено закономірності впливу кунжутного борошна на формування структурно-механічних властивостей тіста. Встановлено, що внесення в тісто кунжутного борошна призводить до зниження кількості клейковини в тісті та її пружних властивостей, покращує пластичні властивості тіста, що зумовлює скорочення тривалості замішування тіста. Зважаючи на зниження питомого об'єму тіста з додаванням кунжутного борошна після 180 хв бродіння, рекомендовано, щоб тривалість бродіння тіста у разі його використання за безопарного способу тістоприготування не перевищувала 120 хв.

Встановлено, що внаслідок внесення 10 % кунжутного борошна готові вироби містять до 3 % жиру. Виходячи з цього, можна рекомендувати замінювати кунжутним борошном маргарин в діючих рецептурах хлібобулочних виробів, якого міститься до 3 %.

Доведено, що вироби з додаванням кунжутного борошна краще зберігають свіжість, що підтверджено зменшенням кришкуватості, збільшенням загальної деформації м'якушки та її гідрофільних властивостей, а також містять більше ароматичних сполук, ніж хліб з пшеничного борошна.

Ключові слова: пшеничний хліб, кунжутне борошно, черствіння, клейковина, структурно-механічні властивості тіста

1. Вступ

В щорічному статистичному звіті Глобальної обсерваторії охорони здоров'я ВООЗ відзначено, що в усьому світі в період з 2000 року зросли показники очікуваної тривалості життя [1]. Поряд з цим, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, в сучасних екологічних та соціально-економічних умовах стан здоров'я населення в усьому світі має тенденцію до погіршення і хара-

ктеризується збільшенням числа осіб, що страждають різними захворюваннями. Загальне число випадків смерті від неінфекційних захворювань зростає в зв'язку зі зростанням чисельності населення і його старінням [2]. Тому однією із задач ВООЗ є зменшення на третину до 2030 року передчасної смертності від неінфекційних захворювань за допомогою профілактики, лікування та підтримки здоров'я і благополуччя населення [3]. Одним із факторів, що впливає на формування «здорової» тривалості життя є харчування. В зв'язку з цим, значної актуальності набуває проблема забезпечення населення не лише повноцінними та здоровими харчовими продуктами, а й функціональними. Такі продукти містять інгредієнти, що підвищують опірність захворюванням, здатні регулювати фізіологічні процеси в організмі людини, дозволяючи їй довгий час зберігати активний спосіб життя.

У світовому масштабі постійно проводиться робота по створенню продуктів функціонального призначення, які мають як широкий спектр дії, так і вузьку спрямованість на конкретний орган, захворювання або категорію населення [4].

Одним з можливих шляхів поліпшення структури харчування населення нашої країни є використання у виробництві хлібобулочних виробів нетрадиційної сировини, харчових добавок, комплексних хлібопекарських поліпшувачів [5]. Ця сировина повинна містити значну кількість легкозасвоюваного білка, вітамінів, ненасичених жирних кислот, мінеральних речовин та харчових речовин.

Функціональні властивості хлібобулочних виробів можуть бути покращанні за рахунок включення до їх рецептури продуктів переробки саме олійних культур, зокрема кунжуту.

У зв'язку з цим актуально дослідити вплив подрібненого насіння кунжуту на якість пшеничного хліба з встановленням його оптимального дозування хліба для надання йому функціональних властивостей та забезпечення при цьому традиційної якості виробів.

У зв'язку з цим актуальним є проведення досліджень впливу подрібненого насіння кунжуту на якість пшеничного хліба з встановленням його оптимального дозування для надання хлібові функціональних властивостей та забезпечення при цьому традиційної якості виробів. Актуальним є також визначення закономірності формування структурно-механічних властивостей тіста та розробка рекомендації щодо параметрів технологічного процесу виготовлення хліба у разі використання кунжутного борошна, а також дослідження процесів черствіння хліба у разі дозування кунжутного борошна.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Кунжут культивується в світі як джерело олії та білка, вміст яких в насінні кунжуту досягає 58 % і 26 %, відповідно [6]. Білки насіння кунжуту характеризуються високою біологічною цінністю. Вони багаті метіоніном, і, особливо триптофаном. Однак білки кунжутного насіння лімітовані по лізину, хоча і в меншій мірі, ніж білки пшениці. За розчинністю в груповому складі білків насіння кунжуту переважають соле-, водо- та лугорозчинні [7].

Знежирене борошно з насіння кунжуту, яке отримують після віджимання олії, використовують для отримання ізолятів і концентратів білків кунжуту. Проведені дослідження щодо збагачення ними пшеничного хліба показали, що у разі додавання 16 % білкових продуктів з кунжутного насіння, показники якості хліба не погіршуються, а їх харчова цінність підвищується внаслідок збагачення амінокислотами, мінеральними речовинами, а також покращується перетравлюваність хліба [8]. Однак отримані білкові ізоляти і концентрати білків кунжуту звільнені від цінних поліненасичених жирних кислот, що містяться в насінні. Це не дозволяє в повній мірі забезпечити покращання харчової цінності хлібобулочних виробів у разі використання таких продуктів переробки кунжуту. Дослідження впливу білкових продуктів кунжуту на тваринах показали зниження в сироватці їх крові рівня холестерину, тригліцеридів і ліпопротеїдів [9]. Тому це може бути передумовою використання насіння кунжуту у виробництві хлібобулочних виробів спеціального призначення.

Олія насіння кунжуту за жирнокислотним складом відноситься до олеїново-лінолевого типу, в якій масова частка олеїнової кислоти становить 41–45 %, а лінолевої 42...44 % від суми жирних кислот. Довголанцюжкових жирних кислот і жирних кислот ω -3 кунжутна олія не містить. Споживання кунжутної олії сприяє зниженню всмоктування холестерину в лімфатичну систему тонкого кишківника [10, 11]. Експериментальними дослідженнями на тваринах було виявлено антиканцерогенний ефект кунжутної олії при хімічному канцерогенезі, а також інгібування росту клітин раку товстого кишечника людини в умовах *in vitro* [12]. Високий вміст в насінні кунжуту лінолевої кислоти та харчових волокон забезпечує його здатність знижувати рівень холестерину в плазмі крові людини [13, 14]. Дослідження стану здоров'я жінок віком від 50 до 70 років, які споживали протягом 5 тижнів по 50 г насіння кунжуту на добу, показало зниження рівня загального холестерину та покращання гормонального статусу жінок цього віку [15]. Ці дослідження надають актуальності використання насіння кунжуту для збагачення хлібобулочних виробів. Але в даних роботах не висвітлено технологію використання насіння кунжуту для збагачення харчових продуктів.

Позитивний вплив на організм кунжутної олії пов'язують з її антиоксидантними властивостями і особливістю жирнокислотного складу. Кападія та інші [16] пояснюють антиоксидантні властивості олії наявністю вітаміну Е і жиророзчинних лігнанів. В кунжутній олії відзначено переважання γ -токоферолу над іншими ізомерами вітаміну Е. При цьому лігнани насіння сприяють збереженню вітаміну Е, перешкоджаючи його окисненню. Представлені данні характеризують антиоксидантні властивості безпосередньо олії, а не їх зміну у разі її використання як складової харчових продуктів.

