**DOI https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-31**
УДК 664.68.002.237

Л. С. Ковальова, здобувачка вищої освіти ORCID: 0009-0006-5507-9344
Н. А. Сова, канд. техн. наук, доц. ORCID: 0000-0003-4750-2473
Е. Б. Алієв, д-р техн. наук, ст. дослідник ORCID: 0000-0003-4006-8803
В. С. Кошулько, канд. техн. наук, доц. ORCID: 0000-0002-0744-6318
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*
e-mail: sova.n.a@dsau.dp.ua

# ВПЛИВ ЦІЛЬНОЗЕРНОВОГО БОРОШНА НА ЯКІСТЬ І ПРОФІЛЬ ТЕКСТУРИ ЗАТЯЖНОГО ПЕЧИВА

*Анотація*. У статті обґрунтовано актуальність удосконалення рецептури затяжного печива в контексті зростання попиту на продукти раціонального харчування. Мета роботи – дослідження впливу рецептури печива затяжного з використанням цільнозернового пшеничного та спельтового борошна, у тому числі з чорнозерних сортів, на якісні показники й профіль текстури готових виробів. Дослідження проведено на п'яти зразках: контроль і чотири дослідні з повною заміною борошна на цільнозернове пшеничне, цільнозернове спельтове, чорнозерне цільнозернове пшеничне й чорнозерне цільнозернове спельтове. Установлено, що використання цільнозернових та особливо чорнозерних видів борошна зумовлює зниження світлоти готового печива та формування більш насиченого темного кольору, підвищення вмісту білка, клітковини й зольних речовин порівняно з контролем. Реологічні дослідження показали істотну модифікацію властивостей тіста. За сукупністю отриманих результатів найбільш перспективними визначено зразки на основі чорнозерного цільнозернового борошна пшениці та спельти.

*Ключові слова*: борошно цільнозернове, чорнозерна пшениця, чорнозерна спельта, печиво затяжне, реологічні властивості.

*Постановка проблеми*. Актуальність наукових досліджень щодо вдосконалення рецептури затяжного печива зумовлена все більшим інтересом споживачів до продуктів здорового та раціонального харчування, багатих на харчові волокна, мікронутрієнти й біологічно активні сполуки. Затяжне печиво є зручним для модифікації видом борошняних кондитерських виробів завдяки своїй структурі, низькому вологовмісту й тривалому терміну зберігання. Включення цільнозернового борошна до рецептури дає змогу підвищити поживну та біологічну цінність виробів за рахунок збереження оболонкових частин зерна, які містять клітковину, вітаміни групи В, мінеральні речовини й антиоксиданти. Водночас традиційні рецептури затяжного печива базуються переважно на традиційному сортовому борошні, що обмежує їх функціональний потенціал і неповною мірою відповідає сучасним рекомендаціям щодо структури щоденного раціону.

Разом із тим використання цільнозернового борошна може ускладнити технологічний процес виробництва печива затяжного, оскільки воно впливає на водопоглинальну здатність тіста, розвиток клейковинного каркаса, реологічні властивості, формування пористої структури й показники хрусткості готових виробів. Надмірний уміст оболонкових часток може призводити до підвищеної крихкості, погіршення формостійкості й зміни смако-ароматичного профілю печива. У зв'язку з цим актуальним є проведення комплексних наукових досліджень, спрямованих на вивчення можливості використання цільнозернового борошна в рецептурі печива затяжного з метою забезпечення високих органолептичних і структурно-механічних характеристик виробів. Результати таких досліджень сприятимуть створенню конкуренто-

спроможного асортименту затяжного печива з підвищеною поживною цінністю й оздоровчим спрямуванням.

*Аналіз останніх досліджень*. Біоактивні рослинні пігменти – антоціани, фітомеланіни та каротиноїди – зумовлюють забарвлення рослинної сировини й належать до групи потужних природних антиоксидантів. Антиоксидантна активність харчових компонентів є одним із ключових чинників біологічної цінності харчових продуктів, оскільки ці сполуки здатні нейтралізувати вільні радикали та знижувати ризик розвитку захворювань, пов'язаних з оксидативним стресом (онкологічні, серцево-судинні, нейродегенеративні патології, ожиріння, запальні процеси), а також сповільнювати процеси старіння й захищати організм від ультрафіолетового випромінювання [1].

На відміну від овочів і фруктів, злакові культури не є традиційним джерелом антоціанів, однак продукти їх переробки становлять основу щоденного раціону населення світу. У зв'язку з цим злаки з кольоровим зерном (синім, фіолетовим, чорним), зокрема рис, пшениця та ячмінь, викликають все більший інтерес у споживачів, переробників, виробників функціональних продуктів і селекціонерів у багатьох країнах світу (Китай, Індія, США, Канада, Австралія, Японія, Корея, країни ЄС) [1].

Пшениця є базовою продовольчою культурою, тому створення сортів із підвищеним умістом антоціанів має значний потенціал для формування нових харчових моделей. Чорнозерна пшениця характеризується темним забарвленням зерна, зумовленим високою концентрацією антоціанів – антиоксидантів, подібних за дією до пігментів чорниці. Борошно з чорнозерної пшениці має інтенсивне темне забарвлення, нижчий глікемічний індекс і виражений горіховий смаковий відтінок.

Зерно та продукти переробки чорнозерної пшениці сприяють підвищенню антиоксидантного статусу, підтримці серцево-судинної системи, нормалізації рівня глюкози в крові, контролю маси тіла й поліпшенню травлення [2–7]. Вони містять значну кількість вітамінів групи В, білків, вуглеводів і мінеральних елементів (Fe, Zn, Cu, Ca, Mg, K, Se, P), перевершують традиційну пшеницю за зазначеними показниками й антиоксидантною активністю [2–4].

Особливу роль серед фенольних сполук відіграє ферулова кислота, що має виражений антиоксидантний ефект. У зерні чорнозерної пшениці ідентифіковано близько 225 метаболітів, переважно флавоноїдної природи, які формують його темне забарвлення [8]. Уміст глютену в чорнозерній пшениці є нижчим порівняно зі звичайною, однак вона не належить до безглютенових продуктів [9].

