

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУМІШІ ПРОРОЩЕНИХ ЗЕРЕН НА ЯКІСТЬ ТА ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Бурченко Л. М., Білик О. А., Бондаренко Ю. В., Передерій І. Г., Кочубей-Литвиненко О. В.

1. Вступ

Харчування з оптимальним співвідношенням повноцінних білків, макро- і мікроелементів, вітамінів, поліненасичених жирних кислот є однією з необхідних умов, що забезпечує функціонування систем організму [1]. Хлібобулочні вироби є найбільш поширеним продуктом харчування, особливо у людей старших вікових груп. Підвищення їх біологічної цінності шляхом внесення продуктів нетрадиційної сировини, багатой на біологічно активні речовини є найбільш ефективним способом [2].

Геродієтичне харчування дає змогу запобігти найбільш поширеним захворюванням людей похилого віку, таких як цукровий діабет, захворювання опорно-рухового апарату (артрит, остеопороз), шлунково-кишкового тракту, серцево-судинні захворювання, захворювання органів зору. Оскільки люди старших вікових груп належать до групи збільшеного ризику, оздоровче та адекватне харчування з достатнім вмістом макро- та мікроелементів, вітамінів D, A, E, C, групи B, білків та пептидів (колагену), необхідних для побудови кісткової та хрящової тканини, поліненасичених жирних кислот, пробіотиків та пребіотиків, є необхідною умовою [3, 4]. Також наявність біологічно активних речовин в щоденному раціоні осіб похилого віку забезпечить зменшення швидкості процесів старіння [5]. Тому розробка продуктів геродієтичного харчування із функціональними властивостями є дуже важливою в умовах темпу сучасного життя. На світовому рівні доведено, що у разі виробництва продукції геродієтичного призначення, найбільш доречним є часткова заміна традиційної сировини на нетрадиційну, введення харчових та біологічно-активних добавок, використання вторинної сировини. Це дає змогу створити збалансовану по всім критеріям продукцію для людей літнього віку, при виробництві якої враховують всі вікові особливості [6].

Одним із джерел здорового харчування є пророщені зерна злакових культур: пшениця, овес, ячмінь, кукурудза. Пророщені зерна включають в себе весь набір інгредієнтів, необхідних для раціонального харчування: білки, легкозасвоювані вуглеводи, клітковину, жирні кислоти, мінеральні речовини, вітаміни, а також ферменти [7]. Завдяки такій композиції ці компоненти суміші виступають синергістами, підтримуючи і підсилюючи ефект один одного. Завдяки збалансованому амінокислотному складу білка, вмісту харчових волокон, вітамінів тощо, суміш пророщених зерен виступає цінним та доступним джерелом для збагачення хлібобулочних виробів. Також у суміші збереженні практично всі речовини, що містяться в цілому зерні, а це дуже важливо, зважаючи на втрати, яких зазнає хімічний склад зерна у процесі виробництва з нього борошна. Су-

міш пророщених зерен є найбільш перспективним інгредієнтом у технології хлібобулочних виробів для людей старших вікових груп [8].

Тому, актуальним на сьогодні є розробка рецептур хлібобулочних виробів геродієтичного призначення, які мають більш збалансовану харчову цінність, а саме використання в їх рецептурі суміші пророщених зерен.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом досліджень в роботі є хліб з борошна пшеничного вищого сорту, збагачений сумішшю пророщених зерен пшениці, ячменю, вівса та кукурудзи. Пшеничний хліб за хімічним складом не збалансований за життєво необхідними нутрієнтами, а саме білків, харчових волокон, ненасичених жирних кислот, вітамінів. Для покращання збалансованості хлібобулочних виробів за хімічним складом та надання виробам оздоровчих властивостей доцільним є використання нетрадиційної сировини, яка містить у своєму складі фізіологічно-функціональні інгредієнти.

В якості нетрадиційної сировини у роботі використовували суміш пророщених зерен пшениці, ячменю, вівса та кукурудзи фірми ТОВ «Чойс» (м. Київ, Україна).