Лігнани складають до 1,5 % маси насіння кунжуту. Головними лігнанами насіння кунжуту є сезамін і сезамолін. Вміст лігнанів в насінні кунжуту навіть вище, ніж в насінні льону, яке вважається найбільш багатим їх джерелом. Лігнани насіння кунжуту під впливом мікрофлори кишечника перетворюються в ентеролактони, які мають естрогенну активність [17].

Антиоксидантні властивості насіння кунжуту та наявність в ньому біологічно-активних речовин сприяють уповільненню процесів старіння, що було підтверджено результатами дослідження тварин, в раціон яких було включено насіння кунжуту [18]. Отже, аналіз вищезазначених джерел вказує на його протиатеросклеротичний та антиканцерогенний потенціал. Для збагачення харчових продуктів складовими кунжуту доцільно використовувати ціле насіння. Адже продукти переробки кунжуту: олія, білкові продукти, шроти будуть забезпечувати покращання харчової та фізіологічної цінності продуктів лише в одному напрямку (білкової цінності або жирнокислотного складу).

Комбінація такого набору нутрієнтів надає кунжуту унікальні харчові властивості та визначає його перспективність для корегування хімічного складу хлібобулочних виробів з метою надання їм функціональних властивостей.

В європейських країнах насіння кунжуту широко використовують для оздоблення хлібобулочних виробів. Сьогодні насіння кунжуту активно включають до складу, збалансованих за вмістом основних нутрієнтів, мультизернових сумішей, які призначені для використання у хлібопекарському виробництві [19] та у преміксах для виготовлення різного асортименту хлібобулочних виробів (компанії «Scharfen Muhle» (Німеччина), Leipurin (Фінляндія), "Diamant" Австрія та ін.).

Використання в рецептурі хліба цілого насіння кунжуту зумовлює погіршення структурно-механічних властивостей тіста, зменшення об'єму виробів та прискоренню їх черствіння. Тому для збагачення пшеничного хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами насіння кунжуту було запропоновано використовувати його у подрібненому вигляді.

В роботі [20] запропоновано використовувати подрібнене насіння кунжуту у комбінації з насінням льону, кедрових горіхів, персикового пюре для виробництва здобного хліба підвищеної харчової цінності. Подрібнене насіння кунжуту запропоновано авторам цієї роботи використовувати у технології здобних сухарів. Однак визначені закономірності його впливу на якість виробів та перебіг технологічних процесів, напевно, матиме суттєві відмінності зумовлені відмінністю технології виробів тривалого зберігання та звичайного пшеничного хліба. Автори [21] передбачають використання подрібненого насіння кунжуту у рецептурі пшеничного хліба «Сезам», але основним фактором, що визначає якість цього виробу, є внесення поряд з кунжутним борошном в значній кількості сухої пшеничної клейковини. Цей фактор, по-перше, не дозволяє виявити вплив безпосередньо кунжутного борошна на якість виробів та технологічний процес. По-друге, додавання харчових добавок здорожчує вартість виробів. Тому доцільно провести дослідження щодо використання подрібненого насіння кунжуту для збагачення пшеничного хліба як самостійного інгредієнту.

Доцільно встановити оптимальне дозування подрібненого насіння кунжуту у рецептуру пшеничного хліба для максимально можливого внесення з ним фізіологічно-функціональних інгредієнтів та забезпечення традиційної якості виробів. Також дослідити вплив кунжутного борошна на якість клейковини, структурно-механічні характеристики тіста та процеси черствіння готових виробів.

3. Цілі та завдання дослідження

Метою даної роботи було обґрунтування доцільності використання подрібненого насіння кунжуту, в подальшому кунжутного борошна, для збагачення пшеничного хліба його фізіологічно-функціональними інгредієнтами та отримання виробів хорошої якості.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- встановити оптимальне дозування подрібненого насіння кунжуту для отримання виробів традиційної якості, збагачених фізіологічно-функціональними нутрієнтами;
- дослідити вплив кунжутного борошна на структурно-механічні властивості тіста та якість клейковини;
- вивчити вплив кунжутного борошна на процеси черствіння пшеничного хліба.

4. Матеріали і методи дослідження впливу кунжутного борошна на якість пшеничного хліба

4. 1. Досліджувані об'єкти і матеріали, що використовуються в експерименті

Хліб пшеничний виготовляли з пшеничного борошна першого сорту безопарним способом за рецептурою:

- борошно пшеничне першого сорту – 100 кг;
- дріжджі пресовані хлібопекарські – 3,0 кг;
- сіль кухонна харчова – 1,5 кг;

У дослідженнях використовували кунжутне борошно (КБ), яке отримували подрібненням насіння кунжуту на лабораторному млині. Крупність кунжутного борошна була близькою до крупності борошна пшеничного обойного.

Порівняльна оцінка хімічного складу насіння кунжуту [22] та борошна пшеничного першого сорту свідчить (табл. 1), що в ньому міститься в 1,7 рази більше білка, ніж у пшеничному борошні, жирів – в 36 разів, некрохмальних полісахаридів – в 1,6 рази.

Таблиця 1

Хімічний склад насіння кунжуту та пшеничного борошна першого сорту, %

Складові	Борошно пшеничне першого сорту	Насіння кунжуту
Білки, %	11,6	19,4
Вуглеводи, %	73,3	17,8
в тому числі харчові волокна, %	3,5	5,6
крохмаль, %	70,1	10,2
цукри, %	1,8	2,0
Жири, %	1,35	48,7
Зольність, %	0,7	4,8
Мінеральні речовини, мг/100 г	176	497

калій		
кальцій	26	1474
магній	49	540
фосфор	122	720
Вітаміни, мг/100 г тіамін (B ₁)	0,16	1,27
α-токоферол (E)	1,8	2,3
рибофлавін (B ₂)	0,08	0,36
ніацин (PP)	2,2	4,0
піридоксин (B ₆)	0,74	0,8

Білки насіння кунжуту багаті сірководневими амінокислотами - метіонін+цистин, які мають антиоксидантні властивості (їх амінокислотний скор становить 129, проти 72 у пшеничному борошні), ароматичними амінокислотами – фенілаланін+тирозин, які здатні покращувати діяльність нервової системи (їх амінокислотний скор – 138, проти 119 у пшеничному борошні) і особливо багаті триптофаном, вміст якого в білках кунжуту в 2,5 рази вище, ніж в білках пшеничного борошна (його амінокислотний скор – 155, проти 67 у пшеничному борошні) (табл. 2). Білки кунжутного насіння лімітовані по лізину, хоча і меншою мірою, ніж білки пшениці.

Олія насіння кунжуту складається на 13,5 % з насичених жирних кислот та 86,5 % з ненасичених жирних кислот: мононенасичених жирних кислот, які майже повністю представлені олеїновою кислотою та поліненасичених жирних кислот – лінолевою (табл. 3).

Кунжутне насіння містить вітаміни групи В (B₁, B₂, PP), а також вітамін Е і здатне доповнити пшеничне борошно ними, оскільки цих вітамінів в ньому міститься більше, ніж в пшеничному борошні.

