

ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА ДОБАВКИ

УДК 664.654:664.641.4:644.644

ВПЛИВ БОРОШНА З БУЛЬБ ЧУФИ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСІВ ДОЗРІВАННЯ ТІСТА ТА ЯКІСТЬ ХЛІБА ПШЕНИЧНОГО

С.Г. Олійник, Г.В. Степанькова, С.В. Недвіга, В.Р. Юдіна

Доведено, що в разі внесення 10...20% борошна з бульб чуфи замість пшеничного прискорюється газо- та кислотоутворення в тісті, що дозволяє скоротити тривалість його дозрівання на 11,0...17,0%. Тісто з добавкою більше розпливається, проте характеризується меншою міцністю адгезії. Для отримання хліба з високими органолептичними та фізико-хімічними властивостями рекомендовано використовувати не більше 15% борошна з бульб чуфи.

Ключові слова: борошно з бульб чуфи, газоутворення, титрована кислотність, пористість, питомий об'єм.

IMPACT OF CHUFA FLOUR ON DOUGH MATURATION PROCESSES AND QUALITY OF WHEAT BREAD

S. Oliinyk, G. Stepankova, S. Nedviga, V. Yudina

The effects of partial substitution of wheat flour with chufa flour at levels of 10...20% on dough maturation processes, its structural and mechanical properties, and the quality of the bread are investigated. Replacing wheat flour with chufa flour leads to the intensification of the microbiological processes of dough maturation, namely, the acceleration of alcoholic and lactic acid fermentation. This manifested in an increase in the amount of released carbon dioxide by 14,0...33,0%, and the titrated acidity of the dough by 12,1...27,3%. The intensification of microbiological processes allows for a reduction in dough maturation time by 11,0...17,0%. Acceleration of alcoholic and lactic acid fermentation in the dough occurs due to the activation of yeast and lactic acid bacteria in the presence of mono- and disaccharides, vitamins, and minerals added to the dough with chufa flour. At the same time, replacing part of the wheat flour with an additive increases dough spreadability and reduces adhesion strength.

Organoleptic analysis data of baked products indicate that with an increased dosage of chufa flour, the bread crust develops a more intense coloration compared to the control sample. This is due to the higher content of mono- and disaccharides in the test samples, which participate in Maillard reactions and sugar caramelization during baking. The bread with the additive had a pronounced sweet taste and an almond aroma. The addition of 20% chufa flour led to the appearance of crunchiness of the additive during chewing. Bread samples containing up to 15% additive have

high porosity, specific volume, and dimensional stability, and the addition of 20% chufa flour leads to a significant decrease in these parameters compared to the control sample.

Keywords: *chufa flour, gas formation, titrated acidity, porosity, specific volume.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Хлібобулочні виробниці відіграють важливу соціальну роль у житті суспільства, оскільки щоденно споживаються усіма верствами населення, незалежно від статі, віку та рівня доходів. Згідно з аналітичними даними консалтингової компанії Pro-Consulting, третину ринку хлібобулочних виробів в Україні складає хліб [1]. Разом з тим, хліб, особливо з пшеничного сортового борошна, характеризується невисоким вмістом харчових волокон, багатьох вітамінів, мінеральних та інших біологічно активних речовин. Значною мірою це зумовлено видаленням під час виробництва борошна багатих на есенціальні нутрієнти анатомічних частин зерна. Ефективним шляхом покращення нутрієнтного складу хліба є застосування у якості рецептурних компонентів нетрадиційних видів рослинної сировини з високою харчовою цінністю. Перспективною сировиною для збагачення хліба фізіологічно-функціональними інгредієнтами є борошно з бульб чуфи (*Cyperus esculentus*), що зумовлено високим вмістом в ньому моно- і поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів [2, 3]. На сьогодні накопичено значний досвід застосування у технологіях хліба нетрадиційних видів борошна.

Установлено, що часткова заміна пшеничного борошна на лляне, гречане, кукурудзяне та інші види борошна [4–7] не тільки сприяє підвищенню харчової цінності хліба, але й по різному впливає на інтенсивність та спрямованість процесів, що відбуваються під час його приготування і зумовлюють якість продукту.

З огляду на вищезазначене, під час розробки технології хліба з використанням борошна з бульб чуфи значної уваги необхідно приділити вивченню його впливу на формування якості виробів на всіх етапах технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чуфа (*Cyperus esculentus* L.) – багаторічна трав'яниста рослина родини осокових (*Cyperaceae*), плодами якої є дрібні, горіхоподібні солодкі бульби з мигдалевим смаком та ароматом. Батьківщиною чуфи вважають Північну Африку та Середземномор'я, а нині вона вирощується в різних країнах світу під назвами «тигровий горіх», «земляний мигдаль», «смикавець їстівний» [2, 8–10]. В Україні чуфа активно культивувалася ще в 30-х роках ХХ століття [11] і сьогодні, після забуття, її

культивування тільки відроджується [12]. Сьогодні найбільшим експортером чуфи та продуктів її переробки в світі вважається Іспанія [13].

