

ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРГОВАНОГО ЗЕРНА СПЕЛЬТИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА

С. Ю. Миколенко, кандидат технічних наук, доцент

ORCID ID: 0000-0002-1959-1141

ResearcherID: N-6958-2018

М. Ю. Омельченко, магістрант

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

У статті висвітлено технологічні аспекти використання зерна спельти для виробництва хліба із цілого зерна. Встановлено, що застосування насіння чіа дозволяє підвищити споживчі якості хліба із диспергованого зерна спельти. Доведено, що застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, для замочування зерна спельти сприяє інтенсифікації виробництва хліба із цілого зерна.

Ключові слова: спельта, дисперговане зерно, хліб, чіа, плазмохімічно активована вода.

Постановка проблеми. На сьогодні здорове харчування набуває все більшої популярності. Аналіз тенденцій світового ринку харчових продуктів свідчить, що асортимент оздоровчих продуктів харчування щороку збільшується на 40–50% в порівнянні з харчовими продуктами традиційного призначення, що становить 2–3% [1]. Згідно зі статистикою, ринок оздоровчих продуктів зростає зі швидкістю, яка набагато перевищує темпи росту ринку звичайних продуктів. І якщо у 1997 р. обсяг оздоровчої продукції склав 38,9 млрд доларів США, то у 2012 р. він зріс до 165,6 млрд доларів США [2].

Основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів є борошно пшеничне вищих сортів. Таке борошно під час виробництва, за рахунок видалення таких цінних частин зернівки як оболонки, алейроновий шар, зародок, збіднюється на вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна [3]. Вважається, що підвищення біологічної цінності хліба є одним із шляхів забезпечення населення достатньою кількістю необхідних для здоров'я нутрієнтів, оскільки добова кількість споживання хліба у світі варіюється від 250 до 350 г на добу [4]. Тому однією з головних проблем хлібопекарської промисловості є розширення асортименту продукції, збагаченої поживними речовинами та цінними нутрієнтами [5]. У той же час, збільшення кількості населення у світі диктує свої вимоги до підвищення ефективності використання наявної продовольчої сировини для виробництва харчової продукції. Водночас повноцінне та безпечне харчування є одним із найважливіших чинників, які визначають

здоров'я населення. Харчування забезпечує нормальний ріст і розвиток дітей, сприяє профілактиці захворювань, продовженню життя людей, підвищенню працездатності та створює умови для адекватної адаптації людини до умов навколишнього середовища. Успішне розв'язання проблеми харчування залежить від створення оздоровчих харчових продуктів [6].

Відомо, що у продовольчому ланцюзі виробництва хліба і забезпечення такою продукцією населення втрачається близько 30% зернової сировини під час проміжних операцій доробки і зберігання зерна, переробки зерна на борошно. Зернівка пшениці вміщує в своєму складі весь набір поживних речовин, необхідних для зростання і розвитку живого організму. Це білки, вуглеводи, ліпіди, мінеральні і баластні речовини, вітаміни і ферменти. За традиційною технологією переробки зерна пшениці на сортове борошно, що склалася ще понад 200 років тому, значна частина фізіологічно важливих і біологічно активних речовин (вітаміни, ферменти, мінеральні і баластні речовини та ін.) відділяється від зерна і направляється у кормовий продукт – висівки, збіднюючи тим самим харчову цінність сортового борошна [7]. Сучасні тенденції до максимального використання усіх анатомічних частин зерна злакових культур у харчуванні людини зумовлюють актуальність розроблення нових технологій перероблення зернових з отриманням продуктів на основі цілого зерна, яке є джерелом цінних нутрієнтів. Такі продукти необхідні для створення збалансованих харчових раціонів оздоровчого спрямування [1]. Виробництво хліба із цілого зерна або

диспергованої зернової маси дозволяє уникнути проміжних етапів переробки зерна і отримувати кінцевий продукт, досягаючи підвищення ефективності використання зернової сировини, мінімізуючи втрати матеріальних, енергетичних, трудових ресурсів у технологічному циклі [8, 9]. Проте сировинна база для такої продукції на сьогодні є досить обмеженою через відсутність розроблених технологічних рішень і закономірностей формування якості продукції [9]. Спельта за походженням близька до пшениці, її зерно належить до органічних і нетрадиційних

видів зерна злакових культур [10, 11]. Тому виробництво органічного спельтового хліба є актуальним для хлібопекарської галузі завданням.

Аналіз останніх досліджень. Спельта, порівняно з традиційними видами пшениці, має підвищений вміст білків, ліпідів, харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин, що є основною причиною зростання попиту на цю культуру у країнах ЄС та США [10]. Хімічний склад борошна із суцільнозмеленого зерна пшениці та спельти наведено в табл.1 [9, 12, 13].

Таблиця 1

Хімічний склад борошна із суцільнозмеленого зерна пшениці та спельти на СР [9, 12, 13]

Складові	Борошно із суцільнозмеленого зерна	
	пшеничне	спельтове
Поживна цінність		
Білки, г	13,67	17,46
Жири, г	2,01	3,17
Вуглеводи	81,73	75,92
в т.ч.: крохмаль, г	62,98	52,49
цукри, г	3,94	3,62
Харчові волокна, г	12,61	14,34
в т.ч. клітковина, г	3,3	2,1
Пентозани, г	4,81	4,05
Зола, г	1,62	1,97
Мінеральні речовини, мг/100г		
Калій	302	391
Кальцій	50	44
Магній	104	102
Фосфор	314	358
Залізо	4,31	4,57
Мідь	0,44	0,48
Цинк	1,97	3,09
Вітаміни, мг/100 г		
В1 (тіамін)	0,43	0,39
В2 (рибофлавін)	0,16	0,13
РР (ніацин)	4,9	6,5
В5 (пантотенова кислота)	0,49	0,96
В9 (фолацин)	39	42
Е (токоферол)	2,71	2,86
К (філохінон)	1,92	3,71

Для спельти характерний високий вміст білка. У роботах [9, 12, 13] встановлено, що зерно спельти перевищує зерно пшениці за вмістом білка (28%), жирів (58%), мінеральних речовин (22%). Поряд із цим, воно містить менше вуглеводів (7,6%), зокрема крохмалю (20%). Загальний вміст харчових волокон у зерні спельти більший, ніж у зерні пшениці, але при цьому менше клітковини [12]. Зерно спельти характеризується багатим складом макроелементів (K, Ph, S, Mg) та мікроелементів (Zn, Cu, Fe, Se, Mn), порівняно із зерном пшениці [13, 14]. Серед вуглеводів спельти заслуговують на увагу

мукополісахариди, здатні зміцнювати імунітет, знижувати рівень холестерину в крові [14].