Пророщені зерна – це біологічно-активний продукт. Завдяки особливій технології замочування, процесу пророщування і кінцевої стадії – висушування, в зернах не просто зберігаються, але й примножуються природні властивості [8]. Білок, що входить до складу пророщеного зерна пшениці, вівса, ячменю та кукурудзи містить всі незамінні амінокислоти, які в процентному відношенні становлять до 30 % загального вмісту білку. В 5...10 разів більша кількість вітамінів групи В, Н, Е, РР та ін. У пророщеному зерні розщеплюються всі високомолекулярні сполуки, що мають високу поживність і легко засвоюються [9].

Хімічний склад та показники якості суміші пророщених зерен наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад та показники якості суміші пророщених зерен

Показник	Вміст
Масова частка вологи, %	12,0
Масова частка білку, %	10,6
Масова частка вуглеводів, %	60,5
Масова частка жиру, %	2,7
Масова частка золі, %	0,9
Кислотність, град	9,0
Автолітична активність, % СР	55,5

Примітка: СР – суха речовина

Зважаючи на хімічний склад суміші пророщених зерен, можна стверджувати, що вона є ефективним джерелом розчинних харчових волокон, білків, вітамінів та мінеральних речовин. Однак, можливим недоліком його використан-

ня у технології хліба є висока автолітична активність та кислотність. Це необхідно враховувати під час удосконалення технологічного процесу.

3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є встановлення впливу суміші пророщених зерен на якість пшеничного хліба з борошна вищого сорту у разі його внесення для покращання харчової цінності виробів.

Для досягнення мети необхідно:

1. Встановити оптимальне дозування суміші пророщених зерен в рецептурі пшеничного хліба.
2. Дослідити вплив суміші пророщених зерен на активність бродильної мікрофлори.
3. Дослідити вплив суміші пророщених зерен на збереження виробами свіжості.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Хлібобулочні вироби належать до основних харчових продуктів, середня добова норма споживання яких становить близько 300 г. Проте хлібобулочні вироби з пшеничного борошна вищого сорту мають низьку біологічну цінність порівняно з виробами з нижчих сортів борошна [2].

Для підвищення якості, харчової цінності та надання хлібобулочним виробам геродієтичних властивостей застосовують нетрадиційну сировину – пророщені зерна пшениці, вівса, кукурудзи, ячменю [5, 10].

Борошно з пророщеного зерна пшениці має підвищений вміст амінокислот, жирних кислот, вітамінів В1, В2, В3, В6, В9 та Е і у 21 раз більший вміст харчових волокон порівняно з борошном пшеничним [9]. Авторами [11] досліджено можливість заміни в рецептурі хліба пшеничного борошна на борошно з пророщеного зерна в кількості від 5...20 % до маси борошна. Встановлено, що така заміна покращує харчову цінність хліба, підвищує в ньому кількість білка, поряд з цим погіршує перетравлюваність крохмалю. Але в цій роботі не вказано вплив такої заміни на параметри технологічного процесу виготовлення виробів.

Дослідження [12, 13] показали, що при використанні пророщеного зерна з пшениці в кількості 1,5 % до маси борошна збільшується кількість виділеного вуглекислого газу, об'єм хліба та покращуються реологічні характеристики м'якучки. Однак, в даних роботах не вказано вплив пророщених зерен пшениці на черствіння хліба та можливість збільшення дозування.

В роботі [14] вказано, що внаслідок використання вівсяного солодового борошна тісто з пшеничного борошна набуває в'язко-пластичних властивостей за рахунок активності протеолітичних ферментів. Так, у разі додання 10, 30 50 % вівсяного солодового борошна розрідження тіста збільшується в 1,4 рази, збільшується максимальна консистенція за аналізом фаринограм. Відзначено також, що з внесенням даного борошна збільшується вміст амінокислот, вітамінів, але не вказано вплив на бродильну активність дріжджів та ступінь збереження свіжості.

Після пророщування ячменю кількість крохмалю в ньому зменшується і при цьому відповідно збільшується вміст декстринів [15]. Відомо, що за рахунок збільшення вмісту декстринів в хлібобулочних виробках уповільнюється процес

черствіння [16]. Тому використання борошна з пророслого зерна ячменю є доцільним для уповільнення процесу черствіння хліба з пшеничного борошна.

Відомо, що пророслі зерна кукурудзи містять високу кількість вітамінів групи В, токоферолу, селену, марганцю, магнію, фосфору, цинку, хрому. Багато досліджень здійснювалося у разі використання продуктів переробки кукурудзи у технології хлібобулочних виробів [17], але досліджень з використання пророслого зерна немає.