Кунжутне насіння має значно більшу зольність, ніж пшеничне борошно – в 6,7 рази, що корелює з високим вмістом в ньому, порівняно з пшеничним борошном, калію – в 2,8 рази; магнію – в 11; фосфору – в 6,0 та кальцію – в 57.

Харчові властивості насіння кунжуту не обмежуються присутністю незамінних нутрієнтів, а визначаються також наявністю біологічно активних речовин, головним чином лігнанів.

Таблиця 2

Амінокислотний склад білків насіння кунжуту та пшеничного борошна

Амінокислота	Вміст незамінних амінокислот, г/100 г білка			Амінокислотний скор	
	Еталон білка (по ФАО/ВОЗ)	Білок кунжуту	Білок борошна пшеничного	Білок кунжуту	Білок борошна пшеничного
Незамінні амінокислоти					
Лізін	5,5	2,83	2,69	52	49
Треонін	4,0	3,96	2,54	99	64

Валін	5,0	4,58	2,55	92	51
Метіонін+цистин	3,5	2,88 1,65	1,32 1,22	129	72
Лейцин	7,0	6,89	6,03	98	86
Ізолейцин	4,0	4,02	2,52	101	63
Тиро- зин+Фенілаланін	6,0	3,71 4,58	2,63 4,70	138	119
Триптофан	1,0	1,55	0,67	155	67
Всього		36,65	26,87		

Таблиця 3
Жирнокислотний склад ліпідів, г

Назва жирних кислот	Насіння кунжуту
Вміст жиру в насінні – 48,7 %	
Насичені жирні кислоти	6,6 (13,5 %)
Пальмітинова	4,2
Стеаринова	2,1
Арахінова	0,1
Мононенасичені жирні кислоти	21,0 (43,1 %)
Пальмітолеїнова	0,1
Олеїнова (Омега-9)	20,9
Поліненасичені жирні кислоти	21,1 (43,4 %)
Лінолева (Омега-6)	21,1

Таким чином, кунжутне борошно за хімічним складом суттєво відрізняється від пшеничного борошна та сприятиме збагаченню хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами.

4. 2. Методи досліджень якості хліба пшеничного з кунжутним борошном

Для досліджень показників технологічного процесу, біохімічних, фізико-хімічних змін у тісті та якісних показників хліба проводили лабораторні випікання. Тісто готували безопарним способом з масовою часткою вологи тіста – 42 %. Перед замішуванням тіста кунжутне борошно змішували з пшеничним. Заміщували тісто в двошвидкісній тістомісильній машині. Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у термостаті при температурі (38 ± 2) °С і відносній вологості (78 ± 2) % до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 220...240 °С.

Газоутворювальну здатність напівфабрикатів визначали на приладі АГ-1М [23].

Пружньо-еластичні характеристики тіста вивчали на фаринографі фірми «Vbrabender» (Швеція) та альвеографі фірми «Chopin» (Франція). Показники, одержані за допомогою фаринографа, дозволяють поряд з характеристикою

структурно-механічних властивостей тіста визначити кількість води, необхідної для одержання тіста заданої консистенції. Якість хліба оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якушки) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах). Тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію після 48 год зберігання на пенетрометрі АП 4/1. Комплексний показник якості оцінювали за бальною оцінкою якості хлібобулочних виробів [23].

Ступінь черствіння виробів досліджували також за набуханням м'якушки хліба і його кришкуватістю. Чим черствіший хліб, тим менше набухає м'якушка. Ступінь черствіння виражають величиною питомого набухання в см³ набухлої маси на 1 г сухої речовини досліджуваного зразка [24].

Про вміст ароматичних речовин у хлібі робили висновок за кількістю бісульфітзв'язуючих сполук [24].

Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці, реалізованій за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

5. Результати досліджень якості пшеничного хліба з додаванням кунжутного борошна

Для оцінювання якості хліба з доданням кунжутного борошна (КБ) та його оптимального дозування проводили пробне лабораторне випікання.

Під час дослідження готували тісто з борошна першого сорту з внесенням 5; 10 та 15 % до маси борошна кунжутного борошна. Контролем був зразок без кунжутного борошна приготований за рецептурою наведеною вище. Тісто готували безопарним способом. Тривалість бродіння всіх зразків тіста становила 170 хв. Результати дослідження наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Показники технологічного процесу та якості виробів

Показник	Контроль	Внесено кунжутного борошна, % до маси борошна		
		5	10	15
Тісто				
Вологість тіста, %	42,5	41,8	41,7	42,0
Кислотність, град				
початкова	1,4	1,6	1,9	2,1
кінцева	2,1	2,3	2,6	2,8
Тривалість бродіння, хв	170			
Тривалість вистоювання, хв	55	50	45	43
Кількість виділеного діоксиду вуглецю під час	840	785	740	700

бродиння тіста та вистоювання тістових заготовок, см ³ /100 г тіста				
Хліб				
Стан поверхні	Гладка без тріщин і підривів			
Колір скоринки	Світлий		Світло-коричневий	
Колір м'якушки	Світлий		Світлий з ледь помітними включеннями кунжутного борошна	
Еластичність м'якушки	Еластична			Менш еластична
Смак та аромат	Властиві пшеничному хлібу	Властиві пшеничному хлібу з приємним горіховим ароматом та присмаком кунжуту		Властиві пшеничному хлібу з інтенсивним ароматом та присмаком кунжуту
Питомий об'єм, см ³ /г	2,86	2,80	2,73	2,64
Пористість, %	72	71	70	69
Кислотність, град	2,0	2,1	2,3	2,4
Формостійкість Н/Д	0,46	0,44	0,43	0,40

За результатами пробного лабораторного випікання встановлено, що у разі додавання кунжутного борошна початкова кислотність тіста порівняно з контролем підвищується на 0,2–0,7 град, що обумовлена наявністю в кунжуті жирних кислот. Проте інтенсифікації кислотонакопичення в процесі дозрівання тіста не спостерігалось.

У зразках тіста з додаванням кунжутного борошна спостерігалася менша, порівняно з контролем, інтенсивність бродіння, що підтверджено меншим виділенням CO₂ за період бродіння тіста і вистоювання тістових заготовок. Так, загальне газоутворення в зразках з 5 % кунжутного борошна зменшилося на 6,5 %, з 10,0 % – на 12,0 %, з 15 % – на 16,5 %.

Тривалість вистоювання тістових заготовок з кунжутним борошном скорочується, порівняно з контролем на 5–12 хв.

Готові вироби з внесенням КБ отримують з більш інтенсивно забарвленою, ніж в контролі, скоринкою. У разі додання 5 та 10 % до маси борошна подрібненого насіння кунжуту вироби мали рівномірну, тонкостінну пористість та еластичну м'якушку. Смак та аромат цих виробів був властивий пшеничному хлібу з приємним ніжним присмаком кунжуту. У разі дозування подрібненого кунжуту в кількості 15 % до маси борошна отримали вироби з менш еластичною м'якушкою та занадто вираженим смаком та запахом кунжуту.

Встановлено, що питомий об'єм готових виробів з внесенням борошна кунжуту знижується на 2,0, 4,5 та 7,5 % відповідно збільшенню дозування.