Аналітичний огляд наукових даних вітчизняних і закордонних вчених показав, що бульби чуфи в залежності від сорту та регіону вирощування можуть містити 17...28% жирів, серед яких вміст ненасичених жирних кислот складає до 75...83%. Основними представниками ненасичених жирних кислот є олеїнова (до 70%) та лінолева (до 8,3%) жирні кислоти. Вміст вуглеводів у бульбах чуфи складає 40,0...68,0%, серед них 11,0...20,0% моно- та дисахаридів, 20,0...30,0% крохмалю, 11,0...13,0% харчових волокон [8–10]. У бульбах чуфи невисокий вміст білка (7,0...8,0 г/100 г), в якому, за даними науковців, міститься 8 незамінних та 9 замінних амінокислот. Серед незамінних амінокислот присутній фенілаланін (290 мг / 100 г білку), лізин та лейцин (по 200 мг/ 100г білку), валін (150 мг / 100 г білку), тирозин (140 мг / 100 г білку) [10]. Бульби чуфи містять вітаміни E, B₉, C, D, P, а також мінеральні речовини натрій, фосфор, калій, магній, залізо цинк тощо [8–10].

Чуфа є майже безвідходною культурою, завдяки багатому хімічному складу продукти її переробки знаходять застосування в різних галузях харчової промисловості. Із бульб чуфи виготовляють сурогат кави, тонізуючий напій «оршад» [2, 14], ферментовані напої [15], молочно-рослинні десерти [16], морозиво [17], додають у м'ясні продукти.

Одним з основних продуктів переробки чуфи є борошно, що містить в собі практично всі морфологічні складові бульб. Завдяки своєму унікальному солодкувато-горіховому смаку борошно з бульб чуфи, особливо виготовлене із жовтого її різновиду [3], знайшло широке застосування у кондитерській галузі як замітник горіха. Борошно з бульб чуфи використовують для виробництва горіхових мас, а також у технології печива [18], макарунсів [19], тістечок [20]. У технології макаронних виробів борошно з бульб чуфи рекомендовано застосовувати у кількості 10...30% від маси пшеничного борошна [21]. Також ББЧ знайшло застосування у технології макаронних виробів або у кількості 50% разом із нутовим борошном [22].

У роботах [23, 24] доведено можливість виготовлення безглютенового хліба з використанням борошна з бульб чуфи у суміші з рисовим або нутовим борошном. Автори [24] рекомендують зменшувати рецептурну кількість шортенінгу в тісті за рахунок високого вмісту жиру в борошні з бульб чуфи.

У роботах [25–27] обґрунтовано доцільність застосування борошна з бульб чуфи у технології хліба пшеничного. Зокрема, автори [25] відмічають, що заміна пшеничного борошна на 10, 20 і 30% ББЧ сприяє збільшенню вмісту жирів, харчових волокон, а також таких фенольних речовин як катехинів, ферулової та коричної кислот, рутину. У роботі [26] також встановлено підвищення харчової цінності хліба за рахунок заміни 10...50% пшеничного борошна на борошно з бульб чуфи. Разом з тим, спостерігається зниження об'єму хліба, що дослідники пов'язують зі зменшенням пружності та еластичності тіста з добавкою. Результати вивчення сенсорних характеристик і питомого об'єму різних сортів хліба з додаванням 5...30% борошна з бульб чуфи взамін пшеничного показали зниження питомого об'єму всіх зразків виробів, проте сенсорні характеристики варіювалися залежно від виду хліба [27].

Таким чином, результати аналізу літературних джерел щодо застосування борошна з бульб чуфи в технології хліба свідчать, що більшість досліджень присвячені вивченню впливу його різних дозувань на харчову цінність та показники якості випеченого хліба. Нами не знайдено системних даних щодо перебігу процесів дозрівання тіста за додавання борошна з бульб чуфи, розуміння яких дозволяє корегувати технологічні параметри виробництва хліба для забезпечення його якості.

Метою статті є дослідження впливу борошна з бульб чуфи на процеси, що відбуваються під час дозрівання тіста та якість хліба з пшеничного борошна.

Для досягнення поставленої мети визначали:

- перебіг мікробіологічних процесів дозрівання тіста з додаванням борошна з бульб чуфи за показниками газо- та кислотоутворення в ньому;
- вплив борошна з бульб чуфи на структурно-механічні властивості тіста за зміною розпливання його кульки та міцності адгезії;
- вплив борошна з бульб чуфи на фізико-хімічні та органолептичні показники якості хліба.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженнях використовували борошно з бульб чуфи (ТУ У 10.9-2866908921-001:2022, виробник JB Natural Foods, S. L., Іспанія) (рис. 1), борошно пшеничне вищого сорту (ГСТУ 46.004-99, виробник ДП Новопокровський комбінат хлібопродуктів, Україна), дріжджі хлібопекарські пресовані (ДСТУ 4812-2007, виробник ТОВ «ВАЛЕКС», Україна), сіль кухонну (ДСТУ 3583-2015, виробник ДП «Солевиварювальний Дрогобицький завод», Україна), воду питну (ДСТУ 7525:2014).



