

УДК 664.661-03:[664.696.1+637.344+582.916.36]

ВПЛИВ КОМПОНЕНТІВ РЕЦЕПТУРИ НА ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНОВОГО ХЛІБА ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Макарова О.В., канд. техн. наук, доцент, Пшенишнюк Г.Ф., канд. техн. наук, доцент,
Іванова Г.С., аспірантка, Левицька А.І., магістр
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведено результати досліджень впливу компонентів рецептури зернового хліба на зміни його фізико-хімічних, структурно-механічних і органолептичних показників якості при зберіганні, показано доцільність використання борошна з крихти пшеничних пластівців, молочної сироватки, кунжутної маси при приготуванні зернового хліба для уповільнення процесу його черствіння.

The article presents the results of researches of influence of grain bread ingredients on its physico-chemical, structural- mechanical and organoleptic quality characteristics during storage; shown the rationality of using wheat cereal crumbs flour, milk whey, sesame flour for producing grain bread with longer terms of storage

Ключові слова: зерновий хліб, рецептурні компоненти, зернова суміш, якість, фізико-хімічні показники, структурно-механічні характеристики, органолептичні властивості.

Незважаючи на всю різноманітність харчових продуктів, хліб присутній у харчовому раціоні людей всіх соціальних груп. Однак, на жаль, термін зберігання хлібом своїх первинних властивостей обчислюється годинами. Властивості хліба змінюються безперервно з моменту його випікання, що обумовлено погіршенням його органолептичних і фізико-хімічних показників якості при зберіганні – черствінням, усиханням, мікробіологічним псуванням. При зберіганні поступово втрачається аромат і смак, притаманний свіжим виробам, хліб стає більш жорстким, м'якушка – менш еластичною, підвищується її здатність кришитися, скоринка стає менш хрусткою і блискучою. Ці зміни обумовлені протіканням складних фізико-хімічних і колоїдних процесів, які відбуваються в біополімерах хліба і призводять до черствіння та втрати вологи виробів при зберіганні, що значно знижує споживчі властивості хлібобулочних виробів [1, 2].

Уповільненню процесу черствіння хлібобулочної продукції сприяє корегування рецептури – внесення різноманітних інгредієнтів, застосування різних технологічних прийомів, які передбачають певні способи приготування тіста для забезпечення більш повного набухання колоїдів борошна, поглиблення гідролізу крохмалю і білків, інтенсивну механічну обробку тіста, а також біохімічних прийомів, а саме використання ферментних препаратів, комплексних поліпшувачів, консервантів тощо. При цьому слід зауважити, що сучасний споживач досить вимогливий до якості та безпеки харчової продукції і все частіше звертає увагу на склад, тому використання для подовження терміну її зберігання поліпшувачів неорганічної природи може призвести до зниження попиту на такі вироби. Отже, розробка хлібобулочної продукції з внесенням натуральних складових, які здатні не тільки збагатити вироби поживними і дефіцитними мікронутрієнтами, а й позитивно впливати на збереження їхньої свіжості, є досить актуальним завданням для спеціалістів та вчених галузі.

Збереженню споживчих властивостей хліба сприяють добавки, що уповільнюють ретроградацію крохмалю, зв'язують вологу, тобто підвищують гідрофільність м'якушки, впливають на стан білково-протеїназного комплексу та природні консерванти. Для уповільнення процесу черствіння в рецептуру хлібобулочних виробів вносять білоквмісну сировину (молочні та соєві продукти, суху клейковину), жиrowі продукти, цукровмісні інгредієнти (патоку, лактозу, крохмальні сиропи), пектини тощо [1, 2, 3]. Перспективним напрямом при вирішенні проблеми збереження свіжості хлібних виробів більш тривалий час є використання продуктів зерно-круп'яної промисловості (гречаного борошна, проділу, картопляних пластівців, горохового борошна, пшеничних висівок, зародків пластівців пшениці тощо) [4, 5, 6]. Для підвищення мікробіологічної безпеки продукції розроблено технологію хліба з внесенням функціонального напівфабрикату на основі пшеничних зародкових пластівців, мікробної композиції «Vita №3» і лактату кальцію, а також внесення квіткового пилку і перги – складного концентрату біологічно активних речовин: білків, амінокислот, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, ферментів, органічних кислот, мінеральних речовин, фенольних сполук [3]. Ефективним способом подовження терміну зберігання хлібних виробів є використання технології їхнього виготовлення на основі заморожених тістових напівфабрикатів, напівфабрикатів високого ступеня готовності і заморожених готових продуктів. Дані технології дозволяють випускати широкий асортимент напівфабрикатів і продукції, зберігати їх тривалий час у замороженому стані і при необхідності використовувати для отримання свіжовипеченої продукції [7]. Одним із ефекти-

вних способів подовження терміну зберігання виробів, який широко використовується в харчовій промисловості, є також пакування продукції [1, 2, 3].