Зерно спельти переробляють на борошно [14] і крупи [11]. Борошно зі спельти застосовується у виробництві хлібобулочних [12], кондитерських [15] та макаронних виробів [16]. Зважаючи на те, що спельтове борошно має високу харчову цінність, вироби з такого борошна можуть бути віднесені до функціональних продуктів харчування [14]. Однак за хлібопекарськими властивостями таке борошно значно поступається традиційному пшеничному борошну вищих сортів і характеризується як слабке за силою [11]. Допускають [17], що структура крохмальних

гранул спельти, наявність меншої частки пошкодженого крохмалю в спельтовому борошні може знижувати цукроутворювальну здатність борошна через ускладнений доступ β -амілази до крохмальних гранул. Зменшений вміст власних цукрів у борошні спельти і недостатня цукроутворювальна здатність, у тому числі внаслідок низької активності β -амілази, не забезпечують в достатній кількості життєдіяльність дріжджів під час дозрівання тіста.

Виробництво цілнзернового хліба є перспективною технологією з точки зору ресурсозбереження продовольчої сировини, оскільки не вимагає переробки зерна на борошно і, відповідно, втрат фізіологічно цінних компонентів зернівки [18]. Однак споживчі якості таких виробів є зниженими, а виробничий процес тривалим внаслідок необхідності розрихлення ендосперму та біологічної активації ферментів зернівки під час замочування зерна [19]. У якості основної сировини для виробництва хліба із цілого зерна використовують пшеницю [20], амарант [21].

Для поліпшення якості хліба із цілого зерна пшениці використовують борошно з крихти пшеничних і вівсяних пластівців у кількості 25% до маси цілого зерна [22]. Відомо також використання коренеплодів, а саме селери [23], для підвищення якості виробів. Встановлено, що використання плазмoxiмічно активованої води для замочування зерна пшениці і замішування тіста викликає скорочення тривалості виробництва хліба і підвищення його якості [24].

Щодо зерна спельти, для виробництва харчових продуктів, і хліба зокрема, використовуються лише продукти переробки його переробки – борошно, крупи. Зважаючи на високу біологічну цінність зерна спельти, невирішеним на сьогодні залишається питання дослідження можливостей її використання для виробництва хліба із цілого, біологічно активованого, зерна із урахуванням функціонально-технологічних властивостей зерна спельти і перспектив підвищення біологічної цінності кінцевої продукції. Тому необхідне обґрунтування доцільності використання спельти для виробництва цілнзернової хлібної продукції для забезпечення населення України масовими харчовими продуктами оздоровчого призначення.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка і обґрунтування технології виробництва спельтового хліба із диспергованого зерна з урахуванням особливостей функціонально-технологічних характеристик зерна спельти і застосуванням додаткової підготовки води в

технології, яка має забезпечити підвищення якості біологічно цінної продукції.

Викладення основного матеріалу. Для проведення досліджень використовували зерно пшениці озимої, вирощене в умовах Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету, та зерно спельти органічної, культивоване в ТОВ «Двіпа» (Дніпропетровська область). У якості рецептурних компонентів рецептур застосовували: дріжджі хлібопекарські пресовані ТМ «Львівські» (ТУ У 10.8-00383320-001); суха пшенична клейковина виробництва «Cargill» (ТУ 9189-005-00365517-06); харчова добавка «Аграм темний» (ТУ 9293-024-18256266-03), насіння чіа (чорне, країна походження Мексика), сіль кухонна харчова (ДСТУ 3583:2015). Для замочування зерна і замішування тіста використовували питну воду без обробки та магістральну воду, піддану дії контактної нерівноважної плазми (КНП). Обробку води проводили у плазмoxiмічному реакторі об'ємом 0,5 дм³ дискретного типу [25].

Замочування зерна пшениці здійснювали при гідромодулі 1:1 і температурі 18–22°C, протягом 24 годин промивання зерна після замочування. Диспергування зерна пшениці і спельти проводили до утворення гомогенної зернової маси шляхом пропускання біологічно активованого зерна крізь матрицю диспергатора із отворами діаметром 3 мм. Дисперговану зернову масу зберігали в охолодженому стані при температурі 8°C протягом 24 год. Вологість досліджуваної сировини визначали термогравіметричним методом (ДСТУ ISO 21415-2:2009). Для визначення активної кислотності тіста використовували скляний комбінований електрод рН-метр марки EZODO MP-103. До підготовленої зернової маси додавали інші компоненти за рецептурою та замішували тісто. Тривалість бродіння тіста із диспергованого пророщеного зерна пшениці і спельти при температурі 30±1°C становила 120 хв. з одним обминанням. Після дозрівання проводили оброблення тіста і вистоювання тістових заготовок до готовності, яку визначали органолептично. Випікання проводили протягом 45 хв. при температурі 210–230°C і зволоженні пекарної камери. Після 4 годин остигання виробів при кімнатній температурі проводили аналіз їх споживчих якостей. Комплексну оцінку якості здійснювали баловим методом, а фізико-хімічні показники – за стандартними методиками (ДСТУ 7045:2009).