Рис. 1. Борошно з бульб чуфи

Дані щодо фізико-хімічних і органолептичних показників якості борошна з бульб чуфи наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні та органолептичні показники якості борошна з бульб чуфи

Показник	Значення показника
Титрована кислотність, град	4,8
Масова частка вологи, %	12,0
Зовнішній вигляд	грубодисперсний сухий порошкоподібний продукт
Колір	світло-кремовий
Смак	солодкуватий, горіховий
Запах	горіховий
Гранулометричний склад, % >250 мкм	73,5±0,5

Дані хімічного складу борошна з бульб чуфи наведено в табл. 2.

Приготування зразків тіста та хліба

Контрольний зразок тіста замішували до однорідної маси у тістомісильній машині KitchenAid із пшеничного борошна вищого сорту, 3% хлібопекарських пресованих дріжджів, 1,5% солі кухонної і води. Вологість тіста становила 43,5%. Під час приготування дослідних зразків 10, 15 і 20% пшеничного борошна замінювали на відповідну кількість борошна з бульб чуфи.

Дозрівання всіх зразків тіста проводили за температури 30 ± 2 °C, тривалість дозрівання визначали за кривою швидкості газоутворення (рис. 1а). Далі формували тістові заготовки, які піддавали вистоюванню за температури 36 ± 2 °C та відносної вологості $80 \pm 5\%$, потім випікали за температури 210 ± 10 °C протягом 25 ± 2 хв.

Таблиця 2

Вміст поживних і біологічно активних речовин у борошні з бульб чуфи

Найменування речовини	Масова частка речовини
Білки, г	7,0±0,4
Жири, г	28,3±1,4
Вуглеводи, г	43,0±2,2
у т. ч. моно- та дицукриди	13,3±0,7
крохмаль	25,0±1,2
харчові волокна:	11,7±0,6
Вітаміни:	
Е, мг	10,0±0,5
В ₉	141,0±7,0
С	4,59±0,20
D	0,41±0,02
Мінеральні речовини, мг:	
Натрій	79,0±3,95
Калій	458,0±22,5
Кальцій	70,0±3,0
Магній	87,0±4,3
Фосфор	28,0±1,4
Залізо	5,8±0,16
Цинк	4,0±0,2

Методи досліджень мікробіологічних і структурно-механічних властивостей тіста

Газоутворювальну здатність тіста визначали волюмометричним методом на приладі Яго-Островського за загальною кількістю виділеного CO₂ під час бродіння за методикою [28].

Титровану кислотність напівфабрикатів визначали стандартним титриметричним методом [29]. Розпливання кульки тіста визначали протягом 180 хв ферментації за методикою [28].

Міцність адгезії дріжджового тіста визначали за калібрувальним графіком залежності зусилля відриву $F_{\text{від}}$ від розтяжності пружини L (см) [30]. Час взаємодії тіста з контактуючою пластинною адгезіометра, що виготовлено із сталі марки Ст3 Rz30, був сталою величиною і складав 30 с, температура тіста становила 20°C, напруга контактування також була постійною. Зусилля відриву розраховували за силою відриву, віднесеної до одиниці площі контакту (S_k) за проміжок часу,

необхідного для порушення зв'язку між тістом і твердою площиною за формулою:

$$F_{\text{від}} = \frac{m \cdot g}{S_k}, [F_{\text{від}}] = \frac{H}{\text{м}^2} = \text{Па}, \quad (1)$$

де S_k – площа контакту, 16 см².

Методи оцінки якості хліба

Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості визначали після повного остигання зразків хліба.

Органолептичні показники якості хліба (зовнішній вигляд, колір і стан скоринки, стан м'якушки, смак, запах) визначали за загальноприйнятими методиками шляхом оцінювання форми та поверхні виробів, кольору їх скоринки та м'якушки, стану пористості та еластичності виробів, а також проводили оцінку смаку та запаху хліба [28].

Фізико-хімічні показники якості виробів, такі як вологість, титровану кислотність, пористість, питомий об'єм визначали за стандартними методиками згідно з ДСТУ 7045:2009. Формостійкість виробів визначали шляхом розрахунку відношення висоти до діаметру подового хліба (H/D) [28].

Статистична обробка

Експериментальні дані обробляли з використанням електронних таблиць MS Office Excel. Результати досліджень розраховували як середнє не менше ніж трьох повторностей. Статистичну значущість отриманих результатів визначали за $p < 0,05$. Дані в таблицях представляють середнє значення показника \pm стандартне відхилення.

Результати досліджень та їх обговорення

Під час дозрівання тіста одночасно відбуваються складні мікробіологічні, біохімічні, колоїдні та фізико-хімічні процеси, взаємний вплив, інтенсивність і спрямованість яких значною мірою зумовлюють якість готового хліба [31]. Зокрема, інтенсивність спиртового бродіння, здатність тіста утримувати діоксид вуглецю впливають на розпушеність, об'єм та структуру хліба. Молочна та інші органічні кислоти, що утворюються у результаті молочнокислого бродіння, відіграють важливу роль у створенні сприятливих умов для біохімічних процесів, активності бродильної мікрофлори, смако-ароматичних властивостей виробів. У цьому зв'язку досліджували вплив борошна з бульб чуфи (ББЧ) на газоутворення та кислотоутворення в тісті, а також на зміну його розпливання та адгезію.