Останнім часом для певної категорії споживачів визначальними факторами при виборі продуктів є їхня корисність і функціональність. Зерновий хліб (ЗХ), виготовлений з цілого зерна пшениці, відноситься до продуктів «преміум-класу». На відміну від хліба, виготовленого з сортового борошна, він характеризується більш збалансованим хімічним складом, в ньому практично повністю зберігаються харчові речовини, наявні у зерні пшениці, біодоступність яких для організму людини в ході технологічного процесу значно підвищується [8]. Для корегування технологічних властивостей зернової маси нами запропонована технологія виробництва зернового хліба на основі суміші з диспергованого відволоженого зерна пшениці (ДЗМ) та борошна з крихти пшеничних пластівців (БКПП) [9, 10].

Метою представленої роботи було вивчення впливу рецептурних компонентів зернового хліба на інтенсивність змін його якісних характеристик при зберіганні, а саме фізико-хімічних, структурно-механічних і органолептичних показників. Зерновий хліб готували на основі зернової маси з ДЗМ і БКПП, додатково вносили молочну сироватку (МС) і кунжутну масу (КМ).

Кунжутна маса – подрібнене насіння кунжуту пастоподібної консистенції зі специфічним, властивим йому приємним ароматом, яка зручна для внесення в тісто і не потребує попередньої підготовки. Вона характеризується високим вмістом жиру (45,2-58,3 %), значну кількість якого складають поліненасичені жирні кислоти. У склад кунжутної олії входить сезамом – активний антиоксидант, який забезпечує її високу стійкість при зберіганні. Висока харчова цінність кунжуту також обумовлена значним вмістом мінеральних речовин – кальцію, магнію, заліза (1474 мг, 540 мг та 61 мг на 100 г відповідно) [11].

При зберіганні в хлібі відбуваються процеси, що впливають на його масу і якість, а саме втрата вологи та черствіння. Черствіння хліба – складний фізико-колоїдний процес, що пов'язаний в першу чергу зі старінням крохмалю, який складає значну частку речовин хліба та, в меншій мірі, з трансформацією білків [1, 2].

Оскільки основну роль у процесі черствіння хліба при зберіганні відіграє швидкість ретроградації крохмалю, для встановлення тенденцій змін показників якості ЗХ доцільно дослідити вплив складу зернової маси, як основної крохмальвмісної сировини, на стан її вуглеводно-амілазного комплексу. Визначення основних показників стану крохмальної складової – температури максимальної клейстеризації та в'язкісних характеристик водно-зернової суспензії проводили на амілографі Брабендера (табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри процесу клейстеризації водно-зернової суспензії

Найменування показників амілографа	Співвідношення ДЗМ:БКПП			
	100:0 (контроль)	75:25	50:50	25:75
Температура початку клейстеризації, °С	90	87	80	70
Температура моменту досягнення мах., °С	100	90	89	78
В'язкість максимальної клейстеризації, од. приладу	120	440	690	750

Отримані дані свідчать, що при додаванні в зернову масу БКПП відбувається зниження температури початку і повної клейстеризації, підвищення в'язкості максимальної клейстеризації водно-зернової суспензії. Так, температура клейстеризації при внесенні 75 % БКПП нижча на 20 °С від контрольного зразка, а максимальна в'язкість – вища на 630 од. приладу. Це, ймовірно, пов'язано з деструкцією крохмальних зерен при гідротермічній обробці в процесі виробництва пшеничних пластівців, які при нагріванні крохмальної суспензії швидше та при більш низькій температурі утворюють в'язкий гель. Крім того, під дією високих температур при виготовленні пшеничних пластівців поряд із руйнуванням крохмалю одночасно відбувається інактивація амілолітичних ферментів. Тобто, підвищення в'язкості клейстеру при збільшенні масової частки БКПП у зерновій масі також обумовлено зменшенням частки активних ферментів, які вносяться з ДЗМ.

Дослідження впливу рецептурних компонентів на зміну показників якості виробів при зберіганні проводили в таких зразках ЗХ, приготовленого на основі: зернової маси з суміші ДЗМ та БКПП у співвідношенні 75:25 (зразок 2); даної зернової маси з додаванням 10 % МС від маси суміші (зразок 3); зернової маси з суміші ДЗМ:БКПП:КМ при співвідношенні компонентів 70:20:10 (зразок 4). В якості контролю обрали зерновий хліб, виготовлений з ДЗМ (зразок 1).