Борошно з чорнозерної пшениці відзначається підвищеним умістом харчових волокон, білків, мінеральних речовин та антоціанів, що зумовлює його вищу поживну й біологічну цінність порівняно з традиційним пшеничним борошном [10].

Спельта (*Triticum spelta L.*) є плівчастим різновидом м'якої пшениці. Озимий сорт спельти Білбері став першим в Україні сортом із кольоровим зерном, що характеризується підвищеною поживною цінністю. Зерно цього сорту містить 60–80 мг/кг фіолетових антоціанів, що забезпечує високу антиоксидантну активність і зумовлює його потенціал для використання в лікувально-профілактичному харчуванні та рецептурах функціональних продуктів [11].

Борошно з чорнозерної спельти має сірувато-білий відтінок і збалансований склад білків, вуглеводів, жирів, клітковини, мінеральних речовин і вітамінів. Воно є джерелом вітамінів групи В, а також мінеральних речовин (Mg, Zn, Fe, Mn, Cu та Se), характеризується зниженим умістом глютену у водорозчинній формі, що сприяє його кращому засвоєнню, а також містить як прості, так і складні вуглеводи, важливі для підтримки імунної системи [12].

Вітчизняні й зарубіжні дослідження у сфері кондитерського виробництва спрямовані на вдосконалення рецептур печива затяжного шляхом збагачення його біологічно цінними інгре-

дієнтами. Для цього використовують овочеві порошки та пюре, ріпакове борошно, соєві ізоляти, шроти (гарбузовий, лляний, розторопші, ріпаковий) та інші нетрадиційні компоненти [13–19]. Водночас використання борошна цільнозернового, а особливо з пшениці та спельти чорнозерних, у рецептурах печива залишається недостатньо дослідженим, що обґрунтовує доцільність подальших наукових розробок у цьому напрямі.

*Формулювання мети статті (постановка завдання).* Метою роботи є дослідження впливу рецептури печива затяжного з використанням цільнозернового пшеничного та спельтового борошна, у тому числі з чорнозерних сортів, на якісні показники й профіль текстури готових виробів.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань: дослідити показники якості цільнозернового пшеничного та спельтового борошна, у тому числі отриманого з чорнозерних сортів; здійснити аналіз асортименту печива затяжного, у тому числі оздоровчого призначення, представленого на споживчому ринку України; розробити й виготовити дослідні зразки печива затяжного на основі обраного цільнозернового борошна, визначити вологість, колірні характеристики та реологічні властивості тіста; провести органолептичну оцінку готових виробів; визначити масову частку вологи, білків, жирів, клітковини та золи в дослідних зразках печива, а також розрахувати їх поживну й енергетичну цінність; дослідити реологічні властивості готових зразків печива затяжного.

При проведенні дослідження за прототип обрано типову рецептуру печива затяжного «Марія», у якій повністю замінювали борошно пшеничне вищого сорту на борошно цільнозернове пшеничне й спельтове, у тому числі з чорнозерних сортів.

У результаті одержано 5 зразків печива: зразок № 1 – контрольний зразок; зразок № 2 – із цільнозернового пшеничного борошна; зразок № 3 – із цільнозернового спельтового борошна; зразок № 4 – із чорнозерного цільнозернового пшеничного борошна; зразок № 5 – із чорнозерного цільнозернового спельтового борошна.

Виготовлення дослідних зразків печива затяжного здійснювали таким чином. На першому етапі проводили зважування попередньо підготовлених інгредієнтів згідно з рецептурним складом. Далі борошно, цукор, крохмаль і гідрокарбонат натрію просіювали та поміщали в ємність для замішування тіста. До суміші сухих компонентів поетапно вводили маргарин, інвертний сироп, меланж, молоко й ароматизатор, після чого здійснювали замішування до отримання однорідної пластичної маси, придатної для формування тістових заготовок. На наступній стадії тісто розкочували до товщини 5 мм, після чого формували заготовки за допомогою форм для печива. Перед випіканням духову шафу попередньо розігрівали до температури 200 °С, сформовані заготовки переносили на лист, попередньо застелений пергаментним папером. Випікання здійснювали протягом 10 хв до утворення характерного золотистого забарвлення готових виробів.

Оцінювання органолептичних показників якості дослідних зразків печива затяжного проводили відповідно до вимог ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови». Масову частку вологи в зразках борошна визначали з використанням вагів-вологоміра Radwag MA 110.R. Якість клейковини визначали за допомогою вимірювача деформації клейковини OLISLAB 6200 (ІДК-3МУ). Для дослідження колірних характеристик застосовували портативний колориметр Linshang LS173. Реологічні властивості тіста оцінювали за допомогою екстенсограм за загальноприйнятою методикою. Профіль текстури готових виробів оцінювали за допомогою відповідної методики й пристрою для його здійснення [20]. Масову частку білків, жирів, клітковини та золи в готових виробах визначали за стандартними методиками.

*Основна частина*. На першому етапі визначено якість борошна, обраного для дослідження, результати представлено на рис. 1. Масова частка вологи в досліджуваних зразках борошна

знаходилася в межах від 9,5 % (цільнозернове пшеничне борошно) до 12,8 % (чорнозерне цільнозернове спельтове борошно). Уміст сирої клейковини в борошні пшеничному вищого сорту становив 24,8 %, масова частка клейковини в зразках борошна цільнозернового варіювала від 21,60 % (чорнозерне цільнозернове пшеничне борошно) до 27,20 % (чорнозерне цільнозернове спельтове борошно). Установлено, що вміст клейковини в зразку чорнозерного цільнозернового спельтового борошна перевищував відповідний показник традиційного пшеничного борошна вищого сорту. Аналіз якості клейковини показав, що пшеничне борошно вищого сорту, цільнозернове спельтове борошно та чорнозерне цільнозернове спельтове борошно характеризувалися показниками вимірювача деформації клейковини в межах 63–68 од. ВДК, що відповідає першій групі якості (добра клейковина). Натомість цільнозернове пшеничне борошно та чорнозерне цільнозернове пшеничне борошно мали значення 30 од. ВДК, що, згідно з класифікацією, відповідає третій групі якості (незадовільно міцна клейковина).