Для приготування тіста з диспергованого зерна використовували безопарний спосіб, який передбачає змішування тіста з усіма компонентами за рецептурою. Функціональну схему приготування хліба наведено на рис. 1.

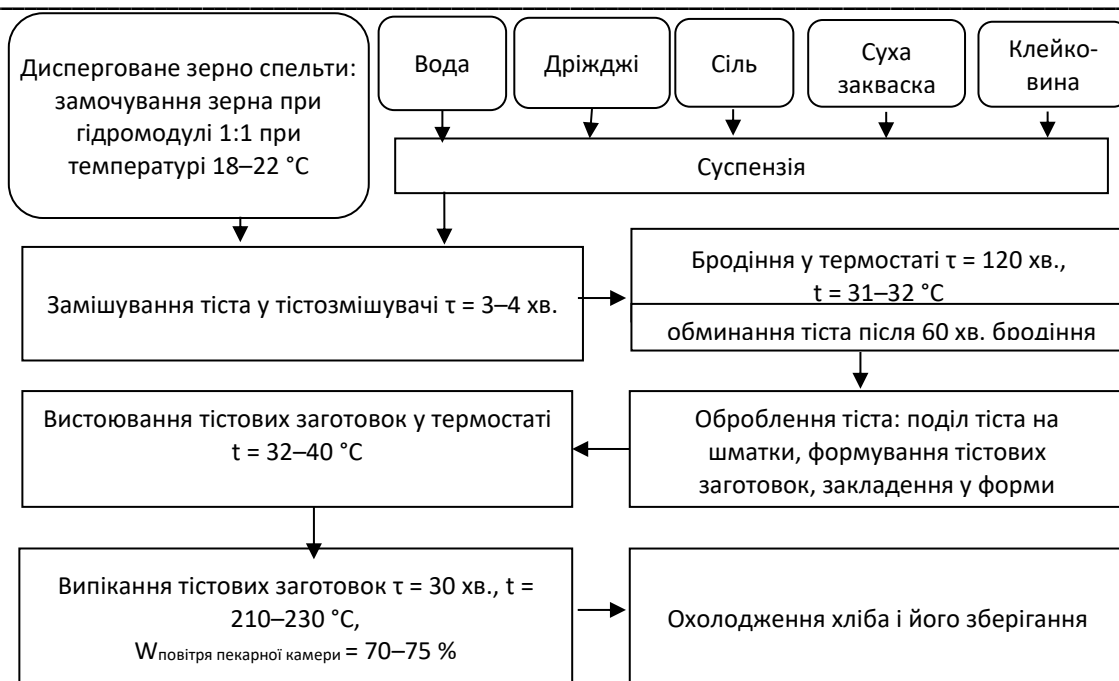


Рис. 1. Функціональна схема приготування хліба із диспергованого зерна

Було визначено показники якості та особливості хімічного складу зерна пшениці і спелти (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика зерна пшениці і спелти

Показники	Пшениця	Спельта
Вологість, %	11,6	12,4
Масова частка сирової клейковини, %	26	34
Натура, г/л	820	731
Якість клейковини: група	I	II
одиниць приладу ВДК	66	93
Склоподібність, %	60	43
Масова частка білка, %	10,3	12,8
Зола, %	1,4	1,5
Жир, %	1,89	1,82
Клітковина, %	3,01	2,26

Як видно з даних табл. 2, зерно спелти відрізняється від пшениці в першу чергу за білковою складовою. Вміст білка у зерні спелти порівняно із зерном пшениці більший на 2,5%, а за масовою часткою сирової клейковини зростає на 7,8%. Відомо, що білок зерна спелти відрізняється за своїм амінокислотним і фракційним складом від білка спелти [12]. Зерно пшениці належить до глютенівмісної сировини, що може викликати у людей різні види непереносимості глютену [26]. Незважаючи на те, що зерно спелти також містить у своєму складі клейковину, однак вона відрізняється за своїм складом та вважається гіпоалергенною [12]. Тому спелтові харчові продукти можуть вживатися людьми, що мають певні види непереносимості

глютену, наприклад, чутливість до цього харчового компоненту [27]. Зерно спелти, незважаючи на підвищений порівняно із зерном пшениці вміст білка, має нижчу склоподібність і якість клейковини. Це узгоджується з даними роботи [12].

Вміст мінеральних речовин також вищий для зерна спелти [12, 13]. При цьому слід відмітити нижчий вміст клітковини у зерні пшениці. Це пов'язано з особливостями анатомічної будови зернівки спелти, яка належить до плівчастих культур та використовується для перероблення після звільнення від квіткових оболонки у процесі лущення.

Вміст жиру для зразків зерна пшениці і спелти коливається несуттєво в межах 1,82–

1,89 %, однак у роботах [12] зазначена суттєва різниця у жирнокислотному складі зерна спельти від пшениці, яка полягає у тому, що ліпіди спельти представлені більшим розмаїттям жирних кислот.

Для визначення впливу зерна спельти на якість цільнозернового хліба зерно спельти (дослід) і зерно пшениці (контроль) замочували протягом 24 годин. Тісто готували безопарним способом за

рецептурою: диспергованого зерна спельти (пшениці) – 250 г; вміст інших компонентів становив: дріжджі – 3%; сіль – 1,5% ; клейковина 2%; закваска – 0,2%. Вологість диспергованого зерна спельти і пшениці становила 44,1 і 44,2% відповідно. На рис. 2 наведено динаміку кислотонакопичення у тісті із диспергової спельти, проготованому за базовою рецептурою [20].