Випечений хліб зберігали 48 год при температурі 18 ± 3 °С і відносній вологості повітря 75 ± 3 %, протягом якого проводили контроль зміни досліджуваних показників. Ступінь свіжості виробів при зберіганні визначали через (3, 12, 24, 36 і 48) год з моменту випікання за такими показниками: кришкуватість, гідрофільні та структурно-механічних властивості м'якушки, органолептичні показники хліба.

Відомо, що зміни якості хліба при зберіганні обумовлені, з одного боку, втратою вологи, з іншого – зміною його структурних компонентів [1, 2]. Хоча специфічні для процесу черствіння хліба зміни фізичних властивостей м'якушки відбуваються і в умовах, що виключають зміну її вологості, втрата хлібом вологи прискорює процес черствіння. При зберіганні під дією градієнтів температури і вологості відбувається переміщення вологи з внутрішніх шарів виробів до скоринки, в результаті чого спостерігається зменшення вологості м'якушки та відволоження скоринки хліба, вона стає більш м'якою, еластичною, втрачає крихкість, а згодом твердіє. Через скоринку волога випаровується в повітря навколишнього середовища, в результаті чого відбувається зниження вологості хліба. Дослідження змін вологості ЗХ при зберіганні (рис. 1) свідчить, що найбільші втрати вологи спостерігались у контрольного зразка. Так, при зберіганні виробів протягом 48 год вологість м'якушки контрольного зразка зменшилась на 1,8 %; для зразків 2, 3, 4 втрата вологи становила (1,5, 1,2 і 1,0) % відповідно.

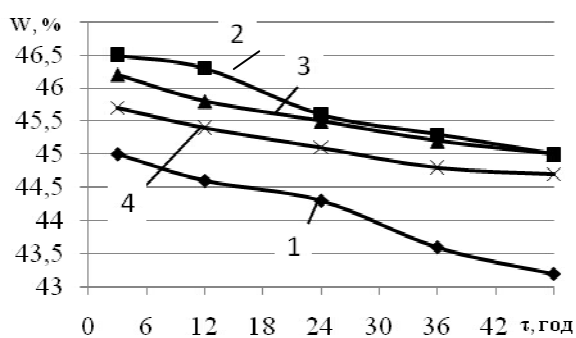


Рис. 1 – Зміна вологості м'якушки зернового хліба при зберіганні

Зменшення інтенсивності втрати вологи під час зберігання ЗХ при вмісті у його рецептурі БКПП пов'язано зі збільшенням масової частки пошкоджених крохмальних зерен, які здатні до більшого поглинання води. Тобто така залежність, імовірно, пояснюється підвищенням кількості зв'язаної води, що сприяє менш інтенсивній її втраті при зберіганні даних зразків, оскільки БКПП характеризується підвищеною гідратаційною здатністю [2, 10]. Крім того, інтенсивність зниження вологості ЗХ при зберіганні може бути обумовлена й швидкістю ретроградації крохмалю, який, як

відомо, з часом виділяє поглинену ним при клейстеризації вологу та ущільнюється. Вільна волога, виділена крохмалем, частково випаровується. Отже, більш низька температура клейстеризації крохмалю зернової маси при внесенні БКПП (див. табл. 1) сприяє більш повній його клейстеризації при випіканні хліба, утворенню більш стійкого гелю, в якому при зберіганні з меншою швидкістю відбувається процес ретроградації, що, як наслідок, призводить до зменшення інтенсивності втрати вологи даних зразків. Уповільненню втрати вологи хліба на основі суміші з БКПП і ДЗМ при використанні для замісу зернового тіста молочної сироватки (зразок 3), можливо, сприяло покращення якості виробів – збільшення їхнього об'єму і пористості, поліпшення структури м'якушки [1, 2, 12]. Адже, у разі збільшення питомої поверхні міжпорових стінок м'якушки, підвищується кількість адсорбованої на ній вологи, енергія випаровування якої більша від енергії випаровування вільної вологи.

Слід зауважити, що найменші втрати вологи під час зберігання спостерігались у ЗХ, в рецептуру якого, поряд з БКПП, вносили кунжутну масу (зразок 4). Це, ймовірно, пояснюється адсорбцією жиру кунжуту на поверхні крохмальних зерен, що перешкоджає переміщенню вологи від м'якушки до скоринки і подальшому її випаровуванню. Крім цього, кунжутне насіння містить близько 5,6 % нерозчинних та водорозчинних полісахаридів, які додатково зв'язують воду в хлібі.

Паралельно з втратою вологи відбувається черствіння хліба, що обумовлене складними процесами, які відбуваються з високополімерними речовинами м'якушки хліба і призводить до зміни її фізичних властивостей (ущільнення м'якушки). Найбільш характерними для процесу черствіння ознаками є підвищення жорсткості, зниження пружності та еластичності м'якушки хліба. Тому при вивченні впливу рецептурних компонентів на стан свіжості зернового хліба на пенетрометрі досліджували структурно-механічні властивості м'якушки: стискання – ступінь penetрації (рис 2, а) та пружність м'якушки – відносна пружність (рис.2, б).