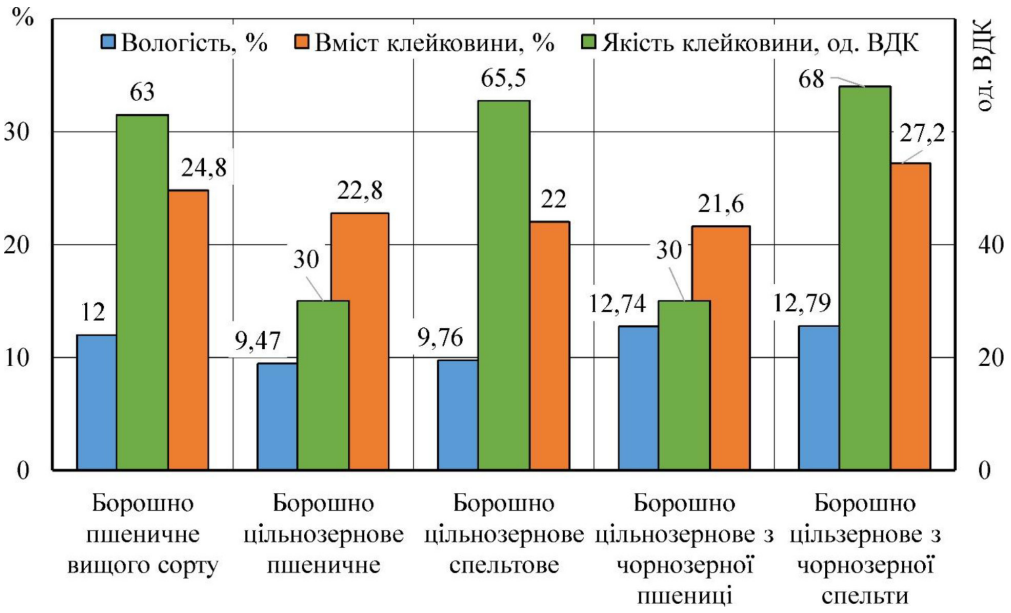


**Рис. 1. Характеристика цільнозернового борошна, обраного для дослідження**

Аналіз асортименту печива затяжного типу «Марія», що реалізують на ринку України, свідчить про досить широку представленість продукції різних виробників, серед яких – АТ «Житомирські ласощі», ТОВ «КФ «Ярич», ПКФ «Зов», ТОВ Фірма «Грона», ПрАТ «ХБФ», ТОВ «Кріоліт-Д», ПрАТ «Кондитерська фабрика «Лагода» тощо.

Близько третини представлених позицій виготовляють за типовою рецептурою без унесення функціонально збагачуючих компонентів. Це свідчить про стабільний попит на традиційний варіант печива «Марія» як базовий продукт масового споживання.

У двох позиціях («Diet Maria з фруктозою» АТ «Житомирські ласощі» й «Maria cookies with fruktose» ПрАТ «Кондитерська фабрика «Лагода») застосовано фруктозу як замінник цукру. Така модифікація рецептури орієнтована на споживачів, які контролюють споживання сахарози та надають перевагу продуктам зі зниженим глікемічним навантаженням. Окремі виробники використовують йогурт-порошок і сухе знежирене молоко з кальцієм («Марія з йогуртом» і «Марія з молоком та кальцієм» ТОВ «КФ «Ярич»). Це дає змогу позиціонувати продукцію як джерело додаткових поживних речовин і формувати імідж функціонального або оздоровчого продукту. Частина асортименту представлена виробами з додаванням компонентів, що підвищують уміст харчових волокон і біологічно активних речовин: борошно пшеничне цільнозернове («Марія цільнозернове» ТОВ «КФ «Ярич»), висівки пшеничні («Марія з висівками» ТОВ «КФ «Ярич»,

«Maria with bran» ПрАТ «ХБФ»), насіння льону («Марія з насінням льону» ПКФ «Зов»), борошно соєве («Maria biscuit» ТОВ Фірма «Грона»), борошно кукурудзяне («Maria premium» ПрАТ «ХБФ»), кокосова стружка («Марія з кокосом» ТОВ «КФ «Ярич»). Зазначені інгредієнти спрямовані на підвищення поживної цінності, збагачення продукту клітковиною, рослинними білками та мінеральними речовинами. У деяких зразках рецептура доповнена какао-порошком («Maria печиво затяжне з какао» ПрАТ «Кондитерська фабрика «Лагода»), що спрямовано переважно на розширення смакової лінійки, а не на функціональне збагачення.

У проаналізованому асортименті відсутні вироби із застосуванням борошна з чорнозерної пшениці або спельти, що свідчить про наявність ринкової ніші для розроблення інноваційної рецептури. Отже, аналіз підтверджує доцільність подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення рецептур печива затяжного шляхом використання цільнозернової сировини з підвищеним умістом біологічно активних сполук.

Визначено масову частку вологи в тісті дослідних зразків печива затяжного, яка для зразка № 1 становила 20,7 %, зразка № 2 – 21,0 %, зразка № 3 – 20,4 %, зразка № 4 – 22,4 %, зразка № 5 – 21,8 %.

Проведено органолептичну оцінку готових виробів – печива затяжного – і встановлено, що всі дослідні зразки відповідали основним вимогам до форми та зовнішнього вигляду: вироби не мали вм'ятин і механічних пошкоджень, характеризувалися правильними фігурними краями та збереженням геометрії після випікання. Це свідчить про коректно підібрані режими формування й термічної обробки тіста. Поверхня всіх зразків була гладкою та непідгорілою, без значних дефектів. Водночас у зразках № 2 і № 3 відмічено наявність дрібних тріщин і характерної зернистості, що зумовлено використанням цільнозернової сировини. Такі особливості є не технологічним браком, а, навпаки, підтверджують застосування нетрадиційних видів борошна й можуть розглядатися як ознака функціонального спрямування продукту. Смак і запах у всіх зразках відповідали характеристикам затяжного печива, без сторонніх присмаків і запахів. При цьому зразки № 2–5 мали виражені зернові та горіхові нотки, а також легкий присмак цільнозернового борошна чи висівок, що сформувало більш насичений сенсорний профіль і може позитивно впливати на сприйняття виробів як продуктів оздоровчого спрямування. У розломі всі зразки були добре пропечені, з рівномірною пористістю, без пустот і слідів непромішування тіста. У зразках № 2 і № 3 відзначено наявність дрібних часточок оболонок зерна, що рівномірно розподілені в структурі м'якушки та не порушують її цілісності.