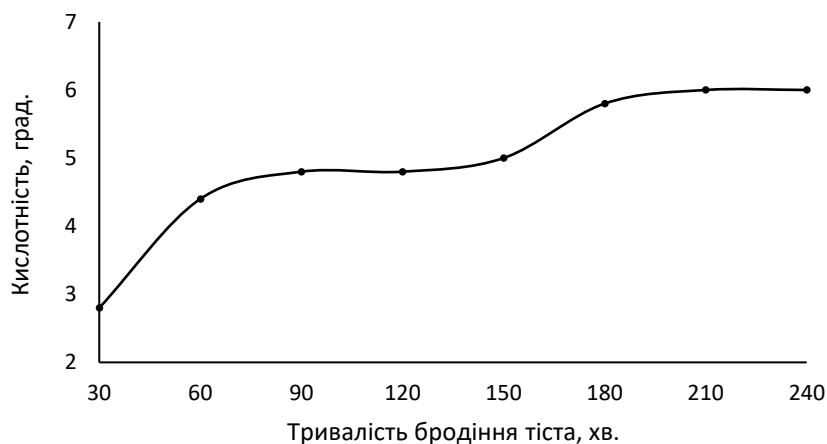


Рис. 2. Зміна кислотонакопичення у тісті на диспергованому зерні спельти

Накопичення органічних кислот і кислотореагуючих сполук відбувається найбільш активно у першу годину бродіння та затримується з 90 до 150 хв. Наступним етапом зростання кислотонакопичення є бродіння тіста протягом 150–180 хв. Тому збільшення тривалості дозрівання тіста буде сприяти появі кислого присмаку готових виробів. При цьому встановлено, що активна кислотність тіста на

диспергованому зерні спельти змінюється несуттєво з 5,3 до 5,42.

Як видно з представлених на рис. 3 результатів дослідження, хліб із диспергованого зерна спельти характеризується зниженням на 7% питомим об'ємом і має знижені органолептичні якості порівняно зі зразками хліба, виготовленими на диспергованому зерні пшениці.

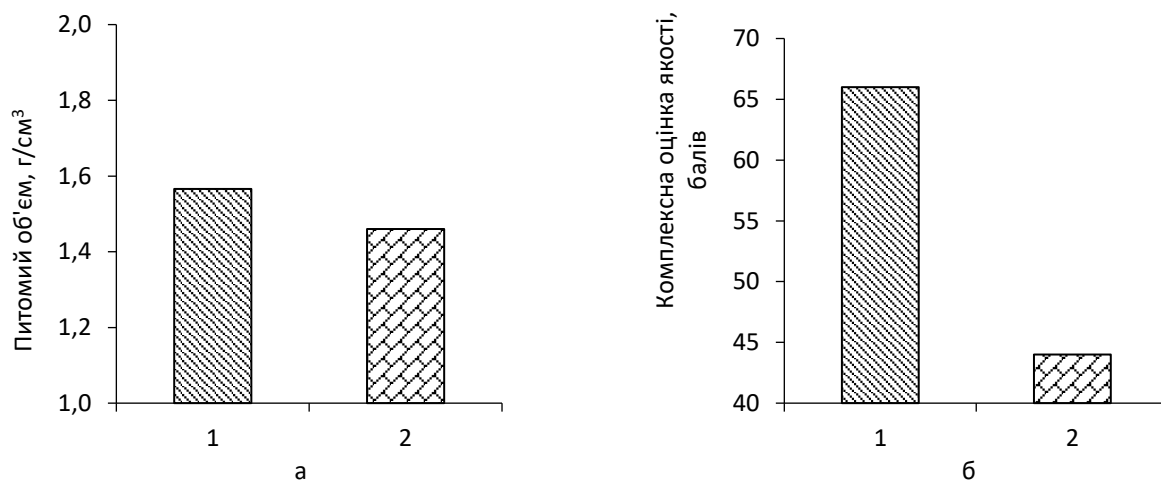


Рис. 3. Якість хліба із диспергованого зерна спельти (2) порівняно з хлібом із диспергованого зерна пшениці (1) за показником питомого об'єму (а) і комплексної оцінки якості (б)

Очевидно, що знижена якість хліба з цілого зерна спельти порівняно із хлібом із цілого зерна

пшениці зумовлена низькою газоутворювальною здатністю тіста [10, 11, 17]. Тобто для отримання

спельтового цілнозернового хліба необхідно проводити коректування рецептури та технологічних параметрів обробки зерна спельти.

Останнім часом зростає зацікавленість населення до нетрадиційних видів зернової сировини, зокрема насіння чіа. У роботах [27, 28] показано, що насіння чіа має високі технологічні якості і проявляє емульгуючу, вологоутримувальну властивості. Окрім цього, насіння чіа належить до харчової сировини з високою поживною цінністю, що містить близько 22% білків, 33% жирів та 41% вуглеводів. При цьому вуглеводи насіння чіа на 65,5% складаються з некрохмальних полісахаридів [27, 29]. Насіння чіа застосовується під час виробництва хліба і кондитерських виробів для покращення харчової цінності, підвищення вмісту харчових волокон і мінеральних речовин у готових виробах [27–29]. У роботі [29] встановлено позитивний вплив насіння чіа на амінокислотний склад продукту за рахунок зростання вмісту лейцину, валіну, ізолейцину, фенілаланіну, треоніну, лізину. Тому

для підвищення функціонального статусу хліба із цілого зерна було досліджено вплив насіння чіа на якість хліба із диспергованого зерна спельти. У базову рецептуру було введено насіння чіа в цілому та подрібненому вигляді у кількості 10% у перерахунку на сухі речовини диспергованої зернової маси. У табл. 3 наведено зміну показників активної кислотності і температури бродіння на початку (0 хв.) та наприкінці (12 хв.) бродіння тіста із диспергованого зерна спельти. Встановлено, що наприкінці бродіння зразки з цілим зерном чіа мали найнижчу активну кислотність (5,23). Зразки з подрібненим насінням характеризувалися вищими значеннями активної кислотності (5,28), наближеними до контролю без чіа. У цілому, протягом бродіння тіста, приготованого із диспергованого зерна спельти, відбувалося зниження активної кислотності, тобто зростання кількості йонів водню у тістовому напівфабрикаті. Температура тіста знаходилася на сприятливому для мікрофлори спиртового бродіння рівні.