Дослідження [18] показали перспективність застосування пророщених зерен, як джерела вітамінів, мінеральних речовин, легкозасвоюваних вуглеводів. Відзначено, що додавання борошна з пророщеного зерна дозволяє покращити функціональні властивості виробу, але у разі збільшення дозування погіршуються органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба [19].

Авторами роботи [20] визначені оптимальні дозування та доведена можливість застосування у виробництві функціональних хлібобулочних виробів борошна з пророщених зерен. Встановлено їх позитивний вплив на активність бродильної мікрофлори тіста [21]. Однак, як в цій роботі, так і в попередніх відзначалося, що обмежувальним фактором використання таких продуктів є їх дозування за рахунок активності ферментів. Тому перспективним для покращання харчової цінності хлібобулочних виробів є використання суміші пророщених зерен.

Таким чином, результати аналізу літературних джерел показали, що перспективним є дослідити оптимальне дозування суміші пророщених зерен на якість хлібобулочних виробів.

5. Методи досліджень

Для досліджень показників технологічного процесу, біохімічних, фізико-хімічних змін у тісті та якісних показників хліба проводили лабораторні випікання. Тісто замішували в тістомісильній машині Esher (Італія) 4 хв на першій швидкості та 7 хв – на другій. Тісто готували прискореним способом з масовою часткою вологи тіста – 44,0 %. Технологічний процес бродіння замінено на відлежування, яке проводилося протягом 20 хв. Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у вистійній шафі за температури 38 ± 2 °C і відносній вологості 78 ± 2 % до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 220...240 °C із зволоженням пекарної камери.

Газоутворювальну здатність напівфабрикатів визначали на приладі АГ–1М (Росія) [22]. Газоутримувальну здатність тіста характеризували величиною питомого об'єму тіста через 4 години його бродіння: зразки тіста масою 100 г поміщали в циліндр об'ємом 500 см³, ущільнювали і ферментували за температури 30 °C.

Бродильну активність дріжджів визначали за методикою підйимальної сили дріжджів [23] після його обминання. Операцію обминання повторювали двічі.

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 (Німеччина) [23]. Ступінь черствіння виробів досліджували також за кришкуватістю м'якушки хліба.

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

6. Результати досліджень

Для встановлення технологічної ефективності та визначення оптимального дозування суміші пророщених зерен у виробництві хлібобулочних виробів були проведені дослідження по встановленню його впливу на технологічний процес і якість виробів.

Під час проведення досліджень випікали вироби з внесенням суміші пророщених зерен в кількості 5, 10 та 15 % до маси борошна. Вироби без суміші пророщених зерен слугували контролем.

Аналіз отриманих даних (табл. 2) свідчить, що внесення суміші пророщених зерен значно впливає на титровану кислотність тіста та готових виробів. Тісто з сумішшю пророщених зерен на дотик було більш липке та в'язке у порівнянні зі зразками тіста з відповідним дозуванням суміші пророщених зерен.

Таблиця 2

Вплив суміші пророщених зерен на показники якості тіста та готових виробів

Назва показника	Контроль	Внесено суміші пророщених зерен % до маси борошна		
		5	10	15
<i>Тісто</i>				
Вологість, %		44,0		
Тривалість відлежування, хв		20		
Кислотність, град:				
– початкова	1,6	1,8	2,0	2,2
– кінцева	2,0	2,2	2,4	2,6
Розпливання кульки тіста, мм	72	78	90	98
Газоутворення у тісті за час відлежування та вистоювання, см ³ /100 г тіста	812	828	1020	992
<i>Готові вироби</i>				
Питомий об'єм, см ³ /г	2,98	2,81	2,72	2,63
Формостійкість, Н/D	0,47	0,47	0,32	0,25
Пористість, %	78,0	76,0	75,0	73,0
Кислотність, град.	1,8	2,0	2,2	2,4
Стан поверхні і забарвлення	Гладка без тріщин та підривів, світложовтого кольору	Гладка без тріщин та підривів, кремового кольору	Гладка без тріщин та підривів, золотистого кольору	
Колір м'якушки	Світло-білий	Світлий з сірим відтінком	Сірий	
Структура пористості	Тонкостінна рівномірна		Тонкостінна нерівномірна	
Смак і аромат	Характерний даному виду виробу	Приємний смак і аромат, відчувається присмак пророщених зерен		

Встановлено, що у разі використання суміші пророщених зерен підвищується титрована кислотність, це зумовлено високою кислотністю пророщених зерен.