Крім визначення органолептичних показників якості традиційним способом, визначали колір борошна, тіста й готових виробів за допомогою портативного колориметра (таблиця 1).

Аналіз наведених даних свідчить про суттєвий вплив виду борошна на кольорові характеристики борошна, тіста й готових виробів за показниками *L* (світлота), *a* (червона складова) та *b* (жовта складова).

Найвищим значенням світлоти ($L$ = 93,2) характеризувалося борошно пшеничне вищого сорту, що підтверджує його високу ступінь очищення та мінімальний уміст оболонкових частинок. Цільнозернові зразки мали значно нижчі значення *L* (81,9–82,0 для традиційної пшениці та спельти й 73,1–74,7 для їх чорнозерних форм), що зумовлено наявністю висівкових частинок, пігментів і біологічно активних речовин. Показник *a* в цільнозернових зразках був вищим (3,4–6,3 проти 1,0 у борошна вищого сорту), що свідчить про більш виражений червонуватий відтінок. Найвищі значення *b* зафіксовано в цільнозернового спельтового борошна (22,4), що вказує на інтенсивніший жовтий тон, характерний для спельти.

Після замішування відбулося закономірне зниження світлоти в усіх зразках. Тісто з борошна вищого сорту мало $L$ = 75,5, тоді як у цільнозернових зразків цей показник зменшувався до 56,2–57,9, а в чорнозерних форм – до 40,9–41,8. Це свідчить про посилення впливу пігментова-

Таблиця 1

Колірні характеристики борошна, обраного для досліджень, тіста й готових виробів

| Назва показника | Пшеничне борошно вищого сорту | Цільнозернове пшеничне борошно | Цільнозернове спельтове борошно | Чорнозерне цільнозернове пшеничне борошно | Чорнозерне цільнозернове спельтове борошно |
|---|---|---|---|---|---|
| Колір борошна | | | | | |
| *L* | 93,2 | 81,9 | 82,0 | 74,7 | 73,1 |
| *a* | 1,0 | 3,4 | 6,1 | 6,3 | 5,5 |
| *в* | 13,5 | 13,3 | 22,4 | 20,0 | 18,3 |
| Колір тіста | | | | | |
| *L* | 75,5 | 56,2 | 57,9 | 41,8 | 40,9 |
| *a* | 0,8 | 7,6 | 8,0 | 8,6 | 7,6 |
| *в* | 22,6 | 21,9 | 19,4 | 12,2 | 10,1 |
| Колір готових виробів | | | | | |
| *L* | 73,0 | 61,4 | 63,1 | 50,6 | 44,9 |
| *a* | 7,1 | 8,4 | 7,8 | 7,5 | 7,3 |
| *в* | 32,6 | 25,4 | 26,5 | 16,8 | 15,4 |

них оболонкових часток у зволоженому середовищі. Показник *a* зростав у всіх цільнозернових зразках (7,6–8,6), що вказує на формування більш насиченого червонувато-коричневого відтінку тіста. Водночас значення *b* у чорнозерних зразків значно нижче (10,1–12,2), ніж у традиційних (19,4–21,9), що свідчить про менш виражену жовтизну та більш темний загальний тон.

Після випікання світлота знизилася порівняно з борошном, але частково зросла порівняно з тістом за рахунок утворення рум'яної скоринки. Найсвітлішими залишалися вироби з борошна вищого сорту ($L$ = 73,0). Вироби з традиційного цільнозернового борошна мали середні значення світлоти (61,4–63,1), тоді як з чорнозерних форм – найнижчі (44,9–50,6), що сформувало насичений темно-коричневий колір. Показник *a* в усіх зразках після випікання набув подібних значень (7,1–8,4), що пов'язано з реакціями меланоїдиноутворення. Значення *b* було максимальним у виробів із борошна вищого сорту (32,6), що зумовлює виражений золотистий відтінок, тоді як у виробів із чорнозерного борошна цей показник суттєво нижчий (15,4–16,8), що надає їм більш темного, насиченого кольору.

Усі дослідні зразки затяжного печива продемонстрували високий рівень органолептичних показників за результатами дегустації. Водночас дещо нижчі бали зафіксовані для зразка № 2, виготовленого з борошна пшеничного цільнозернового, і зразка № 3 – на основі спельтового цільнозернового борошна. Найкращі результати отримав контрольний зразок, а також зразки № 4 (з чорнозерного цільнозернового пшеничного борошна) та № 5 (з чорнозерного цільнозернового спельтового борошна), які характеризувалися найвищою сумарною оцінкою.

На рис. 2 наведено результати визначення масової частки вологи, білків, жирів, клітковини й золи в усіх дослідних зразках печива затяжного.

Порівняльний аналіз хімічного складу п'яти зразків затяжного печива свідчить про виражений вплив виду використаного борошна на вміст основних нутрієнтів – білків, жирів, клітковини та мінеральних речовин. Контрольний зразок № 1, виготовлений із пшеничного борошна вищого сорту, характеризувався найнижчою поживною цінністю, тоді як застосування цільнозернового й особливо чорнозерного борошна забезпечило формування більш збагаченого нутритивного профілю.