Таблиця 3

Показники бродіння тіста із диспергованого зерна спельти з чіа

Тісто на диспергованому зерні спельти	Температура тіста, °С		Активна кислотність	
	на початку бродіння	наприкінці бродіння	на початку бродіння	наприкінці бродіння
Контроль	28,3	29,2	5,32	5,27
З цілим чіа	28,3	29,0	5,26	5,23
З подрібненим чіа	28,1	29,3	5,32	5,28

Результати досліджень, представлені на рис. 4, свідчать, що подрібнене насіння чіа позитивно впливає на питомий об'єм хліба, адже об'єм такого хліба на 6–8% вищий у порівнянні з

контрольними зразками виробів без чіа. За графіками рис. 4, 5 видно, що за комплексною оцінкою зразки хліба з подрібненим чіа на 36% перевищують контрольні зразки.

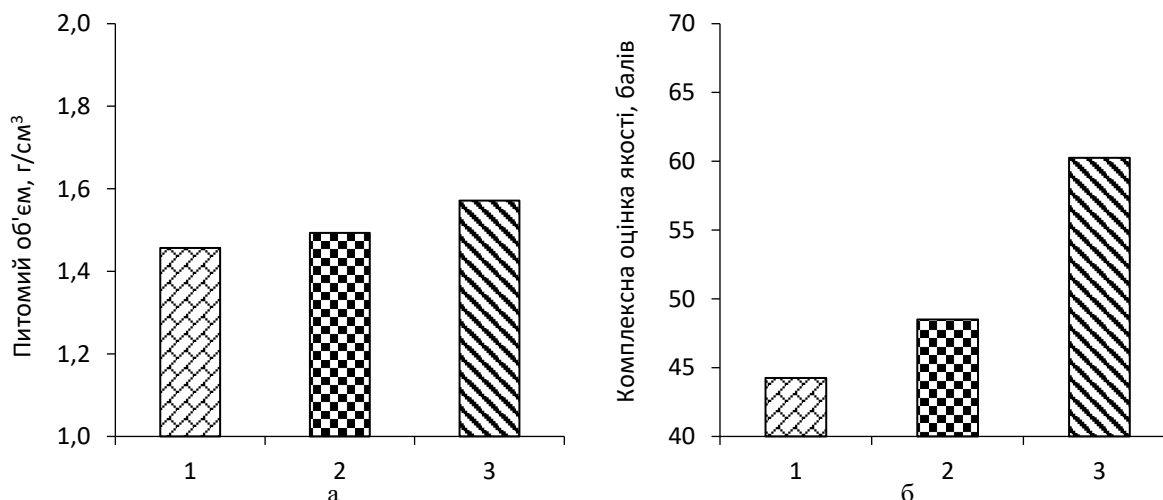


Рис. 4. Вплив додавання насіння чіа цілого (2) і здрібненого (3) у порівнянні із контролем (1) на якість хліба із диспергованого зерна спельти за показником питомого об'єму (а) і комплексної оцінки якості (б)

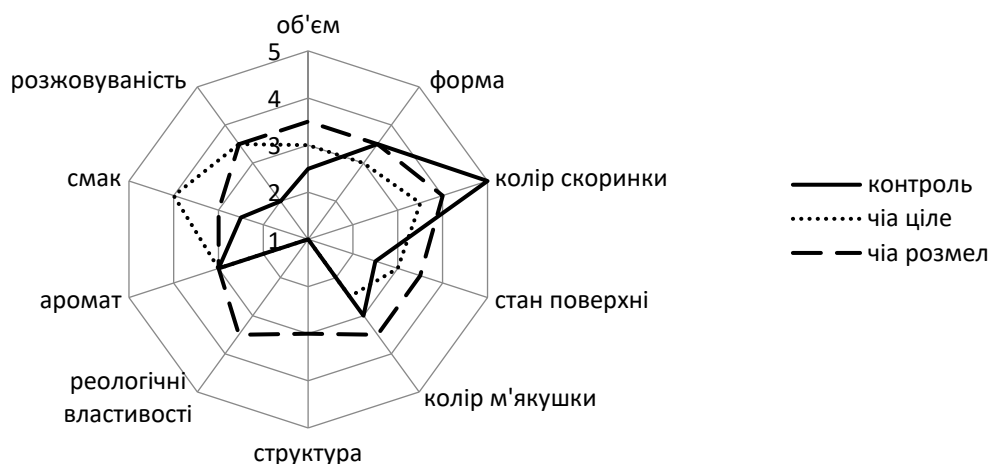


Рис. 5. Органолептичні профілі якості хліба із диспергованого зерна спельти з додаванням чіа

Аналіз фізико-хімічних показників якості досліджуваних зразків хліба із цілого зерна спельти із додаванням насіння чіа і виготовлених за базовою рецептурою показав, що усі зразки не мають суттєвих відмінностей. Таким чином, щодо підвищення якості хліба із диспергованого зерна спельти, введення у рецептуру здрібненого насіння чіа дозволяє підвищити його якість поряд із внесенням додаткових біологічно активних речовин до складу продукту. Очевидно, що використання здрібненого чіа більш ефективно позначається на якості хліба внаслідок підвищення водопоглинальної здатності тіста. У той же час, використання здрібненого чіа негативно впливає на колір виробів із пшеничного борошна вищого сорту [29]. Для хліба із диспергованого зерна характерний темний колір м'якушки і скоринки, тому застосування здрібненого чіа є прийнятним.