Формостійкість та пористість виробів знижується відповідно зі збільшенням дозування кунжутного борошна.

Комплексний показник якості виробів за органолептичними показниками показав, що дослідний зразок 96,6 балів проти 89 в контролі (табл. 5).

Таблиця 5

Органолептична оцінка виробів за 100-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнта вагомості показників якості

Показник	Коефіцієнт вагомості	Оцінка бали	Оцінка з урахуванням коефіцієнта вагомості	Оцінка бали	Оцінка з урахуванням коефіцієнта вагомості
		Хліб з пшеничного борошна 1 сорту		Хліб з додаванням 10 % КБ до маси борошна	
Об'єм хліба	0,15	5	0,75	4,8	0,75
Правильність форми	0,14	4,5	0,63	4,7	0,66
Колір скоринки	0,05	4	0,2	5	0,2
Стан поверхні	0,05	4,5	0,23	4,8	0,24
Колір м'якушки	0,06	5	0,3	5	0,3
Структура пористості	0,08	4,0	0,32	4,8	0,39
Еластичність м'якушки	0,12	4,0	0,48	4,7	0,57
Аромат	0,11	4	0,44	5	0,55
Смак	0,12	4,5	0,54	4,8	0,58
Розжовуваність м'якушки	0,12	4,7	0,56	5,0	0,6
Якість хліба за сукупністю всіх показників в перерахунку на 100 балів	□	□	89	□	96,6

Основним фактором, що визначає формування об'єму, пористості, структури м'якушки хлібобулочних виробів, а також поведінку тіста під час його оброблення, є структурно-механічні властивості тіста.

Хлібопекарське тісто має одночасно пружно-еластичні та в'язко-пластичні властивості, посідаючи проміжне місце між ідеально пружним тілом та істиною в'язкою рідиною.

Баланс між пружньо-еластичними і в'язко-пластичними характеристиками тіста і визначає його структурно-механічні властивості, зокрема, газоутримува-

льну здатність. Тому для з'ясування причин погіршення якості виробів з кунжутним борошном визначали здатність напівфабрикатів з кунжутним борошном утримувати діоксид вуглецю, тобто газотримувальну здатність.

Таблиця 6

Питомий об'єм тіста, $\text{см}^3/\text{г}$, $n=3$, $p \leq 0,95$

Тривалість бродіння, хв	Контроль	Внесено кунжутного борошна, % до маси борошна		
		5	10	15
0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	2,3	2,6	2,4	2,3
120	2,6	2,8	2,7	2,5
180	2,8	3,0	2,8	2,6
240	3,0	2,7	2,6	2,3

Встановлено (табл. 6), що у разі дозування 5 % КБ до маси борошна питомий об'єм тіста через 4 год ферментації був менший, ніж контрольного зразка на 10 %; 10,0 % – на 16,5 %, а 15 % – на 23,3 %. Це призводить до зменшення об'єму хліба та його пористості.

Однак аналіз зміни питомого об'єму тіста під час його бродіння показав, що через 60 хв бродіння питомий об'єм тіста з внесенням 5 та 10 % до маси борошна кунжутного борошна був більшим, ніж контрольного зразка. Покращання, порівняно з контролем, формоутримувальної здатності тіста з кунжутним борошном спостерігається також на 120 хв і 180 хв бродіння. У разі внесення кунжутного борошна в кількості 15 % до маси борошна, питомий об'єм тіста був таким, як в контролі, напевно, внаслідок підвищення пластичних властивостей тіста. Після 180 хв бродіння питомий об'єм всіх зразків тіста з кунжутним борошном знижується.

Під час проведення досліджень готували зразки тіста, в які додавали 10% КБ. Контролем слугував зразок, що не містить КБ.

Результати досліджень представлені в табл.7, 8, та рис. 1.

Таблиця 7

Структурно-механічні властивості тіста за фаринографом ($n=3$, $p \leq 0,95$)

Показники	Контроль без шроту	Внесено 10 % КБ
Консистенція, од. приладу	500	500
Водопоглинальна здатність, $\text{см}^3/100 \text{ г}$	61,1	61,4
Тривалість утворення, хв	6,5	4,5
Еластичність, од. приладу	70	60
Стабільність, хв	3,0	4,0
Розрідження протягом замісу, од. приладу	30	40