Уміст протеїну поступово зріс від 10,8 % у контрольному зразка до 13,6 % у зразку № 5. Найвищі показники зафіксовано в зразках № 4 та № 5, що узгоджується з підвищеною білковістю чорнозерної пшениці та спельти. Це підтверджує доцільність використання зазначеної

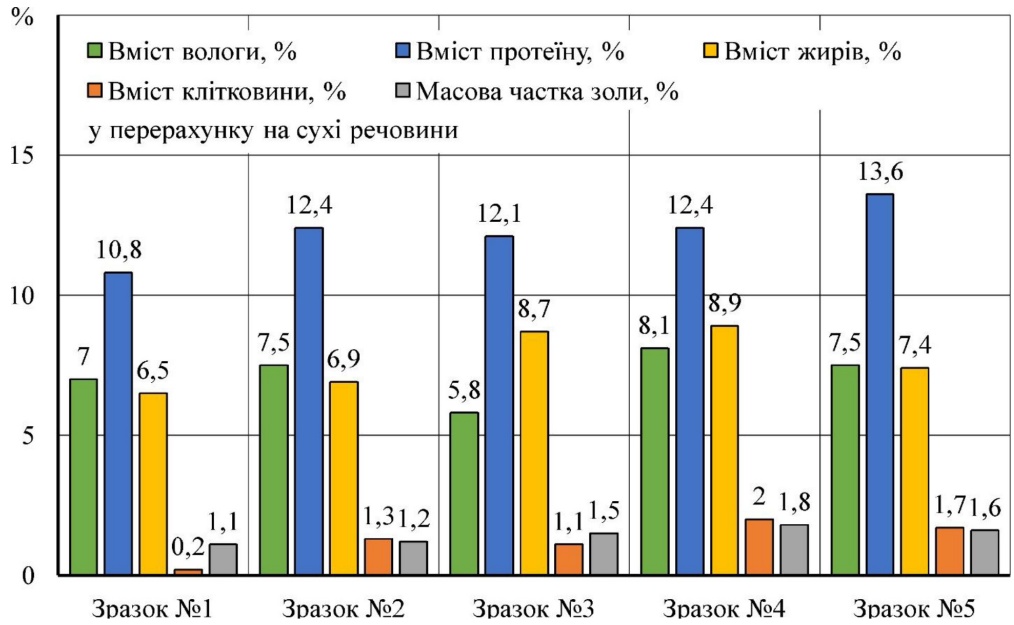


**Рис. 2. Склад дослідних зразків печива затяжного**

сировини для розроблення продуктів оздоровчого призначення з підвищеним вмістом білка. Масова частка жирів у контрольному зразку становила 6,5 %, тоді як у дослідних зразках вона зросла до 8,9 % (зразок № 4). Збільшення показника зумовлене наявністю оболонкових частинок цільного зерна, які містять природні ліпіди. Дещо нижчий рівень жиру в зразку № 5 (7,4 %) може бути пов'язаний із особливостями ліпідного складу чорнозерної спельти. Особливо показовими були зміни вмісту клітковини як ключового показника оздоровчої цінності. У контрольному зразку її кількість мінімальна (0,2 %), що характерно для сортового борошна. У зразках № 2 і № 3 цей показник перевищував 1 %, що зумовлено використанням цільнозернового борошна. Найвищі значення зафіксовано в зразках № 4 (2,0 %) та № 5 (1,7 %), що пояснюється більшою концентрацією оболонкових структур і харчових волокон у чорнозерних культурах. Підвищений уміст клітковини сприяє нормалізації травлення та формує функціональну спрямованість продукту. Зольність, яка відображає мінеральний склад виробів, також зростала при використанні цільнозернової сировини. Найнижче значення встановлено в контрольному зразку (1,1 %), тоді як у дослідних зразках воно коливалося в межах 1,5–1,8 %. Максимальний показник характерний для зразка № 4, що свідчить про підвищений вміст макро- та мікроелементів, властивих чорнозерній пшениці.

Порівняння поживної та енергетичної цінностей дослідних зразків затяжного печива з виробничими наведено на рис. 3.

Установлено, що дослідні зразки печива характеризувалися вищим умістом білків і вуглеводів порівняно з виробничим зразком, що свідчить про їх покращений нутритивний профіль. Водночас масова частка жиру в дослідних зразках була нижчою, ніж у промисловому аналогу, що можна розглядати як позитивний показник з огляду на тенденції зниження споживання насичених жирів у раціоні. Енергетична цінність дослідних зразків перебувала в межах 407–418 кКал/100 г, що перевищує показник виробничого зразка (390 кКал/100 г). Підвищення калорійності зумовлено насамперед більшим умістом білків і складних вуглеводів, притаманних цільнозерновій і чорнозерній сировині, що забезпечує більш високу поживну та біологічну цінність розроблених виробів.

Досліджено реологічні властивості тіста й профіль текстури готових виробів (таблиці 2, 3).

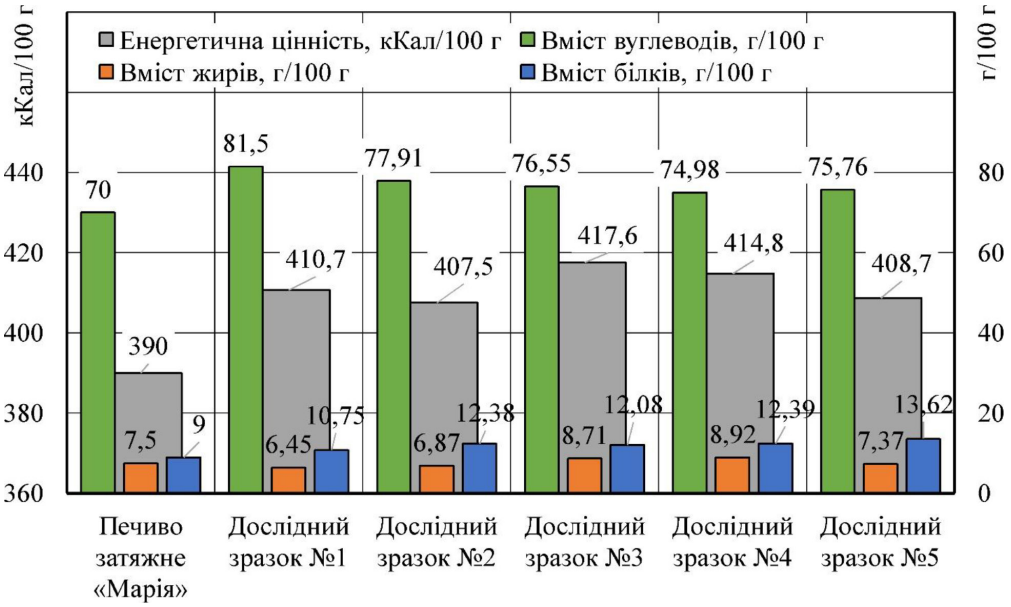


**Рис. 3. Порівняльна характеристика поживної та енергетичної цінності дослідних зразків затяжного печива з промисловими**