Окрім проблеми підвищення споживчих властивостей хліба із цілого зерна актуальним

залишається скорочення найбільш тривалої стадії виробництва такого хліба – замочування зерна, направлено на активізацію біохімічних процесів у зернівці. У роботах [19, 29] показано ефективність застосування плазмохімічно активованої води для виробництва цільнозернового хліба на диспергованому зерні пшениці. Однак зерно спельти суттєво відрізняється за своїм хімічним складом і технологічними властивостями від зерна пшениці, що потребує проведення експериментальних досліджень у напрямі її застосування у поєднанні з плазмохімічно активованою водою.

Для замочування зерна спельти і замішування тіста на диспергованому зерні спельти використовували питну воду без обробки (контроль) та воду, піддану дії контактної нерівноважної плазми, характеристики якої наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Характеристики води, піддані дії контактної нерівноважної плазми, використаної для замочування зерна спельти

№ з/п	Тривалість дії плазми на воду, хв.	pH води	Концентрація пероксидних сполук, мг/л	Окисно-відновний потенціал, мВ
1	–	6,8	–	210
2	3	9,7	100	145
3	5	9,8	200	127
4	7	10,1	400	114
5	9	9,6	500	95

У першій серії досліджень впливу тривалості замочування зерна спельти і використання води, піддані дії контактної нерівноважної плазми для замочування, тривалість цього технологічного етапу було знижено з 24 до 16 годин. З рис. 6 видно, що вироби, виготовлені з використанням

плазмохімічно активованої води, мають вищий на 48% питомий об'єм порівняно із виробами, виготовленими з використанням води без попередньої обробки. При цьому дослідні зразки, виготовлені на воді, підданій дії контактної нерівноважної плазми з концентрацією

пероксидних сполук 200–400 мг/л, володіють найвищими показниками якості як за питомим об'ємом, так і за комплексною оцінкою.

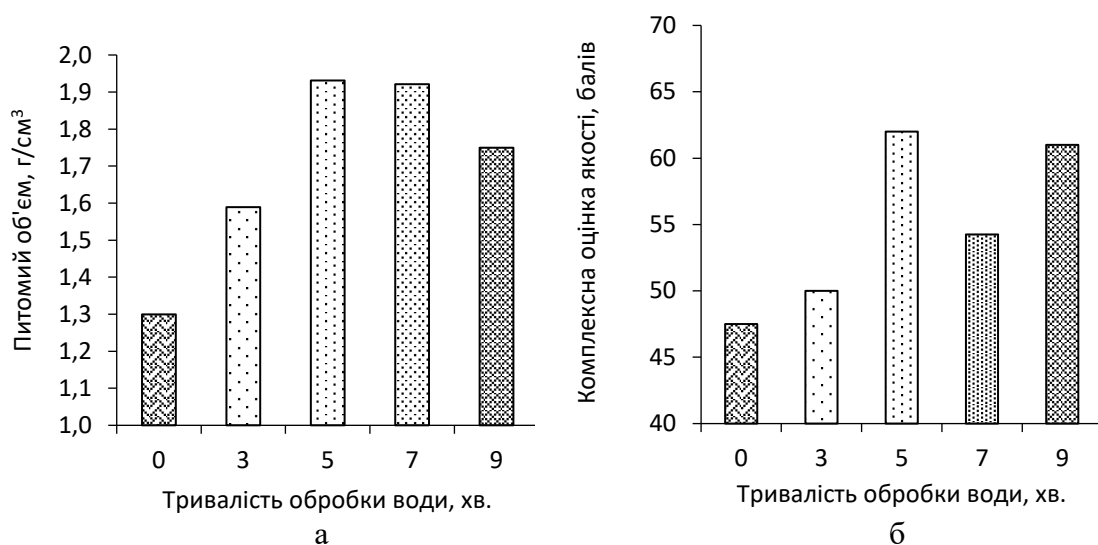


Рис. 6. Вплив плазмохімічно активованої води на якість хліба із диспергованого зерна спельти, що замочувалося 16 годин, з додаванням насіння чіа: а – питомий об'єм; б – комплексна оцінка якості

Збільшення тривалості замочування зерна спельти з 16 до 20 годин позитивно позначаються на якості хліба із диспергованого зерна спельти із

чіа на воді без додаткової обробки: питомий об'єм виробів зростає на 37%, а комплексна оцінка якості – на 3% (рис. 6, 7).

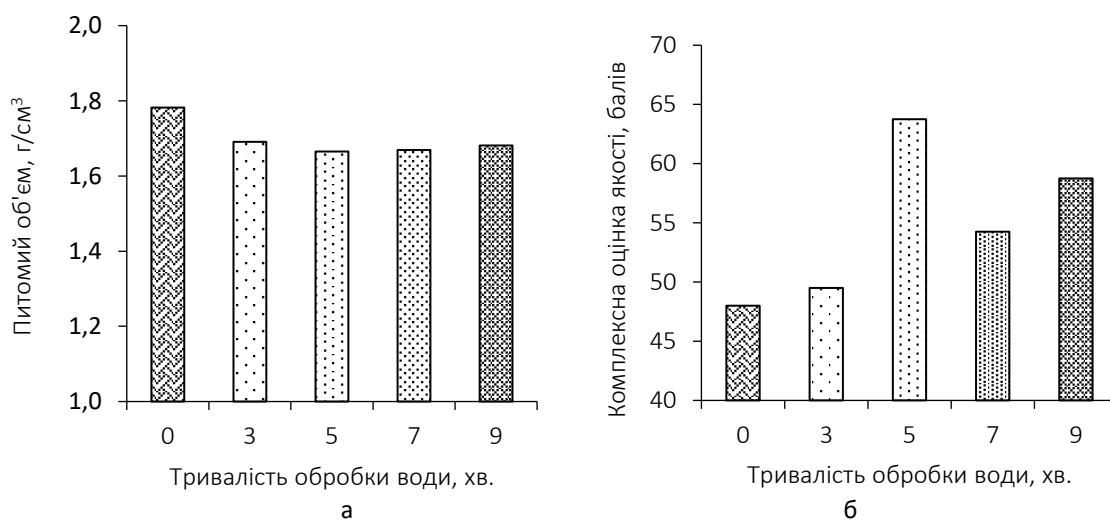


Рис. 7. Вплив плазмохімічно активованої води на якість хліба із диспергованого зерна спельти, що замочувалося 20 годин, з додаванням насіння чіа: а – питомий об'єм; б – комплексна оцінка якості

З рис. 7 видно, що застосування плазмохімічно активованої води при більш тривалому замочуванні зерна негативно позначається на питомому об'ємі хліба, який дещо знижується у порівнянні з контрольними зразками. Проте органолептичні властивості дослідних зразків є покращеними порівняно з контролем за рахунок поліпшення реологічних властивостей, структури пористості, стану поверхні та кольору м'якушки хліба.