Також спостерігається збільшення розпливання та зменшення формостійкості готових виробів, це зумовлено високою автолітичною активністю суміші пророщених зерен.

Відзначено також більше виділення вуглекислого газу в процесі бродіння зразків тіста з сумішшю пророщених зерен, порівняно з контролем, внаслідок активації бродильної мікрофлори тіста.

Для підтвердження цього визначили вплив суміші пророщених зерен на життєдіяльність дріжджової мікрофлори тіста. Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Швидкість підйому тіста з сумішшю пророщених зерен, хв

Показник	Контроль	Дозування суміші пророщених зерен, % до маси борошна		
		5	10	15
Перший підйом	91	86	80	78
Другий підйом	34	32	30	30
Третій підйом	28	24	22	20
Разом	153	142	132	128

Доведено, що використання суміші пророщених зерен скорочує тривалість підйому тіста, порівняно з контролем на 7...16,0 %.

Відзначено, що газотримувальна здатність дослідних зразків збільшується незначно та є близькою до контролю (рис. 1).

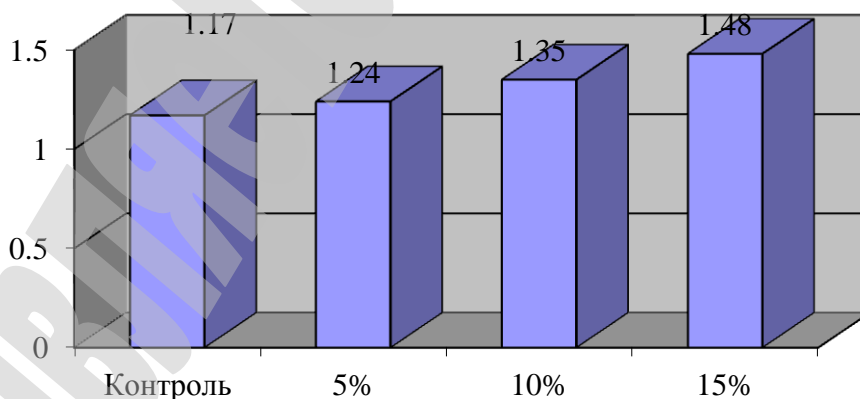


Рис. 1. Питомий об'єм тіста

Ймовірно деяке збільшення цього показника пов'язано зі збільшенням кількості діоксиду вуглецю, що виділяється за період тістоприготування та вистоювання тістових заготовок. Поряд з цим, газотримувальна здатність тіста забезпечується

здатністю клейковинного каркасу тістової системи утримувати діоксид вуглецю, а за короткий період відлежування та вистоювання тіста ще не відбувається активного протеолізу білкових речовин, що зумовило б погіршення цієї властивості.

Результатами досліджень встановлено, що використання суміші пророщених зерен дозволяє отримати готові вироби належної якості, але їх показники якості нижчі порівняно з контролем. Так, за органолептичними показниками вироби, з сумішшю пророщених зерен, мали дещо інтенсивніше забарвлення скоринки. Очевидно, це є наслідком того, що з сумішшю пророщених зерен в тісто вноситься біля 15 % розщепленого крохмалю, складові якого активніше вступають в реакцію меланоїдиноутворення. Також було встановлено, що вироби з сумішшю пророщених зерен мали приємний більш виражений, порівняно з контролем, смак і аромат притаманний солоду.

Питомий об'єм виробів з пророщеними зернами був менший, ніж контрольного зразка на 5,7...11,7 %. Це можна пояснити тим, що внесення в тісто суміші пророщених зерен зменшує в'язкість виробів та збільшує розпливання, що спричиняє менший об'єм готових виробів.

Таким чином, результати проведених досліджень доводять можливість використання суміші пророщених зерен для збагачення хлібобулочних виробів важливим для організму людини нутрієнтами.

В технології хлібопечення суміш пророщених зерен, як сировина, не лише впливає на органолептичні властивості виробів, але впливає на збереження ними свіжості.