Таблиця 2

Результати реологічних досліджень тіста

| № з/п | Максимальна стійкість $R_m$, EU | Деформація при максимальній стійкості $E_m$, мм | Стійкість при 50 мм деформації $R_{50}$, EU | Розтяг $E$, мм | Відношення $R_m$/E | Енергія $E_n$, см$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 255,8 ± 28,1 | 50,7 ± 19,2 | 140,4 | 92,7 ± 19,6 | 2,8 ± 0,4 | 21110,4 ± 4764,4 |
| 2 | 293,0 ± 40,1 | 3,7 ± 0,3 | 140,4 | 22,1 ± 2,8 | 13,5 ± 3,4 | 5113,1 ± 536,3 |
| 3 | 210,7 ± 2,1 | 7,1 ± 1,9 | 140,4 | 32,0 ± 2,9 | 6,6 ± 0,6 | 6490,8 ± 777,8 |
| 4 | 301,1 ± 61,1 | 4,0 ± 1,9 | 140,4 | 18,3 ± 3,8 | 16,5 ± 0,4 | 4202,1 ± 2290,5 |
| 5 | 310,51 ± 10,87 | 6,72 | 140,4 | 30,3 ± 2,7 | 10,3 ± 1,1 | 8017,0 ± 630,2 |

Аналіз результатів реологічних досліджень тіста свідчить про суттєвий вплив виду використаного борошна на показники його розтяжності йй міцності. Максимальна стійкість до розриву ($R_m$) зростала від 210,7 EU (зразок № 3) до 310,51 EU (зразок № 5). Найнижче значення зафіксовано в зразка № 3, що характеризує його як менш міцне тісто. Найвищі показники мали зразки № 4 і № 5 (301,1 та 310,51 EU відповідно), що свідчить про формування більш жорсткої та пружної структури клейковинного каркаса. Зразок № 1 також продемонстрував досить високу стійкість (255,8 EU), однак поступається зразкам № 4 та № 5. Деформація при максимальній стійкості ($E_m$) була найбільшою в зразка № 1 (50,7 мм), що вказує на його високу пластичність і здатність до значного розтягування до моменту руйнування. Натомість у зразків № 2, № 4 й № 5 цей показник значно нижчий (3,7–6,7 мм), що характеризує їх як менш розтяжні та більш крихкі при навантаженні.

Загальна розтяжність тіста (Е) також істотно різнилася: максимальне значення мав зразок № 1 (92,7 мм), тоді як мінімальне – зразок № 4 (18,3 мм). Зразки № 2, № 3 і № 5 зайняли проміжне положення (22,1–32,0 мм). Таким чином, контрольний зразок сформував найбільш еластичне тісто, тоді як зразки № 2 й № 4 характеризувалися підвищеною жорсткістю та обмеженою розтяжністю. Показник співвідношення $R_m/E$, який відображає баланс між міцністю й розтяжністю, був найвищим у зразків № 4 (16,5) та № 2 (13,5), що свідчить про домінування пружних властивостей над пластичними. Найнижче значення характерне для зразка № 1 (2,8), що підтверджує його більш збалансовану, еластичну структуру.

Енергія деформації ($E_n$), яка характеризує загальну силу, необхідну для руйнування тіста, була максимальною в зразка № 1 (21110,4 см$^2$), що вказує на найвищу газоутримувальну здатність і потенційну хлібопекарську цінність. У зразків № 2–5 енергія значно нижча (4202,1–8017,0 см$^2$), причому мінімальне значення спостерігалося в зразка № 4.

Таблиця 3

Результати досліджень профілю текстури готових виробів

| № з/п | Стійкість | Індекс пружності | Когезивність | Жувальність |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,3 ± 0,3 | 0,8 ± 0,03 | 0,7 ± 0,1 | 3936,9 ± 924,5 |
| 2 | 2,9 ± 0,2 | 0,6 ± 0,3 | 0,7 ± 0,04 | 5299,2 ± 2778,7 |
| 3 | 3,9 ± 1,6 | 0,8 ± 0,1 | 0,6 ± 0,03 | 2762,1 ± 1258,0 |
| 4 | 2,9 ± 0,5 | 0,8 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1 | 72319,3 ± 3239,8 |
| 5 | 3,1 ± 0,3 | 0,8 ± 0,04 | 0,70 ± 0,02 | 6760,7 ± 1022,6 |

Аналіз показників профілю текстури готових виробів свідчить про суттєвий вплив виду використаного борошна на текстурні характеристики затяжного печива. Показник стійкості (твердості) варіював у межах 2,9–4,3 од. Найвищу стійкість мав зразок № 1 (4,3), що характеризує його як більш щільний і структурно сформований виріб. Зразки № 2 й № 4 демонстрували найнижчі значення (по 2,9), що може свідчити про більш крихку або менш щільну структуру. Зразки № 3 та № 5 зайняли проміжне положення (3,9 і 3,1 відповідно), забезпечуючи збалансовану текстуру. Індекс пружності в більшості зразків становив 0,8, що свідчить про достатню здатність виробів відновлювати форму після деформації. Нижче значення зафіксовано в зразка № 2 (0,6), що може вказувати на менш еластичну структуру. У цілому всі зразки характеризувалися прийнятним рівнем пружності для затяжного печива.