У табл. 5 представлено фізико-хімічні показники якості хліба із диспергованого зерна спельти із додаванням чіа і використанням плазмохімічно активованої води. Вологість дослідних і контрольних зразків коливається у межах похибки. У той же час, за кислотністю виробів зразки, виготовлені з використанням плазмохімічно активованої води, характеризуються підвищеною кислотністю, що свідчить про активізацію кислотонакопичення у тісті під час дозрівання, що узгоджується з

результатами досліджень, представленими у роботі [24].

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники якості хліба із диспергованого зерна спельти із додаванням чіа, виготовленого з використанням плазмохімічно активованої води

Тривалість обробки води, хв.	Замочування зерна протягом 16 годин		Замочування зерна протягом 20 годин	
	Вологість, %	Кислотність, град.	Вологість, %	Кислотність, град.
0	39,1	1,0	38,2	1,2
3	40,0	1,2	38,8	1,4
5	40,2	1,2	38,7	1,6
7	39,8	1,4	38,8	1,4
9	39,0	1,4	38,6	1,6

Порівняльна характеристика деталізованої різної рецептури і технологічних параметрів органолептичної оцінки якості зразків хліба, обробки зерна під час замочування, наведена у виготовлених із диспергованого зерна спельти за табл. 6.

Таблиця 6

Органолептична оцінка якості хліба із диспергованого зерна спельти із додаванням чіа, виготовленого з використанням плазмохімічно активованої води

Показник	Характеристика хліба із диспергованого зерна спельти, виготовленого з використанням:		
	здрібненого чіа (замочування зерна 24 год.)	здрібненого чіа і обробленої плазмою води (замочування зерна 16 год.)	здрібненого чіа і обробленої плазмою води (замочування зерна 20 год.)
Форма	Правильна	Правильна	Правильна
Поверхня	Гладка, є незначна шорсткуватість	Гладка	Гладка, незначна шорсткуватість
Колір м'якушки	Сіруватий з частинками оболонки	Сіруватий з частинками оболонки	Сіруватий з частинками оболонки
Смак і запах	Присутній запах і присмак чіа	Присутній легкий приємний присмак чіа	Присутній запах і присмак чіа
Грудкування м'якушки під час розжовування	Відчувається незначне грудкування під час розжовування	Відсутнє	Відсутнє

За органолептичною оцінкою розглянуті зразки мають правильну форму, поверхня виробів гладка, однак для виробів без застосування плазмохімічно активованої води під час замочування зерна наявна незначна шорсткуватість. За смаковими характеристиками зразки із застосуванням плазмохімічно активованої води при замочуванні зерна протягом 16 годин характеризується найвищою якістю. При цьому грудкування під час розжовування характерне для хліба, виготовленого без використання плазмохімічно активованої води під час замочування спельтового зерна. Таким чином, застосування плазмохімічно активованої води для виробництва спельтового хліба із цілого зерна дозволяє не лише скоротити тривалість виробничого циклу, а й підвищити якість продукту.

Висновки. Застосування зерна спельти для виробництва хлібопекарської продукції дозволяє розширити асортимент виробів збагачених

поживними речовинами, зокрема білком, мукополісахаридами, харчовими волокнами. Використання спельти замість пшениці для виробництва хліба із диспергованого зерна негативно впливає на інтенсивність дозрівання тістових напівфабрикатів та якість хліба. Використання у рецептурі спельтового хліба із цілого зерна насіння чіа у кількості 10% дозволяє підвищити функціональний статус продукту і поліпшити його якість на 36% порівняно з контролем, підвищити об'ємний вихід хліба на 6–8%. Для інтенсифікації виробництва хліба із диспергованого зерна спельти доцільно на етапі замочування зерна використовувати воду, піддану дії контактної нерівноважної плазми до концентрації пероксидних сполук 200–400 мг/л. Це дозволяє скоротити тривалість виробничого циклу на 8 годин, суттєво поліпшити органолептичні показники якості хліба. При цьому збільшення тривалості замочування спельти при застосуванні плазмохімічно

активованої води не є раціональним. У подальших дослідженнях планується розроблення технології сухих композитних борошняних сумішей на основі диспергованого зерна спельти та її наукове обґрунтування.