Результати визначення інтенсивності накопичення діоксиду вуглецю у присутності борошна з бульб чуфи представлені на рис. 2 а, б. Додавання ББЧ впливає на газоутворювальну здатність тіста, про що свідчать наведені на рис. 1а експериментальні дані. Загальна кількість виділеного за період експерименту CO₂ у зразках з 10...20%

ББЧ була на 14,0...33,0% вище, ніж у контрольному, що пояснюється прискоренням газоутворення в них (рис. 2б). На даному рисунку, що демонструє кінетику накопичення в тісті CO_2 , наявні два екстремуми. Поява першого екстремуму свідчить про настання дефіциту в тісті легкодоступних цукрів, які асимілюються дріжджами під час бродіння у першу чергу. Подальший спад швидкості газоутворення спричинений перебудовою ферментативного комплексу дріжджів на зброджування мальтози, що утворилася у результаті амілолізу крохмалю. Час настання другого екстремуму, що пов'язаний з дефіцитом мальтози – основного енергетичного матеріалу для життєдіяльності дріжджів, вважається оптимальною тривалістю дозрівання тіста. З наведених на рис. 1б даних видно, що швидкість газоутворення у дослідних зразках тіста вища, ніж у контрольному протягом всього періоду експерименту. Час настання першого екстремуму у всіх зразках відрізняється не суттєво, разом з тим спостерігається менш виражене затухання швидкості газоутворення під час перебудови дріжджів на зброджування мальтози. Другий екстремум на кривій газоутворення у контрольному зразку настає через 180 хв від початку бродіння, у зразках з 10...20 % ББЧ – на 20...30 хв раніше. З одного боку, інтенсифікація газоутворення в дослідних зразках тіста може бути спричинена прискоренням спиртового бродіння в тісті за рахунок додаткового внесення разом з ББЧ легкодоступних для дріжджів моно- та дисахаридів. З іншого боку, стимулюючу дію на активність дріжджових клітин надають вітаміни і мінеральні речовини борошна з бульб чуфи (табл. 2). За внесення 20% ББЧ швидкість газоутворення у тісті дещо сповільнюється. Це може бути пов'язано із вищим вмістом у цьому зразку тіста внесеного з ББЧ жиру, який огортає дріжджові клітини, тим самим погіршуючи умови їх живлення [31].

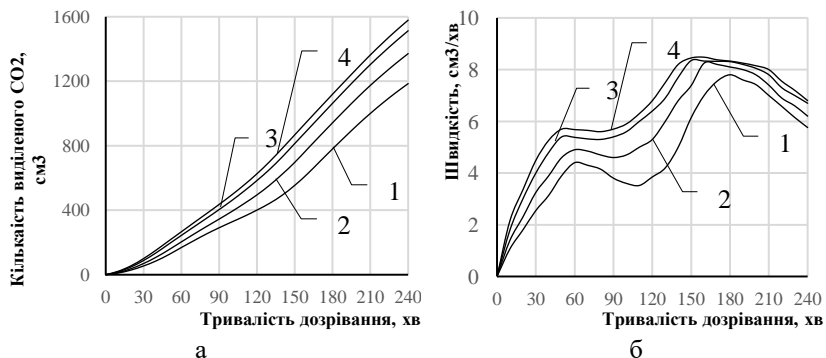


Рис. 2. Загальна кількість CO_2 та зміна швидкості газоутворення в тісті: 1 – без добавки (контроль); 2, 3, 4 – із заміною 10, 15, 20% пшеничного борошна на відповідну кількість ББЧ

Результати досліджень інтенсивності газоутворення тіста дають підставу для скорочення тривалості дозрівання на 11,0...17,0% з метою забезпечення достатньої розпушеності тістових заготовок та пористості готових виробів.

Важливим критерієм дозрілості тіста є показник його титрованої кислотності, який залежить переважно від інтенсивності молочнокислого бродіння. Результати зміни титрованої кислотності контрольного та дослідних зразків протягом дозрівання (рис. 3) свідчать про більш високий початковий показник титрованої кислотності тіста у присутності ББЧ, що пов'язано із вищою, порівняно з пшеничним борошном, кислотністю самої добавки (4,8 град). Разом з тим і упродовж дозрівання тіста кислотонакопичення у дослідних зразках відбувалося інтенсивніше. Згідно з представленими на рис. 2 даними, за період експерименту титрована кислотність контрольного зразка тіста збільшилась на 73,7%, а зразків з внесенням 10...20% ББЧ від маси борошна – на 85,0...91,0%. Кінцевий показник кислотності у дослідних зразків перевищував контрольний на 12,1...27,3%.