Когезивність (внутрішня зв'язність структури) перебувала у вузькому діапазоні 0,6–0,7. Найнижчий показник мав зразок № 3 (0,6), що може свідчити про дещо менш щільний зв'язок між структурними елементами. Інші зразки демонструють однаковий або близький рівень когезивності (0,7), що вказує на стабільність внутрішньої структури виробів. Найбільш диференційованим показником є жувальність. Найменше значення зафіксовано в зразка № 3 (2762,1), що свідчить про більш м'яку текстуру й менші зусилля при пережовуванні. Зразок № 1 мав середній рівень (3936,9), а зразки № 2 й № 5 – підвищені показники (5299,2 та 6760,7 відповідно), що характеризує їх як більш щільні й енергоємні при жуванні. Найвищий показник зафіксовано в зразка № 4 (72319,3), що значно перевищує інші значення й може свідчити про надмірну щільність структури.

*Висновки*. Масова частка вологи в досліджуваних зразках борошна знаходилася в межах від 9,5 % (цільнозернове пшеничне борошно) до 12,8 % (чорнозерне цільнозернове спельтове борошно). Уміст сирої клейковини в борошні варіював від 21,6 % (чорнозерне цільнозернове пшеничне борошно) до 27,2 % (чорнозерне цільнозернове спельтове борошно). Борошно пшеничне вищого сорту, цільнозернове спельтове й чорнозерне цільнозернове спельтове характеризувалися показниками вимірювача деформації клейковини в межах 63–68 од. ВДК, що відповідає першій групі якості (добра клейковина). Натомість борошно цільнозернове пшеничне та чорнозерне цільнозернове пшеничне мали значення 30 од. ВДК, що, згідно з класифікацією, відповідає третій групі якості (незадовільно міцна клейковина).

Асортимент печива «Марія» на ринку України представлений переважно класичними варіантами з обмеженим функціональним збагаченням. Інноваційні рецептурні рішення здебільшого пов'язані із заміною цукру фруктозою та додаванням харчових волокон. Частка продукції з використанням альтернативних видів борошна (соєвого, кукурудзяного, цільнозернового) є відносно

невеликою. В асортименті відсутні вироби із застосуванням чорнозерної пшениці або чорнозерної спельти, що свідчить про наявність ринкової ніші для розроблення інноваційної рецептури.

Усі дослідні зразки відповідали органолептичним вимогам до затяжного печива. Зразок № 1 характеризувався класичними властивостями, тоді як зразки № 2–5 мали ознаки використання цільнозернової сировини, що сформувало більш насичений колір, зернисту структуру та виражені функціональні сенсорні характеристики без погіршення якості виробів.

Установлено чітку закономірність: зі збільшенням частки оболонкових компонентів і використанням чорнозерних сортів знижувалася світлота й жовтизна продукції та зростала інтенсивність червонувато-коричневих тонів. Найбільш світлі кольорові характеристики притаманні виробам із борошна вищого сорту, тоді як використання цільнозернового, особливо чорноземного, борошна формує більш темний, насичений колір, що може позитивно впливати на позиціонування виробів як продуктів оздоровчого спрямування.

Заміна борошна вищого сорту на цільнозернове та чорнозерне забезпечило статистично й технологічно обґрунтоване підвищення біологічної й поживної цінності затяжного печива. Найбільш перспективними для виробництва продукції оздоровчого спрямування є зразки № 4 та 5, які поєднують підвищений уміст білка, клітковини й мінеральних речовин. Водночас показники вологості та масової частки жиру в усіх дослідних зразках відповідали вимогам ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови».

Тісто зразка № 1 характеризувалося найкращим поєднанням еластичності й енергетичного потенціалу. Зразки № 4 й № 5 сформували більш міцну, але менш розтяжну структуру, що зумовлює їх підвищену жорсткість. Зразки № 2 й № 3 зайняли проміжне положення, демонструючи помірну міцність і розтяжність. Отримані результати підтверджують, що використання альтернативних видів борошна істотно змінює структурно-механічні властивості тіста, що необхідно враховувати при розробленні рецептур затяжного печива.

Результати дослідження профілю текстури готових виробів свідчать, що зразки № 1, № 3 й № 5 сформували найбільш збалансовані текстурні характеристики. Зразок № 2 характеризувався меншою пружністю, тоді як зразок № 4 демонструє надмірно високий показник жувальності, що може впливати на споживчі властивості виробу. Загалом використання різних видів борошна суттєво впливає на структурно-механічні характеристики готового печива та потребує комплексної оцінки при розробленні рецептур оздоровчого спрямування.

За узагальненими результатами, отриманими під час виконання дослідження, рекомендованими до впровадження у виробництво визначені рецептури затяжного печива на основі цільнозернового борошна з пшениці та спельти чорнозерних. Перспективними будуть подальші дослідження щодо визначення строку зберігання розробленого печива.

**Список використаних джерел**

1. Рибалка О. І., Моргун В. В., Моргун Б. В., Поліщук С.С. Вперше за тисячі років: кольорове зерно злаків як функціональна їжа майбутнього. *Вісник НАН України*. 2025. № 7. С. 7–27. DOI: https://doi.org/10.15407/visn2025.07.007

2. Kannoj J. Ch., Devendera J., Manish T., Ritesh P., Ruchika Ch. Effect of Nano Urea vs Conventional Urea on the Nutrient Content, Uptake and Economics of Black Wheat (Triticum aestivum L.) along with Biofertilizers. *Biological Forum: An International Journal*. 2022. № 14(2a). P. 499–504.