Суміш пророщених зерен уповільнює ретроградацію крохмалю м'якушки та підвищує її гідрофільні властивості, що дозволяє зберігати свіжість виробів впродовж 24...72 годин.

Дослідження виробів проводили через 4, 24, 48 та 72 год після випікання.

Встановлено (табл. 4), що загальна деформація м'якушки виробів з сумішшю пророщених зерен вища, ніж у контролі.

Таблиця 4

Зміна структурно-механічних властивостей м'якушки хліба з сумішшю пророщених зерен

Показники	Контроль (без доба- вок)	Внесено суміші пророщених зе- рен, % до маси борошна		
		5	10	15
Деформація м'якушки, од. приладу через 4 години:				
загальна	86	88	88	90
через 24 години:				
загальна	58	64	66	68
Ступінь збереження свіжості, %	67	73	75	76
через 48 годин:				
загальна	35	42	47	51
Ступінь збереження свіжості, %	44	48	53	57
через 72 годин:				
загальна	22	26	28	35
Ступінь збереження свіжості, %	26	30	32	39

В процесі зберігання показники структурно-механічних властивостей м'якушки з інуліном знижувалися повільніше, ніж у контрольному. Так, через 72 год ступінь збереження свіжості контрольного зразка становить 26 % відповідно, тоді як зразків з сумішшю пророщених зерен – 30, 32 та 39 %, відповідно, що на 15...50 % більше порівняно з контролем.

Уповільнення черствіння виробів з сумішшю пророщених зерен, очевидно, пов'язано з уповільненням в ній ретроградації крохмалю в більшій степені, ніж в м'якушці контрольного зразку. Це пов'язано з наявністю активної α -амілази, під дією якої накопичуються низькомолекулярні декстрини, які уповільнюють процес черствіння.

У процесі черствіння стінки пор м'якушки виробу втрачають свою міцність, що спричиняє збільшення кришкуватості м'якушки. Результати досліджень (рис. 2) свідчать, що значення кришкуватості м'якушки менші у хліба з сумішшю пророщених зерен, ніж у контрольному зразку.

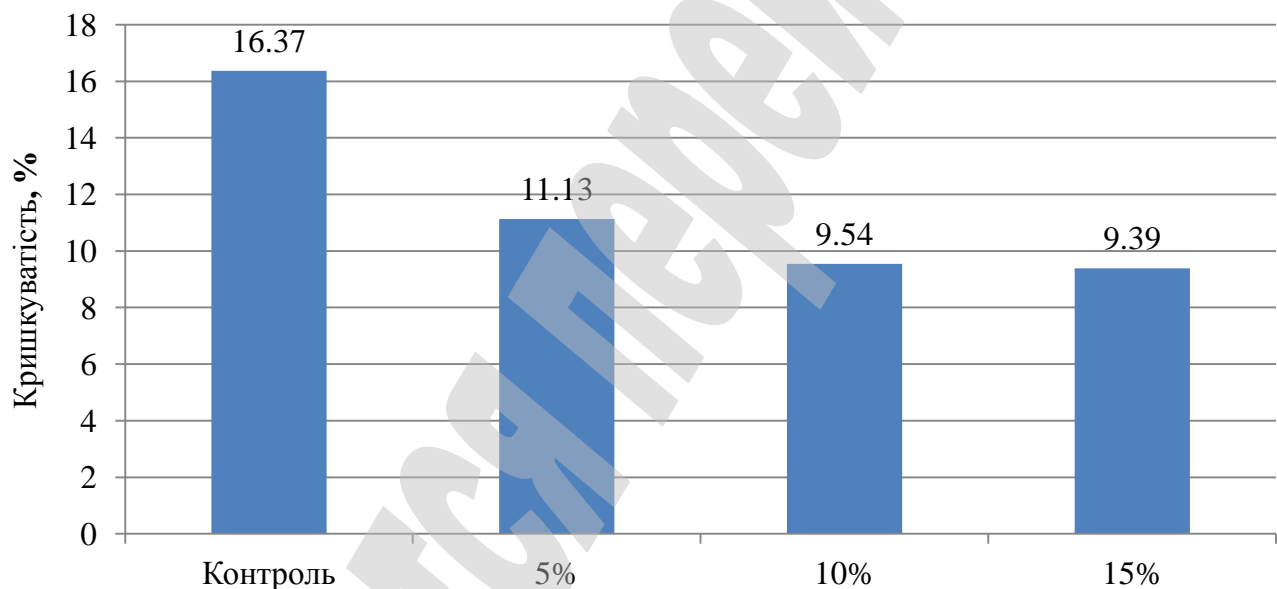


Рис. 2. Кришкуватість м'якушки виробів з сумішшю пророщених зерен

Таким чином, використання суміші пророщених зерен у технології хлібобулочних виробів сприяє подовженню тривалості їх реалізації.