Інтенсивність молочнокислого бродіння, як і спиртового, значною мірою залежить від наявності легкодоступних цукрів та біологічно активних речовин для життєдіяльності молочнокислих бактерій [41], додавання яких разом з ББЧ пояснює прискорення кислотонакопичення у дослідних зразках тіста.

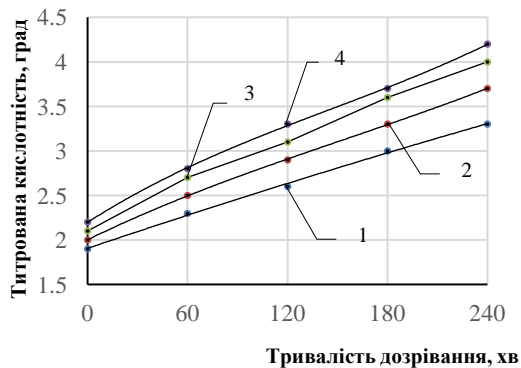


Рис. 3. Зміна показника титрованої кислотності в тісті: 1 – без добавки (контроль); 2, 3, 4 – із заміною 10, 15, 20% пшеничного борошна на відповідну кількість ББЧ

За прогнозованого вище скорочення тривалості дозрівання тіста з 10...20% борошна з бульб чуфи титрована кислотність тіста буде

становити 3,2...3,5 град, що на 6,7...16,7% більше порівняно з контрольною.

Наступним етапом дослідження було визначення розпливання кульки тіста (рис. 4).

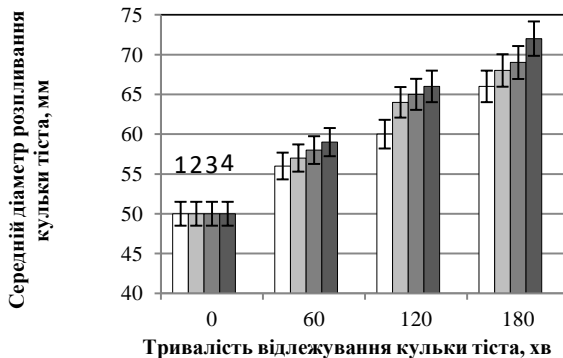


Рис. 4. Вплив ББЧ на розпливання кульки тіста:

1 – без добавки (контроль); 2, 3, 4 – із заміною 10, 15, 20% пшеничного борошна на відповідну кількість ББЧ

Так, за однакових початкових діаметрів кульок тіста через 180 хв ферментації зміни показнику розпливання у дослідних зразках з 10% і 15% ББЧ незначні, тоді як за внесення 20% добавки цей показник вищий на 7,5%. Більше розпливання зразків тіста за додавання ББЧ може бути пов'язано із зменшенням вмісту клейковини і наявністю жиру в добавці, що надає тісту пластичності.

Важливою характеристикою структурно-механічних властивостей є міцність адгезії тіста. На рис. 5 представлені експериментальні дані визначення показника міцності адгезії тіста через 3 години бродіння.

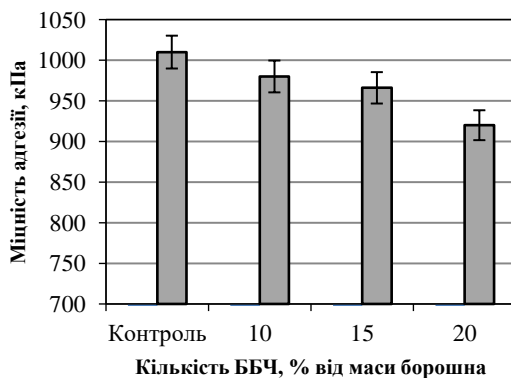


Рис. 5. Вплив борошна з бульб чуфи на міцність адгезії тіста

Отримані дані з результатів визначення показника міцності адгезії свідчать про його зменшення у дослідних зразках на 5,0...9,0%, що може бути пов'язано із високим вмістом високогідрофільних некрохмальних полісахаридів, а також жиру у дослідній добавці.

Для визначення впливу борошна з бульб чуфи на органолептичні та фізико-хімічні властивості хліба проводили лабораторні випікання дослідних та контрольних зразків хліба, результати яких представлені у табл. 3, 4.

Дані органолептичного аналізу випечених виробів (табл. 3) свідчать, що зі збільшенням дозування ББЧ скоринка хліба набуває інтенсивнішого забарвлення порівняно із контрольним зразком. Це спричинене вищим вмістом у дослідних зразках моно- та дисахаридів, що беруть участь у реакціях меланоїдиноутворення та карамелізації цукрів під час випікання виробів [31, 32].

Контрольний зразок і хліб з додаванням 10 і 15% ББЧ характеризувався еластичною, гарно розпушеною м'якушкою з добре розвинутою рівномірною пористістю.