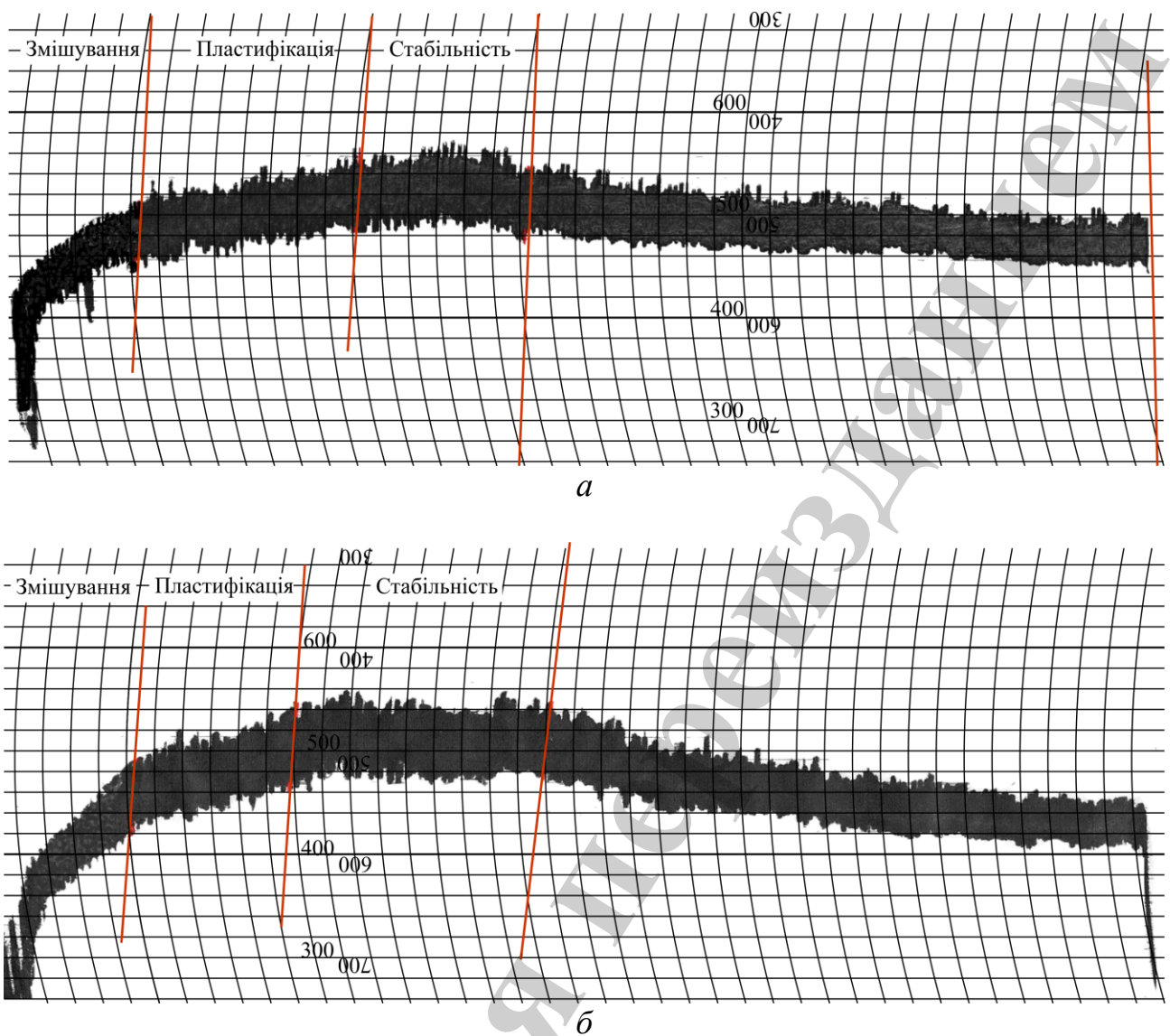


Рис. 1. Фаринограми тіста: *а* – Контроль (без внесення КБ);
б – з внесенням 10 % КБ до маси борошна

Таблиця 8

Вплив кунжутного борошна на пружно-еластичні властивості тіста (за альвеографом), $n=3$, $p \leq 0,95$

Показники	Контроль	Внесено КБ, % до маси борошна	
		5	10
Пружність, P , мм	60	49	38
Розтяжність, L , мм	50	55	49
P/L	1,2	0,89	0,77
Питома робота деформації, W , 10 о.а.	223	187	174

Результати досліджень структурно-механічних властивостей тіста, отримані на фаринографі, свідчать, що внесення кунжутного борошна не підвищує

водопоглинальну здатність, однак скорочує тривалість замішування тіста. При цьому потрібно відзначити, що період замішування тіста умовно можна поділити на 2 етапи: змішування інгредієнтів та пластифікація тіста. Тоді у випадку внесення кунжутного борошна тривалість змішування інгредієнтів була такою ж як у контролі, а пластифікації скорочувалася. Тісто з кунжутним борошном мало більшу стійкість, однак, в кінці замішування спостерігалось дещо більше розрідження тістової системи з внесенням кунжутного борошна, ніж контролю.

Дослідження, проведені на альвеографі, свідчать, що внесення КБ супроводжується зменшенням пружності тіста та питомої роботи деформації. Зразки з кунжутним борошном мали, порівняно з контролем, більшу розтяжність. Розтяжність тіста значною мірою залежить від його еластичності. Зважаючи на це можна передбачити кращу газоутримувальну здатність зразків тіста, що за альвеографом мали більший показник. Це підтверджує отримані результати щодо зміни питомого об'єму тіста у разі додання кунжутного борошна.

Для колоїдної системи якою є тісто характерні поряд з пружно-еластичними в'язко-пластичні властивості.

Основною властивістю жировмісної сировини є здатність пластифікувати структуру тіста. Механізм пластифікації полімерів полягає в порушенні молекулами пластифікатора частини міжмолекулярних зв'язків і взаємодії з ними відповідних груп полімерів. Це знижує сили взаємодії між білками. Активними пластифікаторами білків є жири.

Непрямим показником, за яким оцінюють зміни в'язкості, що відбуваються в тісті з додаванням кунжутного борошна, може бути розпливання кульки тіста під час бродіння, оскільки воно зумовлене зміщенням шарів тіста внаслідок зменшення внутрішнього тертя системи.

Результати досліджень розпливання кульки тіста після 3 год бродіння представлені на рис. 2., свідчать, що зі збільшенням додавання в тісто кунжутного борошна збільшується його розпливання, порівняно з контролем. Цьому сприяє високий вміст в кунжутному борошні жиру, що надає тісту більшої пластичності та зниження в'язкості тістової системи.

Так, при додаванні в тісто 5 % кунжутного борошна до маси борошна через 3 години ферментації діаметр кульки тіста порівняно з контролем був більшим на 4,5 %, 10,0 % – на 8,2; а 15 % – на 11,8 %.

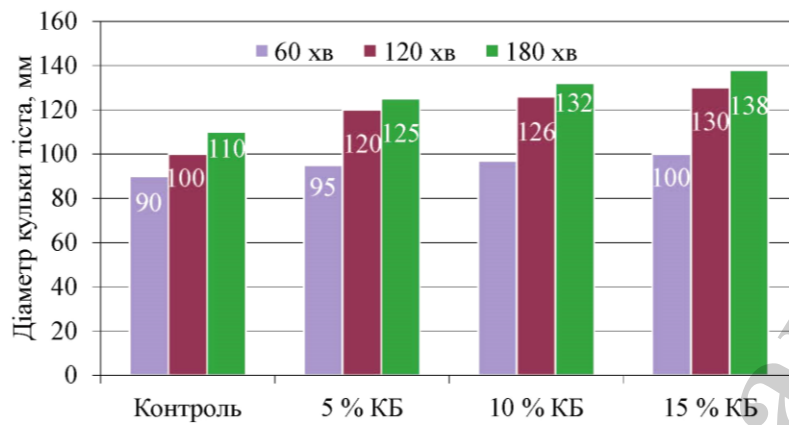


Рис. 2. Розпливання кульки тіста з додаванням кунжутного борошна

Найбільш інформативним показником, що характеризує стан білково-протеїназного комплексу тіста, є клейковина. Відомо, що гідратовані білки клейковини гліадін і глютенін утворюють в тісті неперервну губчато-сітчасту структуру – каркас тіста, який забезпечує його пружні та еластичні властивості, забезпечує утримування CO₂ під час бродіння, збереження форми тістових заготовок під час вистоювання та випікання.

Білки клейковини під час замішування тіста поглинають 31,2 % всієї води, що суттєво впливає на співвідношення твердої і рідкої фази в тісті. Зменшення кількості поглинутої білками води призводить до розрідження тіста. На поглинання білками клейковини води впливають рецептурні компоненти.

Встановлено (табл. 9), що порівняно з контролем, внесення кунжутного борошна знижує кількість сирової клейковини, її гідратаційну здатність, підвищує пружні властивості і знижує розтяжність.

Таблиця 9

Кількість та якість клейковини в тісті $n=3, p \leq 0,95$

Показник	Контроль	Внесено кунжутне борошно, % до маси борошна	
		5,0	10,0
Кількість, %	28,3	27,8	27,3
Розтяжність, см	11	10	9
Пружність, од.приладу ИДК	63	60	57
Гідратаційна здатність, %	192	187	182
Еластичність	хороша	хороша	хороша

Важливим показником споживчих властивостей готових виробів є їх свіжість хліба.

Свіжий хліб повинен мати хорошу пружність всього виробу, м'яккість та еластичність м'якушки, приємний смак та аромат. Однак ці показники зміню-

ються в процесі його зберігання і хліб втрачає привабливість для споживача. Під час зберігання відбувається усихання хліба і в першу чергу його скоринки і підскоринкових шарів м'якушки. Це надає виробу жорсткості. Поряд з усиханням відбувається процес старіння колоїдних систем м'якушки, крохмалю і білків, хліб черствіє.