У разі дозування суміші пророщених зерен 5, 10 та 15 % до маси борошна енергетична цінність збільшується до 252,7, 262,9 та 273,1 ккал порівняно з 232,3 ккал у контрольному зразку. Тобто у разі використання суміші пророщених зерен у технології хліба пшеничного покращується енергетична цінність.

В результаті проведених досліджень оптимальним дозуванням суміші пророщених зерен обрано 10 % до маси борошна. Таке дозування в меншій мірі негативно впливає на органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба за прискореної технології.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Встановлено, що додавання суміші пророщених зерен сприяє подовженню свіжості виробів до 72 год зберігання.

Використання суміші пророщених зерен в рецептурі пшеничного хліба з борошна вищого сорту в кількості 5, 10 та 15 % до маси борошна збільшує їх енергетичну цінність.

Тобто дані вироби можуть збільшити асортимент хлібобулочних виробів геродієтичного призначення за рахунок підвищеної харчової цінності та подовженого терміну зберігання. Це пов'язано з тим, що дієтологи рекомендують людям старших вікових груп споживати хлібобулочні вироби вчорашньої випічки.

Weaknesses. Застосування суміші пророщених зерен в технології пшеничного хліба з борошна вищого сорту зумовить підвищення вартості виробів.

Opportunities. Аналіз результатів досліджень свідчить про доцільність використання суміші пророщених зерен в технології пшеничного хліба та доцільність подальших досліджень щодо:

- розроблення нових хлібобулочних виробів геродієтичного призначення та підвищеною харчовою цінністю;
- поглибленого вивчення впливу суміші пророщених зерен на формування структурно-механічних властивостей напівфабрикатів;
- встановлення режимів технологічного процесу та можливість використання харчових добавок для інактивації α -амілази;
- пліснявіння виробів під час зберігання.

У разі впровадження нового хліба з сумішшю пророщених зерен на хлібопекарських підприємствах сприятиме розширенню асортименту виробів геродієтичного призначення.

Threats. Зважаючи, що виробником суміші пророщених зерен є українська фірма «Чойс», то основними факторами, що впливатимуть на стабільність виготовлення хлібобулочних виробів є коливання цін на суміші пророщених зерен, за рахунок підвищення енергозатрат на їх виробництво.

8. Висновки

1. Встановлено, що оптимальним дозуванням пророщених зерен у рецептуру хліба пшеничного є 10 % до маси борошна. Таке дозування дозволяє застосовувати прискорену технологію, а саме безопарний спосіб тістоприготування, за якого тривалість бродіння замінюють на технологічний процес відлежування, який триває 20 хв.

2. Відзначено, що внесення суміші пророщених зерен покращує бродильну активність мікрофлори тіста, про що свідчить більша на 2,0...22,0 % кількість виділеного діоксиду вуглецю та менша на 11...25 хв підймальна сила тіста.

3. Доведено, що внаслідок використання суміші пророщених зерен подовжується збереження виробами свіжості, про що свідчить зменшення кришкуватості м'якушки виробів та уповільнення змін структурно-механічних властивостей м'якушки під час зберігання.