Таблиця 3

Органолептичні показники якості хліба пшеничного з використанням борошна з бульб чуфи

Найменування показників	Характеристика показників якості			
	Хліб без добавки (контрольний зразок)	Хліб із заміною пшеничного борошна на ББЧ, %		
		10	15	20
Форма, стан поверхні	Форма правильна, поверхня рівна, гладка, без підривів та тріщин			
Колір скоринки	Світло-жовтий	Світло-коричневий	Коричневий	
Стан м'якушки	Еластична, з однорідною добре розвинуеною пористістю, не волога на дотик	Еластична, з однорідною добре розвинуеною пористістю, не волога на дотик, з включеннями добавки		Менш еластична, з неоднорідною менш розвинуеною пористістю, не волога на дотик, з включеннями добавки
Смак і запах	Без стороннього смаку і запаху	Легкий солодкуватий присмак і мигдалевий аромат	Виражений солодкуватий присмак і мигдалевий аромат	Виражений солодкуватий присмак і мигдалевий аромат, відчувається хрускіт під час розжовування

Внесення 20% ББЧ призводить до погіршення стану м'якушки. Вироби з добавкою мали виражений солодкуватий присмак, мигдалевий аромат, які посилювалися за мірою збільшення її дозування. Слід зазначити, що під час розжовування хліба з максимальною

кількістю ББЧ відчувався хрускіт добавки, що є недопустимим. Результати фізико-хімічних показників якості наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Вплив борошна з бульб чуфи на фізико-хімічні показники якості хліба пшеничного

Найменування показників	Характеристика показників якості			
	Хліб без добавки (контрольний зразок)	Хліб із заміною пшеничного борошна на ББЧ, %		
		10	15	20
Титрована кислотність, %	2,50±0,08	2,70±0,08	2,9±0,08	3,0±0,09
Питомий об'єм, г/см ³	3,20±0,09	3,40±0,10	3,1±0,09	2,80±0,18
Пористість, %	72,0±2,1	76,0±2,3	71,0±±2,1	67±2,0
Формостійкість, (H/D)	0,44±0,01	0,44±0,01	0,43±0,02	0,42±0,01

Установлено, що у всіх дослідних зразках хліба за рахунок інтенсифікації процесу кислотонакопичення у присутності ББЧ показник титрованої кислотності підвищувався відносно контрольного зразка на 8,0...20,0%. За внесенням 10% добавки показник питомого об'єму та пористості збільшився на 6,3% і 5,5% відповідно, тоді як за використання 15% ББЧ дані показники незначно нижчі контрольного зразка. За використання 20% добавки зміни більш виражені і значення показників пористості та питомого об'єму менші відносно контрольного зразка на 12,5% та 7,0% відповідно, що, на наш погляд, може бути пов'язано із заміною значної кількості пшеничного борошна на безклейковинну сировину і зниження газоутримувальної здатності тіста. Отже, використання ББЧ в кількості 20% від маси пшеничного борошна в технології хліба пшеничного є не доцільним.

Висновки. 1. Установлено, що у разі заміни 10...20% пшеничного борошна на борошно з бульб чуфи інтенсифікуються мікробіологічні процеси дозрівання тіста, а саме прискорюється спиртове і молочнокисле бродіння, що виявляється у збільшенні кількості виділеного діоксиду вуглецю на 14,0...33,0% та титрованої кислотності тіста на 12,1...27,3%. Це дозволяє скоротити тривалість дозрівання тіста на 11,0...17,0%.

2. Доведено, що порівняно з контрольним зразком, пшеничне тісто з додаванням борошна з бульб чуфи більше розпливається, проте має нижчу міцність адгезії.

3. Для отримання хліба з високими органолептичними та фізико-хімічними властивостями доцільним є застосування не більше 15% борошна з бульб чуфи замість пшеничного.

4. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу борошна з бульб чуфи на процеси, що відбуваються під час зберігання хліба.

Список джерел інформації / References

1. Харчові технології. Ринок борошна та основні тренди 2024. [Веб-сайт]. – Київ, 2024. – URL: <https://harch.tech/2024/02/27/rynok-boroshna-ta-osnovni-trendy-2024-roku/> (дата звернення: 10.10.2024).

Kharchovi tekhnolohiyi. Rinok boroshna ta osnovni trendi 2024. [Veb-sayt]. – Kyiv, 2024. – URL: <https://harch.tech/2024/02/27/rynok-boroshna-ta-osnovni-trendy-2024-roku/> (data zvernennya: 10.10.2024).

2. Sanchez-Zapata E., Fernandez-Lopez J., Sendra E., Perez-Alvarez J.A. Tigernut (*Cyperus esculentus*) commercialization: Health aspects, composition, properties, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2012. Vol. 11. Pp. 366–377.

3. Adejuyitan J. Tigernut processing: Its Food uses and Health benefits. *American Journal of Food Technology*. 2011. Vol. 6(3). Pp. 197–201. <https://dx.doi.org/10.3923/ajft.2011.197.201>.

4. Moldakulova Z., Bayisbayeva M., Iskakova G., Dikhanbayeva F., Izembayeva A., Sotnikova V. A study of the possibilities of using linseed flour and rice husk fiber as an additional source of raw materials in the bakery industry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 5. Pp. 61–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242648>.