Зміни еластичності м'якушки внаслідок черствіння, збільшення її кришкуватості та зменшення гідрофільних властивостей є основними показниками, за якими характеризують ступінь збереження хлібом свіжості протягом певного терміну його зберігання.

Черствіння хліба уповільнюється у разі внесення до його рецептури сировини або добавок з високими водопоглинаючими та водоутримуючими властивостями, поверхнево-активних речовин, жирів.

Оскільки кунжутне борошно багате жиром та білковими речовинами, тому відповідно його внесення буде здійснювати певний вплив на процеси черствіння виробів.

Під час проведення досліджень визначали структурно-механічні властивості м'якушки за пенетрометром АП-4/1, її кришкуватість та водопоглинальну здатність таких зразків хліба: контролю (без внесення кунжутного борошна), з 5 % кунжутного борошна до маси борошна та 10 % кунжутного борошна до маси борошна.

При дослідженні структурно-механічних властивостей м'якушки визначали загальну деформацію м'якушки. За зміною загальної деформації розраховували відсоток збереження виробами свіжості через 24 та 48 год.

Дослідження показали (табл. 10), що загальна деформація у зразках з внесенням кунжутного борошна була більшою, ніж в контролі. Це пояснюється покращанням еластичності м'якушки виробів за рахунок внесення жиру разом з кунжутним борошном. В процесі зберігання ці зразки через 24 год зберігання мали свіжість на 5 і 7 % кращу, ніж контрольний.

Таблиця 10

Показники деформації м'якушки хліба з КБ, $n=3$, $p \leq 0,95$

Показники	Контроль (без КБ)	Внесено КБ, % до маси борошна	
		5	10
Деформація м'якушки, од. приладу через 4 години:			
загальна	73	78	85
через 24 години:			
загальна	50	57	64
Ступінь збереження свіжості, % через 48 годин:	68	73	75
загальна	35	40	46
Ступінь збереження свіжості, %	48	51	54

Структурно-механічні властивості м'якушки зразків виробів з додаванням кунжутного борошна змінювались в процесі зберігання повільніше. Так, через 48 год зберігання загальна деформація контрольного зразка зменшилась на 52 %, тоді як зразків з кунжутним борошном – на 48 та 45 % відповідно.

Поряд з дослідженнями структурно-механічних властивостей м'якушки визначали зміни її кришкуватості при зберіганні хліба.

Результати досліджень наведені на рис. 3, свідчать, що вироби з внесенням кунжутного борошна меншу кришкуватість, ніж контроль. Через 24 год зберігання кришкуватість зразків з 5 та 10 % кунжутного борошна була меншою, ніж контролю на 9 % та 12 %, а через 48 год на 14 та 18 %.

Таким чином дані, що характеризують збереження виробами свіжості за кришкуватістю корелюють з даними, одержаними за пенетрометром.

Дослідження гідрофільних властивостей м'якушки хліба показали (табл. 11), що порівняно з контрольним зразком хліба з внесенням кунжутного борошна мали вищу водопоглинальну здатність в процесі зберігання, що свідчить про зменшення їх черствіння.



Рис. 3. Кришкуватість хліба в процесі зберігання

Таблиця 11

Гідрофільні властивості хліба, % на СР, $n=3$, $p \leq 0,95$

Тривалість зберігання, год	Контроль (без КБ)	Зразки хліба з внесенням кунжутного борошна, % до маси борошна	
		5	10
4	351	401	453
24	277	282	293
48	228	243	259

Під час зберігання хліба поряд з черствінням відбувається зменшення інтенсивності і виразності його аромату. Ароматичні речовини із скоринки част-

ково звiтрюються, а частково мiгрують до м'якушки i з часом адсорбуються на її складових, що призводить до втрати виробами аромату.

Визнаним методом дослідження аромату хліба є метод визначення вмісту в ньому карбонільних сполук, який базується на зв'язуванні альдегідів і кетонів бісульфітом натрію. У даній роботі цим методом визначали вміст бісульфітзв'язуючих речовин у зразку хліба, що містить 5 та 10 % кунжутного борошна. Контрольним був зразок хліба без додання кунжутного борошна.

В зразках виробів з додаванням кунжутного борошна порівняно з контрольним зразком скоринка була краще забарвлена і, як наслідок, в ній містилось більше бісульфітзв'язуючих речовин.

Дослідження показали (табл. 12), що в хлібі з 5 та 10 % кунжутного борошна до маси борошна через 4 год після випікання міститься більше ароматичних сполук, ніж в контролі. Так у скоринці дослідних зразків більше ароматичних сполук на 17 % та 23 % відповідно, в м'якушці – на 19 % та 26 % відповідно.

Це можна пояснити тим, що разом з кунжутним борошном в хліб додатково вносяться білкові речовини, які вступають у реакцію меланоїдиноутворення. Як скоринка, так і м'якушка виробів з кунжутним борошном, повільніше втрачали аромат в процесі зберігання.

Ці дані корелюють з органолептичним сприйняттям смаку і аромату виробів з кунжутним борошном. Смак їх був приємним, а запах яскраво виражений горіховий.

Таблиця 12

Вміст бісульфітзв'язуючих речовин, мг – екв/100 г хліба, $n=3$, $p \leq 0,95$

Показник	Контроль без КБ	Додання кунжутного борошна, % до маси борошна	
		5	10
В скоринці, через год:			
4	13,5	15,9	16,7
24	9,4	11,5	13,9
48	8,3	9,4	11,3
В м'якушці, через год:			
4	5,1	6,1	6,5
24	5,2	6,4	6,8
48	4,3	5,6	5,8

Аналіз даних (табл. 13) свiдчить, що вирiб з КБ в бiльшій мiрi, нiж контроль, забезпечує потреби органiзму у життєво необхідних речовинах.

Таблиця 13

Забезпечення добової потреби у поживних речовинах за умови вживання 277 г хліба

Складові	Добова потреба	Міститься у 277 г хліба		Покриття добової потреби, %	
		Хліб з борошна I сорту	Хліб з 10 % КБ до маси борошна	Хліб з борошна I сорту	Хліб з 10 % КБ до маси борошна
Білки, г	59	22,4	26,5	38	45
Незамінні амінокислоти, мг					
Валін	3500	576,2	750,7	16,5	21,4
Ізолейцин	3500	548,2	731,3	15,7	21
Лейцин	500	1357,3	1615	271	323
Лізін	4000	576	709	14,5	17,7
Метионін+Цистин	3000	576	750,7	19,2	25
Треонін	2500	567,8	731,2	22,7	29
Триптофан	1000	155	210,5	15,5	21
Фенілаланін+Тирозин	3000	1731	2038,7	57,7	68
Жири, г	60	2,6	11,9	4,3	19,8
у т.ч.: моно ненасичені жирні кислоти	–	0,2	4,3	–	–
поліненасичені жирні кислоти	11,0	1,08	5,2	9,8	47
Вуглеводи загальні, г	344	141	145	41	42
у т.ч. харчові волокна, г	25	6,7	7,8	26,8	31,2
Мінеральні речовини, мг					
Калій	3750	355	452	9,5	12
Кальцій	1100	61	346	5,5	31,5
Магній	350	96	199	27	57
Фосфор	1200	246	385	20,5	32
Вітаміни, мг					
Тіамін (В ₁)	1,3	0,33	0,58	25,4	44,5
Рибофлавін (В ₂)	16,0	0,16	0,25	1,0	1,6
Ніацин (РР)	16	4,5	5,3	28	33
Фолієва кислота	0,2	0,14	0,16	70	80
Токоферол (Е)	15	3,4	3,9	23	26
Енергетична цінність, ккал	2150	642	700	29,8	38,6

Виріб з додаванням КБ більшою мірою, ніж пшеничний хліб покриває потребу організму у незамінних амінокислотах та забезпечують організм більшою кількістю ненасичених жирних кислот, зокрема ω -6 та ω -9 – кислотами.