Література

1. Bruce R. Hamaker Technology of Functional Cereal Products. Cambridge Woodhead Publishing Limited, 2008. 568 p. doi: <http://doi.org/10.1533/9781845693886>
2. Research into effectiveness of using the integrated bread baking improver «Mineral Freshness +» to slow down the staling of bakery products / Bilyk O. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 4, Issue 11 (94). P. 69–78. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140333>
3. Marti A. Sprouted wheat as an alternative to conventional flour improvers in bread-making. Italy: Food quality and preference, 2015.
4. Палієнко О. В. Історичні аспекти становлення та розвитку вітчизняної геронтології: внесок академіка В. В. Фролькіса у наукові пошуки механізмів старіння та засобів продовження тривалості життя // Етнічна історія народів Європи. 2013. № 40. С. 159–163.
5. Baik M.-Y., Chinachoti P. Moisture Redistribution and Phase Transitions During Bread Staling // Cereal Chemistry Journal. 2000. Vol. 77, Issue 4. P. 484–488. doi: <http://doi.org/10.1094/cchem.2000.77.4.484>
6. Bronswijk J. E. M. H. V. Gerontechnology starts at birth and even earlier // Gerontechnology. 2014. Vol. 13, Issue 2. doi: <http://doi.org/10.4017/gt.2014.13.02.021.00>
7. Отримання біологічно-активного продукту «Пророщені зерна»: Патент 46340 UA, МПК А23L 1/172 (2009.12) / Мілютін О. І., Варганова І. В., Потапенко С. І. № u200911217; заявл. 05.11.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.
8. Пророщені зерна. URL: <http://company.choice.ua/uk/product>
9. Корячкина С. Я., Кузнецова Е. Я., Пригаррина О. М. Совершенствование технологии хлеба на основе целого зерна пшеницы и ржи // Вестник ОГУ. 2006. № 9, Ч. 2. С. 284–288.
10. Wilmonth J. M., Kennet F. F. Gerontology: perspectives and issues. New York: Springer Publishing Company, 2013. 350 p.
11. Świeca M., Dziki D., Gawlik-Dziki U. Starch and protein analysis of wheat bread enriched with phenolics-rich sprouted wheat flour // Food Chemistry. 2017. Vol. 228. P. 643–648. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.052>
12. Кравченко М. Ф., Криворучко М. Ю., Поп Т. М. Борошно з пророщеного зерна пшениці як основа для борошняних кулінарних і кондитерських виробів // Харчова наука і технологія. 2017. № 12. С. 6–10.
13. Flour from sprouted wheat as a new ingredient in bread-making / Marti A. et. al. // LWT. 2018. Vol. 89. P. 237–243. doi: <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.052>
14. Mäkinen O. E., Arendt E. K. Oat malt as a baking ingredient – A comparative study of the impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties // Journal of Cereal Science. 2012. Vol. 56, Issue 3. P. 747–753. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.08.009>
15. Gous P. W., Fox G. P. Review: Amylopectin synthesis and hydrolysis – Understanding isoamylase and limit dextrinase and their impact on starch structure on barley (*Hordeum vulgare*) quality // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 62. P. 23–32. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.013>
16. Starch: chemistry and technology / ed. by BeMiller J., Whistler R. Burlington: Academic press, 2009. 879 p.

17. Gül H., Özer M. S., Dizlek H. Improvement of the wheat and corn bran bread quality by using glucose oxidase and hexose oxidase // *Journal of Food Quality*. 2009. Vol. 32, Issue 2. P. 209–223. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00246.x>
18. Bueno M. M., Thys R. C. S., Rodrigues R. C. Microbial Enzymes as Substitutes of Chemical Additives in Baking Wheat Flour – Part II: Combined Effects of Nine Enzymes on Dough Rheology // *Food and Bioprocess Technology*. 2016. Vol. 9, Issue 9. P. 1598–1611. doi: <http://doi.org/10.1007/s11947-016-1744-8>
19. Finnie S., Brovelli V., Nelson D. Sprouted grains as a food ingredient // *Sprouted Grains*. 2019. P. 113–142. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-811525-1.00006-3>
20. Пшенишнюк Г. Ф., Макарова О. В., Иванова Г. С. Інноваційні заходи підвищення якості зернового хліба // *Харчова наука і технологія*. 2010. № 1 (10). С. 73–76.
21. Olaerts H., Vandekerckhove L., Courtin C. M. A closer look at the bread making process and the quality of bread as a function of the degree of preharvest sprouting of wheat (*Triticum aestivum*) // *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 80. P. 188–197. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.03.004>
22. Лебеденко Т. Є., Пшенишнюк Г. Ф., Соколова Н. Ю. Технологія хлібопекарського виробництва: навч. посібник. Одеса: Освіта України, 2014. 392 с.
23. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навчальний посібник. Київ: НУХТ, 2015. 902 с.