3. Tian S.-Q., Chen Z.-C., Wei, Y.-C. Measurement of colour-grained wheat nutrient compounds and the application of combination technology in dough. *Journal of Cereal Science*. 2018. № 83. P. 63–67. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.018

4. Sharma N., Kumari A., Chunduri V., Kaur S., Banda J., Goyal A., Garg M. Anthocyanin biofortified black, blue and purple wheat exhibited lower amino acid cooking losses than white wheat. *LWT*. 2022. № 154. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112802

5. Gupta R., Meghwal M., Prabhakar P. K. Bioactive compounds of pigmented wheat (*Triticum aestivum*): Potential benefits in human health. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. № 110. P. 240–252. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.003

6. Giordano D., Locatelli M., Travaglia F., Bordiga M., Reyneri A., Coisson J. D., Blandino M. Bioactive compound and antioxidant activity distribution in roller-milled and pearled fractions of conventional and pigmented wheat varieties. *Food Chemistry*. 2017. № 233. P. 483–491. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.065

7. Dhua S., Kumar K., Kumar Y., Singh L., Sharanagat V.S. Composition, characteristics and health promising prospects of black wheat: A review. *Trends in food science & technology*. 2021. № 112. P. 780–794. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.037

8. Kumari A., Sharma S., Sharma N., Chunduri V., Kapoor P., Kaur S.. Influence of bio-fortified colored wheats (purple, blue, black) on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chapatti (Indian flatbread). *Molecules*. 2020. № 25(21). DOI: https://doi.org/10.3390/molecules25215071

9. Saini P., Kumar N., Kumar S., Mwaurah P. W., Panghal A., Attkan A. K. Bioactive compounds, nutritional benefits and food applications of colored wheat: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. № 61(19). P. 3197–3210. DOI: 10.1080/10408398.2020.1793727

10. Kumari S., Tzudir L. Black wheat: next big thing in India's Agricultural landscape. *Biotica Research Today*. 2021. № 3(4). P. 240–242.

11. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Червоніс М. В., Моргун В. В., Моргун Б. В. Унікальна пшениця спельта (*Triticum aestivum ssp. spelta L.*) з темно-фіолетовим зерном. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Т. 56, № 5. С. 419–430. DOI: https://doi.org/10.15407/frg2024.05.419

12. Majewska K., Dąbkowska E., Grabowska E., Tyburski J., Czaplicki S. Composition of fatty acids in dark flour from spelt and common wheat grain grown organically in Poland. *Polish Journal of Natural Sciences*. 2018. № 33(1). P. 75–88.

13. Попова Д. О., Петренко М. М., Дорохович А. М., Попова Д. О. Використання рослинних шротів у виробництві затяжного печива спеціального призначення. *Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів та Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі* : матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. Київ : НУХТ, 2016. С. 137–139.

14. Дорохович А. М., Носенко Т. Т., Волощенко Т. О., Петренко М. М. Дослідження впливу ріпакового борошна на якість та поживну цінність затяжного печива. *Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Київ : НУХТ, 2015. С. 82–86.

15. Затяжне печиво дієтично-функціонального призначення: пат. 12038 Україна: МПК A21D 13/80 (2017.01). №u 201703862; заявл. 19.04.17; опубл. 25.10.17, Бюл. № 20.

16. Ганцова І. О, Козонова Л. І. Розробка технології затяжного печива з використанням продуктів переробки грибів. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 72-ї Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (м. Київ, 6–7 квіт. 2017 р.). Київ : НУХТ, 2017. С. 186–187.

17. Затяжне печиво дієтично-функціонального призначення: пат. 120149 Україна: МПК A21D 13/80 (2017.01), A23L 33/10 (2016.01). №u201703666; заявл. 17.04.17; опубл. 10.10.17, Бюл. № 19. 4 с.

18. Затяжне печиво дієтично-функціонального призначення: пат. 101439 Україна: МПК A21D 13/80 (2016.01), A23L 19/00 (2016.01). №u 201502476; заявл. 20.03.15; опубл. 10.09.15, Бюл. № 17. 2 с.

19. Mashau M. E., Ramalisa T., Ramashia S. E., Mshayisa V. V. Development of high-protein biscuits by the enrichment with mopane worm (Gonimbrasia belina) flour. *Food Science and Technology International*. 2024. № 23. 39308452. DOI: 10.1177/10820132241283322

20. Спосіб автоматичного визначення структурно-механічних властивостей харчових мас і пристрій для його здійснення: пат. на винахід 130136 Україна: МПК (2006) G01N33/02, G01N3/02, G01N3/44. № a202106597; заявл. 22.11.2021; опубл. 26.11.2025, Бюл. № 48/2025.

*Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026*
*Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.02.2026*
*Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.04.2026*
*Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)*

**L. Kovaliova, N. Sova, E. Aliiev, V. Koshulko**
*Dnipro State Agrarian and Economic University*

# EFFECT OF WHOLE GRAIN FLOUR ON THE QUALITY AND TEXTURE PROFILE OF HARD BISCUITS

***Summary***

The article substantiates the relevance of improving hard biscuit (semi-sweet biscuit) formulations in the context of growing consumer demand for balanced nutrition products enriched with dietary fiber and biologically active compounds. The aim of the study is to investigate the effect of hard biscuit formulations using whole grain wheat and spelt flours, including black-grain varieties, on the quality indicators and texture profile of the finished products. The scientific novelty of the study lies in establishing the patterns of changes in sensory, color, and rheological characteristics of hard biscuits when whole-grain flour from black-grain wheat and black-grain spelt is used as the main flour raw material, as well as in confirming the existence of a market niche for such products in Ukraine. The practical significance consists in the proposed formulation solutions and technological parameters for producing hard biscuits with enhanced nutritional and biological value, suitable for positioning as health-oriented products. The study was conducted on five samples: a control sample (standard "Maria" recipe) and four experimental samples with complete replacement of flour by whole wheat flour, whole spelt flour, black-grain whole wheat flour, and black-grain whole spelt flour. Flour quality indicators (moisture content, quantity and quality of gluten), dough moisture parameters, sensory characteristics of finished products, color characteristics of flour, dough, and biscuits, as well as chemical composition (proteins, fats, fiber, ash) and rheological properties of dough and finished products were determined. It was found that the use of whole-grain and especially black-grain flours resulted in reduced lightness of the finished biscuits and the formation of a more intense dark color, as well as increased protein content (up to 13.6 %), fiber content (up to 2.0 %), and ash content (up to 1.8 %) compared with the control sample, confirming the enhanced nutritional and mineral value of the products. Rheological studies revealed significant modifications in dough properties: the control sample demonstrated the highest extensibility and deformation energy, whereas samples made from black-grain flour formed a stronger but less extensible structure. Based on the overall quality indicators and nutritional composition, samples produced from black-grain whole wheat and black-grain whole spelt flour (№ 4 and № 5) were identified as the most promising.

***Keywords:*** whole grain flour, black-grain wheat, black-grain spelt, semi-sweet biscuit, rheological properties.