6. Обговорення результатів використання кунжутного борошна у рецептурі пшеничного хліба

Встановлено, що кунжутне борошно доцільно включати в рецептуру пшеничного хліба з борошна першого сорту в кількості до 10 % до маси борошна. У разі збільшення дозування, вироби набувають занадто вираженого неприємного присмаку та запаху кунжуту, м'якушка стає не еластичною.

Експертна оцінка показала, що внесення до рецептури хліба кунжутного борошна покращує форму, стан поверхні, колір скоринки та м'якушки, її еластичність, смак та аромат виробів. Це пояснюється тим, що жирові складові кунжутного борошна покращують еластичність м'якушки, сприяють формуванню тонкостінної пористості. Білкові складові кунжутного борошна вступають в реакцію меланоїдиноутворення та покращують колір скоринки. В сукупності це сприяло поліпшенню якості виробів, що підтверджує збільшення кількості балів на 7,6 одиниць.

Встановлено, що внаслідок внесення 10 % кунжутного борошна готові вироби містять до 3 % жиру. Виходячи з цього, можна рекомендувати замінювати в діючих рецептурах хлібобулочних виробів, що містять маргарин в кількості до 3 % кунжутним борошном. Адже вчені вважають, що заміна твердих жирів, багатих на насичені жирні кислоти і транс-ізомери жирних кислот, на олії, багаті на олеїнову або лінолеву кислоти, покращує профіль ліпопротеїдів щодо ризику коронарної хвороби серця. Отже, альтернативним варіантом стратегії покращання профілів ліпопротеїдів в крові і зниження ризику коронарної хвороби серця є зміна складу жирних кислот у жирових продуктах масового вживання [25].

У тісті з додаванням кунжутного борошна відзначено зниження інтенсивності бродіння, ніж в контролі, що напевне зумовлено з погіршенням бродильної активності дріжджів. Причиною цього може бути менший доступ поживних речовин до дріжджової клітини внаслідок її огортання жиром кунжутного борошна.

Встановлено, що питомий об'єм, формостійкість та пористість виробів знижується відповідно зі збільшенням дозування кунжутного борошна. Причиною цього може бути не лише зниження інтенсивності бродіння дослідних зразків тіста, але й зниження їх газотримувальної здатності. Однак аналіз зміни питомого об'єму тіста у разі дозування 5 та 10 % до маси борошна кунжутного борошна показав покращання, порівняно з контролем, формотримувальної здатності дослідних зразків тіста на 60, 120 хв та 180 хв бродіння. Це напевно пов'язано з тим, що в процесі приготування тіста ліпіди кунжуту утворюють з білком борошна ліпопротеїнові комплекси, а жир при цьому розподіляється вздовж клейковинних плівок, заповнюючи собою мікропори. Це сприяє покращанню газотримувальної здатності тіста та його структурно-механічних властивостей.

Зниження питомого об'єму всіх зразків тіста з кунжутним борошном після 180 хв бродіння, напевно, пов'язано з тим, що внесення ліпідів з кунжутним борошном зумовлює більше, ніж в контролі, зниження в'язкості тістової системи. Тому у випадку випікання виробів за традиційного безопарного способу, отримали вироби меншого об'єму за рахунок того, що етап вистоювання та випікання припали на період погіршення здатності тіста утримувати діоксид вуглецю. Тому у разі використання кунжутного борошна можна рекомендувати тривалість бродіння тіста не більше 120 хв.

Результати аналізу фаринограм показали, що у випадку внесення кунжутного борошна тривалість пластифікації тіста скорочувалася за рахунок покращання пластичних властивостей тіста внаслідок розподілення жиру між клейковинними плівками тістової системи. Тісто набувало більшої стійкості, напевно внаслідок утворення комплексів жирів кунжутного борошна з білками пшеничного борошна.

Жири, які потрапляють з кунжутним борошном в тісто, частково зв'язуються з білками борошна, утворюючи комплекси. Однак, основна частка ліпідів, потрапляючи в гідрофільну структуру тіста, блокують полярні групи білків перешкоджаючи цим їх взаємодії з водою. Тому у разі внесення кунжутного борошна знижується гідратаційна здатність цих зразків тіста, порівняно з контролем. Це також є причиною зменшення кількості клейковини у тісті. Так, з тіста з 5 та 10 % кунжутного борошна, порівняно з контролем, відмивається менше клейковини на 2 та 3,7 %, відповідно.

Ліпіди кунжутного борошна представлені переважно ненасиченими жирними кислотами, тому активно беруть участь в окисних процесах і здійснюють відповідний вплив на структуру білків тіста. Внаслідок цього клейковина тіста у разі внесення кунжутного борошна набуває більшої пружності, ніж у контрольному зразку, про що свідчать дані пружності отримані на ИДК.

Додавання кунжутного борошна в рецептуру пшеничного хліба зумовлює подовження його свіжості, що, напевне, зумовлено тим, що жир кунжутного борошна адсорбується на поверхні крохмальних зерен гідрофобною частиною молекули, внаслідок цього збільшується кількість гідрофільних частин. Це в свою чергу зумовлює зниження зчеплення між зернами крохмалю. Жир порушує неперервну структуру клейковини і крохмалю і запобігає утворенню твердої та міцної маси. Жири, сповільнюючи процес старіння крохмального клейстеру, роблять процес черствіння менш помітним. Їх внесення також зумовлює зниження вмісту вологи, осмотично зв'язаної з крохмалем. Це явище пояснюється утворенням комплексу з крохмалю і жирів, що перешкоджає проникненню води в мікропорожнини крохмальних зерен.

Виріб з додаванням КБ більшою мірою, ніж пшеничний хліб покриває потребу організму в білках – в середньому на 7 %, а т.ч.у незамінних амінокислотах та забезпечує організм більшою кількістю жирів на 15,5 %, з переважаючим вмістом ненасичених жирних кислот, зокрема ω -6 та ω -9 – кислотами, та в мінеральних речовинах, зокрема кальції, магнії – на 26 та 30%. Тому виріб з КБ здатен поповнити організм фізіологічно-функціональними інгредієнтами і може бути віднесений до виробів з оздоровчими властивостями.

Проте залишається не з'ясованим ступінь перетравлення білків виробів, збагачених кунжутним борошном. Також доцільним є проведення досліджень щодо впливу різної крупності кунжутного борошна на якість виробів.