Список використаних джерел:

1. Бастриков Д.О., Панкратов Г.В. Новый продукт из целого зерна пшеницы. *Хлебопродукты*. 2006. № 4. С. 36–37.
2. Палумбрик М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'ї людини. Київ: Академперіодика, 2011. 487 с.
3. Бортнічук О.В., Цирульнікова В.В., Доценко В.Ф. Використання пшеничних висівків у виробництві хлібобулочних виробів. *Технічні науки – технології продовольчих товарів*. 2014. № 1 (12). С. 8–12.
4. Богатырева Т.Г. Использование полбяной муки в технологии хлебобулочных изделий. *Хлебопродукты*. 2013. № 2. С. 40–43.
5. Макарова О.В. Повышение качества хлеба на зерновой основе. *Зернові продукти і комбикорми*. 2015. № 4 (60). С. 38–44.
6. Сіренко Н.М., Чайка Т.О. Органічні продукти харчування у забезпеченні продовольчої безпеки України. *Економіка АПК*. 2012. № 1. С. 49.
7. Семенова А.Б., Писарець О.П., Дробот В.І. Дослідження структурно-механічних властивостей тіста з сущільнозмеленого пшеничного та спельтового борошна. *Хранение и переработка зерна*. 2016. № 6–7. С. 58–61.
8. Slavin J. Why whole grains are protective: biological mechanisms. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2003. № 62 (01). P. 129–134
9. Дудко М.А. Сокол Н.В. Разработка технологии зернового хлеба из высокобелковых сортов пшеницы. Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2015. № 8. С. 87–90.
10. Escarnot E. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 2012. № 16 (2). P. 243–256.
11. Vojnanska T. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. *Rostlinna Vyroba*. 2002. № 48. P. 141–147.
12. Дробот В.І., Михонік Л.А., Семенова А.Б. Порівняльна характеристика хімічного складу та технологічних властивостей сущільнозмеленого пшеничного борошна та борошна спельти. *Технологія хранения и сушки*. 2014. № 4. С. 37–39.
13. Господаренко Г.М., Полторецький С.П., Любич В.В. Формування якості макаронних і кондитерських виробів із зерна пшениці спельти. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. №1. С. 199–210. DOI: 10.31521/2313-092X
14. Дробот В.І., Михонік Л.А. Технологічні аспекти використання борошна спельти у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси: збірник наукових праць*. 2014. № 2. С. 15–17.
15. Любич В.В. Кондитерські властивості зерна пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2017. № 91. С. 46–54.
16. Алавердян Л.М., Юдічева О.П., Романенко О.В. Борошно зі спельти: визначення та обґрунтування тенденцій розвитку ринку, оцінка якості. *Товарознавчий вісник*. 2019. № 12. С. 6–17.
17. Семенова А.Б., Писарець О.П., Дробот В.І. Порівняння вуглеводно-амілазного комплексу пшеничного та спельтового борошна. *Товарознавчий вісник*. 2016. № 7. С. 178–182.
18. Семенова А.Ю., Дробот В.І. Обґрунтування складу рецептурної композиції з сущільнозмеленого борошна спельти та гречаних пластівців. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали міжнарод. наук. конфер., м. Київ, 10–11 квітня 2014 р. / гол. ред.. О.Ю. Шевченко. Київ, 2014. С. 172–173.
19. Mykolenko, S., Stepanskiy D., Tishchenko A. Investigation of the effect of water exposed to nonequilibrium contact plasma onto *saccharomyces cerevisiae* yeast. *Ukrainian food journal*. 2014. №. 3. P. 218–228.
20. Миколенко С.Ю., Соколов В.Ю., Пенькова В.В. Дослідження технологічних аспектів виробництва хліба із диспергованої зернової маси з використанням додаткової підготовки сировини. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2016. № 64. С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.15673/gpmf.v64i4.260>
21. Макарова О.В., Пшенишнюк Г.Ф., Иванова А.С. Повышение качества хлеба на зерновой основе. *Зернові продукти і комбикорми*. 2015. № 4. С. 38–44.
22. Шмалько Н.А., Бочкова Л.К., Росляков Ю.Ф. Использование диспергированных семян амаранта в хлебопечении. *Хлебопек*. 2004. № 1. С. 24–26.
23. Кордзая Н.Р. Якість цільнозернового пшеничного хліба з використанням коренеплідних овочів. *Товари і ринки*. 2012. № 1. С. 102–110.
24. Півоваров О.А., Миколенко С.Ю. Особливості безопарного приготування хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів. *Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. Донец. нац. ун-ту економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського*. 2011. № 27. С. 140–146.
25. Pivovarov A., Mykolenko S., Honcharova O. Biotesting of plasma-chemically activated water with use of hydrobionts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 10 (88). P. 44–50. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.107201
26. Бельмер С. А. Непереносимость глютена и показания к безглютеновой диете. *Врач*. 2011. № 5. С. 17–21.
27. Шидакова-Каменюка О.Г., Шкляев О.М., Рогова А.Л. Аналіз хімічного складу насіння чіа як перспективної сировини для кондитерських виробів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2017. № 25. С. 80–91.
28. Васильев С.В., Папук Н.В. Зерно полби – перспективна сировина для продуктів функціонального призначення. Проблеми формування здорового способу життя у молоді: матеріали всеукр. наук.-практ. конфер., м. Одеса, 29 вересня -1 жовтня 2017 р. / гол. ред. Б. В. Єгоров. Одеса, 2017. С. 68–69.
29. Миколенко С.Ю., Царук Л.Ю., Чурсінов Ю.О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Нові рішення в сучасних технологіях*. 2019. № 5. С. 145–151.

С. Ю. Мыколенко, М. Ю. Омельченко. Использование диспергированного зерна спельты для производства хлеба

Освещены технологические аспекты использования зерна спельты для производства хлеба из целого зерна. Установлено, что применение семян чиа позволяет повысить потребительские качества хлеба из диспергированного зерна спельты. Доказано, что применение воды, подвергнутой действию контактной неравновесной плазмы, для замачивания зерна спельты способствует интенсификации производства хлеба из целого зерна.

Ключевые слова: спельта, диспергированное зерно, хлеб, плазмохимически активированная вода.

S. Mykolenko, M. Omelchenko. Application of sprouted spelt grain for bread production.

Technological aspects of spelt spouted wholegrain application for bread production are highlighted. It is established that using chia seeds can improve the bread organoleptic characteristics. It is proved that using water exposed to the action of contact non-equilibrium plasma for soaking spelt grain contributes to the intensification of sprouted whole grain bread production.

Keywords: spelt, sprouted whole grain, bread, chia seeds, plasma-chemically activated water.