5. Mohajan S., Munna M. M., Orchy T. N., Hoque M. M., Farzana T. Buckwheat flour fortified bread. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. 2019. Pp. 347–356. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v54i4.44569>.

6. Seyyedcheraghi K. The effect of the using corn flour level and additive type on quality of corn bread. *Middle East Journal of Science*. 2018. Vol. 4, № 2. Pp. 81–98. <https://doi.org/10.23884/mejs.2018.4.2.04>.

7. Овсієнко С.М., Науменко О.В. Використання нехлібопекарських видів борошна у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11, № 20. С. 99–110. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-10>.

Ovsiyenko S.M., Naumenko O.V. Vykorystannya nekhlibopekars'kykh vydiv boroshna u khlibopechenni. *Prodovol'chi resursy*. 2023. Т. 11, № 20. С. 99–110. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-10>.

8. Codina-Torrella I., Guamis B., Trujillo A.J. Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin: Physico-chemical characteristics and protein fractionation. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 65. Pp. 406–414.

9. Бажай-Жежерун С., Рахметов Д. Смикавець їстівний – цінна сировина для виробництва функціональних харчових продуктів. Оздоровчі харчові продукти та

дієтичні добавки: технології, якість та безпека : збірник матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 14–15 листопада 2018 р. – Київ : НУХТ, 2018. – С. 79–81.

Bazhai-Zhezherun S., Rakhmetov D. Smykavets yistyvnyi – tsinna syrovyna dlya vyrobnytstva funktsionalnykh kharchovykh produktiv. Ozdorovchi kharchovi produkty ta dietychni dobavky: tekhnolohii, yakist ta bezpeka: zbirnyk materialiv Mizhnar. nauk.-prak. konf., 14–15 lystopada 2018 r. – Kyiv: NUKhT, 2018. – S. 79–81.

10. Mohamoud Farid Salama, Osman M., Owon M. Chemical and technological characterization of tigernut (*Cyperus esculentus* L.) tubers. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 2013. Vol. 4. No. 6. Pp. 323–332.

11. Мільський О.В., Стрельцина І.Я., Нітченко С.В. Чуфа та використання її в кондитерській промисловості // Нові види сировини кондитерської промисловості. Чуфа, арахіс, сунічний помідор. – К.: Укрдержвидавмісцевпром, 1936. – С. 4–22.

Mil's'kyi O. V., Strel'tsyna I. Ya., Nitchenko S. V. Chufa ta vykorystannia yii v kondyters'kii promyslovosti // Novi vidy syrovyny kondyters'koi promyslovosti. Chufa, arakhis, sunychnyi pomidor. – K.: Ukrderzhvydavmistsievprom, 1936. – S. 4–22.

12. Смілянець Н.М. Інтродукція *Cyperus esculentus* L. в Лисостепу України. Інтродукція рослин. 2003. № 12. С. 70–74.

Smiyanets N.M. Intruduktsiya *Cyperus esculentus* L. v Lisostepu Ukrainy. Intruduktsiya roslyn. 2003. № 12. S. 70–74.

13. Василенко О. В., Фещенко В. В., Чубко О. П., Гнатюк Н. О. Диверсифікація господарств у напрямку вирощування нішевих культур – елемент стратегії адаптації до змін клімату. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2024. №9. С. 191–199.

Vasylenko O. V., Feshchenko V. V., Chubko O. P., Hnatyuk N. O. Dyversifikatsiya hospodarstv u napryamku vyroshchuvannya nishevyyh kul'tur – element stratehiyi adaptatsiyi do zmin klimatu. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2024. №. 9. S. 191–199.

14. Martín-Esparza, E., & González-Martínez, C. Horchata de chufa: A traditional Spanish beverage with exceptional organoleptic, nutritive, and functional attributes. *Functional Properties of Traditional Foods*. 2016. Pp.371–375.

15. Kizzie-Hayford N., Dabie K., Kyei-Asante B. Storage temperature of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) affects enzyme activity, proximate composition and properties of lactic acid fermented tiger nut milk derived thereof. *LWT*. 2021. Vol. 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110417>

16. Тележенко Л. М., Біленька І. Р., Золовська О. В., Лазаренко Н. А. Розробка технології молочно-рослинного десерту з функціональними наповнювачами. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології. 2018. Т. 20, № 90. С. 46–52.

Telezhenko L. M., Bilenka I. R., Zolovska O. V., Lazarenko N. A. Rozrobka tekhnolohiyi molochno-roslynnogo desertu z funktsional'nymy napovnyuvachamy // Nauk. visnyk Lvivs'kogo natsional'nogo univertsytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiyi imeni S. Z. Hzhys'koho. Serii: Kharchovi tekhnolohiyi. 2018. T. 20, No 90. S. 46–52.

17. Неміріч О. В., Устименко І. М., Гавриш А. В. Використання бульб чуфи в технології морозива. Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі : матеріали ІХ Всеукр. наук.-практ. конф., 19–20 травня 2020 р. Київ : НУХТ, 2020. С. 271.