Перспективно в подальшому провести дослідження щодо встановлення технологічних заходів без застосування харчових добавок для покращання якості готових виробів, збагачених кунжутним борошном дослідженнях. Це пов'язано з погіршенням якості готових виробів, а саме зменшення питомого об'єму, у разі використання подрібненого насіння кунжуту, порівняно з контролем.

7. Висновки

1. Встановлено, що кунжутне борошно доцільно включати в рецептуру пшеничного хліба в кількості до 10 % до маси борошна. Виріб з додаванням кунжутного борошна більшою мірою, ніж пшеничний хліб покриває потребу організму в білках – в середньому на 7 %, в т.ч.у незамінних амінокислотах та забезпечують організм більшою кількістю жирів на 15,5 %, з переважаючим вмістом ненасичених жирних кислот, зокрема ω -6 та ω -9 – кислотами, та в мінеральних речовинах, зокрема кальції, магнії – на 26 та 30 %.

2. Встановлено, що внесення в тісто кунжутного борошна призводить до зниження кількості клейковини в тісті та її пружних властивостей. У зразках тіста з додаванням кунжутного борошна покращуються пластичні властивості, що зумовлює скорочення замішування тіста. Зважаючи на зниження питомого об'єму тіста з додаванням кунжутного борошна після 180 хв бродіння, рекомендовано, щоб тривалість бродіння тіста за безопарного способу тісто приготування не перевищувала 120 хв.

3. Встановлено, що вироби з додаванням кунжутного борошна краще зберігають свіжість, що підтверджено зменшенням кришкуватості, збільшенням загальної деформації м'якушки та її гідрофільних властивостей, а також містять більше ароматичних сполук, ніж хліб з пшеничного борошна.

Література

1. Всемирная статистика здравоохранения 2016: мониторинг здоровья для ГРП, цели устойчивого развития. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2016. 121 с.

2. Доклад о состоянии здравоохранения в Европе 2012: Курс на благополучие. ВООЗ Европейское региональное бюро, 2013. 168 с.

3. Выпуск новостей ВООЗ. URL: <http://www.who.int/ru/news-room/detail/>

4. Сердюк А. М., Полька Н. С., Гуліч М. П. Профілактика неінфекційних захворювань, що пов'язані зі способом життя, особливостями харчування та фізичною активністю – вагомий напрям національної стратегії охорони здоров'я населення України // Журнал АМН України. 2010. Т. 16, № 2. С. 299–306.

5. Research into efficiency of using the complex baking improver "Svizhist" in order to prolong freshness of bran crispbreads / Bilyk O., Drobot V., Bondarenko Y., Halikova E. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 3, Issue 11 (87). P. 4–10. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103860

6. Щербаков В. Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.

7. Альван Амин, Минакова А. Д., Щербаков В. Г. Особенности белкового комплекса кунжута // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1998. № 4. С. 92–93.

8. El-Adawy T. A. Effect of sesame seed proteins supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread // Plant Foods for Human Nutrition. 1995. Vol. 48, Issue 4. P. 311–326. doi: 10.1007/bf01088490

9. Sen M., Bhattacharyya D. K. Nutritional Quality of Sesame Seed Protein Fraction Extracted with Isopropanol // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. Vol. 49, Issue 5. P. 2641–2646. doi: 10.1021/jf001004q

10. Inhibition of Atherosclerosis in Low-Density Lipoprotein Receptor-Negative Mice by Sesame Oil / Bhaskaran S., Santanam N., Penumetcha M., Parthasarathy S. // Journal of Medicinal Food. 2006. Vol. 9, Issue 4. P. 487–490. doi: 10.1089/jmf.2006.9.487

11. Coconut Oil and Sesame Oil Affect Lymphatic Absorption of Cholesterol and Fatty Acids in Rats / Satchithanandam S., Reicks M., Calvert R. J., Cassidy M. M., Kritchevsky D. // The Journal of Nutrition. 1993. Vol. 123, Issue 11. P. 1852–1858. doi: 10.1093/jn/123.11.1852

12. Salerno J. W., Smith D. E. The use of sesame oil and other vegetable oils in the inhibition of human colon cancer growth in vitro // Anticancer Res. 1991. Vol. 11, Issue 1. P. 209–215.

13. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis / Brown L., Rosner B., Willett W. W., Sacks F. M. // The American Journal of Clinical Nutrition. 1999. Vol. 69, Issue 1. P. 30–42. doi: 10.1093/ajcn/69.1.30

14. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials / Mensink R. P., Zock P. L., Kester A. D., Katan M. B. // The American Journal of Clinical Nutrition. 2003. Vol. 77, Issue 5. P. 1146–1155. doi: 10.1093/ajcn/77.5.1146

15. Sesame Ingestion Affects Sex Hormones, Antioxidant Status, and Blood Lipids in Postmenopausal Women / Wu W.-H., Kang Y.-P., Wang N.-H., Jou H.-J., Wang T.-A. // The Journal of Nutrition. 2006. Vol. 136, Issue 5. P. 1270–1275. doi: 10.1093/jn/136.5.1270

16. Chemopreventive effect of resveratrol, sesamol, sesame oil and sunflower oil in the epstein-barr virus early antigen activation assay and the mouse skin two-stage carcinogenesis / Kapadia G. J., Azuine M. A., Tokuda H., Takasaki M., Mukainaka T., Konoshima T., Nishino H. // Pharmacological Research. 2002. Vol. 45, Issue 6. P. 499–505. doi: 10.1006/phrs.2002.0992

17. Dietary Sesamin Is Converted to Enterolactone in Humans / Peñalvo J. L., Heinonen S.-M., Aura A.-M., Adlercreutz H. // The Journal of Nutrition. 2005. Vol. 135, Issue 5. P. 1056–1062. doi: 10.1093/jn/135.5.1056

18. Namiki M. The chemistry and physiological functions of sesame // Food Reviews International. 1995. Vol. 11, Issue 2. P. 281–329. doi: 10.1080/87559129509541043

19. Макарова О. В., Иванова А. С., Соколова Н. Ю. Трехкомпонентные смеси в технологии зернового хлеба // Зернові продукти і комбікорми. 2016. Т. 64, № 4. С. 4–9. doi: 10.15673/gpmf.v64i4.259

20. Остробородова С. Н. Хлеб «Восторг» – продукт функционального назначения // Успехи современного естествознания. 2007. № 11. С. 68–69.

21. Остробородова С. Н. Разработка технологии хлеба с применением семян кунжута // Материалы II Всероссийской конференции студентов и аспирантов «Пищевые продукты и здоровье человека». Кемерово: КемТИПП, 2009. С. 53–54.

22. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

23. Лебеденко Т. Є., Пшенишнюк Г. Ф., Соколова Н. Ю. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум: навч. пос. Одеса: «Освіта України», 2014. 392 с.

24. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. пос. / за ред. В. І. Дробот. К.: НУХТ, 2015. 902 с.

25. Смоляр В. І. Аліментарні ефектори ліпідного обміну // Проблеми харчування. 2003. № 1. С. 8–14.