Nemyrych O. V., Ustymenko I. M., Havrysh A. V. Vykorystannia bul'b chufy v tekhnolohii morozyva. Innovatsiyni tekhnolohiyi v hotel'no-restorannomu biznesi : materialy ІХ Vseukr. nauk.-praktychnyi konferentsii, 19–20 travnia 2020 r. Kyiv : NUKHT, 2020. S. 271.

18. Горобець О. М., Левченко Ю. В., Гередчук А. М. Інноваційні технології кондитерських виробів з використанням обліпихи : колективна монографія / за ред. О. В. Калашник, Х. З. Махмулова, І. О. Яснолоб. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2020. С. 220–230.

Horobets O. M., Levchenko Yu. V., Heredchuk A. M. Innovatsiyni tekhnolohiyi kondyters'kykh vyrobiv z vykorystanniam oblipykhy : kolektyvna monohrfiya / za red. O. V. Kalashnyk, Kh. Z. Makhmulova, I. O. Yasnolob. Poltava : Vydavnytstvo PP «Astraya», 2020. S. 220–230.

19. Chinma C. E., Avu J. O., Abubakar Y. A. Effect of tigernut (*Cyperus esculentus*) flour addition on the quality of wheat-based cake. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 45. Pp. 1746–1752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2624.2010.02334x>

20. Mohamed T. Fouad, Ahmed Hussien, Moustafa A.El-Shenawy. Production of pasta using tiger nut and fermented permeate with some probiotic bacteria. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2022. Vol. 65, №4. Pp. 569-578.

21. Llavata B., Albors A., Martin-Esparza M. E. High Fibre Gluten-Free Fresh Pasta with Tiger Nut, Chickpea and Fenugreek: Technofunctional, Sensory and Nutritional Properties. 2019. *Foods*. Vol. 9(1). Pp. 1-15. . <https://doi.org/10.3390/foods9010011>

22. Sumnu G., Sahin S. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. *Agricultural and Food Sciences*. 2013. Vol. 6. Pp. 746-753. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0712-6>

23. Aguilar N., Albanel E., Minarro B., Capellas M. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology*. 2014. № 62(1). Pp. 225-238. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.045>

24. Özcan M. Quality Evaluation of Bread Prepared from Wheat–Chufa Tuber Composite Flour. *Foods*. 2023. № 12(3), Pp. 444-452. <https://doi.org/10.3390/foods12030444>

25. Ade-Omowaye B. I. O., Akinwande B. A., Bolarinwa I. F., Adebisi A.O. Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*) -wheatcomposite flour and bread. *African Journal of Food Science*. 2008. Vol 2. Pp. 087-091.

26. Kizzie-Hayford N., Akanson J., Ampofo-Asiama J., Abano E. E. Influence of Partially Substituting Wheat Flour with Tiger Nut Flour on the Physical Properties, Sensory Quality, and Consumer Acceptance of Tea, Sugar, and Butter Bread. *International Journal of Food*. 2023. Pp. 1-10. <https://doi.org/10.1155/2023/7892739>.

27. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва. Київ : Центр навчальної літератури. 2006. 341 с.

Drobot V. I. Laboratorniy praktykum z tekhnolohiyi khlibopekars'koho ta makaronnogo vyrobnytstv. Kyiv: Tsentr navchal'noyi literatury. 2006. 341 s.

28. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. Київ : Кондор-Видавництво. 2015. 972 с.

Drobot V. I. Tekhnochimichnyy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv. Kyiv: Kondor-Vydavnytstvo. 2015. 972 s.

29. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посіб. / А. Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко та ін. Харків : ХДУХТ, 2006. 63 с.

Reologichni metody doslidzhennya syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiya rozrakhunkiv reologichnykh kharakterystyk: navch. posib. / A. B. Horalchuk, P. P. Pyvovarov, O. O. Hrynchenko ta in. Kharkiv: KhDUKHT, 2006. 63 s.

30. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва : підручник 2-ге вид., допов. та переробл. – Київ : ПрофКнига, 2024. 516 с.

Drobot V. I. Tekhnologiya khlibopekars'koho vyrobnytstva: pidruchnyk. 2-he vyd., dopov. ta pererobl. – Kyiv: ProfKnyha, 2024. 516 s.

31. Purlis E., Browning development in bakery products. Journal of Food Engineering. 2010. Vol. 99, № 3. Pp. 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.008>.

Олійник Світлана Георгіївна, канд. техн. наук, проф., професор кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, svitlana.oliinyk@gmail.com.

Oliinyk Svitlana, PhD, professor, professor of Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, svitlana.oliinyk@gmail.com.

Степанькова Галина Вячеславівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, stepankova_galina@ukr.net.

Stepankova Galyna, PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, stepankova_galina@ukr.net.

Недвіга Світлана Вікторівна, асп., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет, nedviga_sveta@ukr.net.

Nedviha Svitlana, post-graduate student, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University, nedviga_sveta@ukr.net.

Юдіна Вікторія Романівна, студ., кафедра технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет.

Yudina Viktoriia, student, Department of Bakery and Confectionery Technology, State Biotechnological University.

DOI 10.5281/zenodo.14673471