З отриманих даних видно, що при зберіганні всіх зразків хліба стискання м'якушки і відносна пружність знижувалися з різною інтенсивністю. Так, при зберіганні протягом 48 год ступінь penetрації контрольного зразка знизився на 28 од. пенетрометра, зразка з внесенням БКПП (зразок 2) на 21 од., з МС (зразок 3) – на 19 од., з КМ (зразок 4) – на 16 од. Зменшення пружності м'якушки контрольного зразка за весь період зберігання склало 8 %, дослідних зразків 2, 3, 4 – (5, 5 і 3) % відповідно.

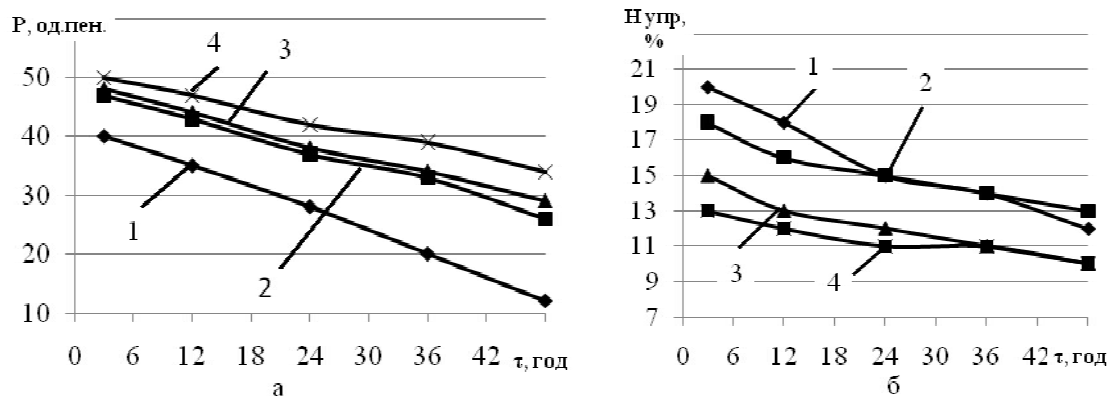


Рис. 2 – Зміна ступеня пенетрації (а) і відносної пружності (б) зразків зернового хліба при зберіганні

Різна інтенсивність змін структурно-механічних властивостей зразків хліба при зберіганні обумовлена впливом внесених компонентів на протікання процесу черствіння. Зміна фізичних властивостей м'якушки хліба безпосередньо залежить від швидкості ретроградації крохмалю, в результаті чого він ущільнюється, переходить з аморфного в кристалічний стан. На швидкість ретроградації крохмалю впливає ступінь його клейстеризації при випіканні, яка у свою чергу залежить від глибини деструкції крохмальних зерен, кількості води в тісті, вмісту активних ферментів та ін. БКПП відрізняється більш високим ступенем клейстеризації крохмалю, а також підвищеною водопоглинальною здатністю, що позитивно впливає на збереження аморфної структури крохмалю у виробі. Зерновий хліб на основі суміші зі внесенням БКПП містить більшу кількість декстринів, завдяки чому поліпшується м'якість м'якушки і хліб довше зберігає свіжість. Зниження інтенсивності протікання змін фізичних властивостей м'якушки ЗХ на основі суміші ДЗМ:БКПП:КМ (зразок 4), ймовірно, пов'язане зі збільшенням у ньому масової частки жиру, який адсорбується на поверхні крохмальних зерен та перешкоджає зближенню крохмальних ланцюгів, агрегації молекул амілопектину і амілози та утворенню міцної структури крохмалю [1]. Уповільненню зниження стискання та пружних властивостей м'якушки даного зразка сприяє також вміст в КМ полісахаридів, які обволікають коагульовані під час випікання білкові речовини та частково клейстеризовані крохмальні зерна, створюють розділові шари, що стабілізують структуру м'якушки хліба. Така ж закономірність спостерігається при внесенні у рецептуру виробів МС (зразок 3), що супроводжується підвищенням кількості білків, які, можливо, утворюють комплекси з крохмальними полісахаридами, внаслідок чого м'якушка хліба повільніше змінює свої структурно-механічні властивості – твердіє. Крім цього, наявність у МС значної кількості органічних кислот призводить до гальмування процесу утворення кристалічної структури крохмалю та сприяє подовженню свіжості виробів.

Наслідком процесів, що обумовлюють втрату свіжості хліба є зміна кришкуватості і гідрофільних властивостей м'якушки.

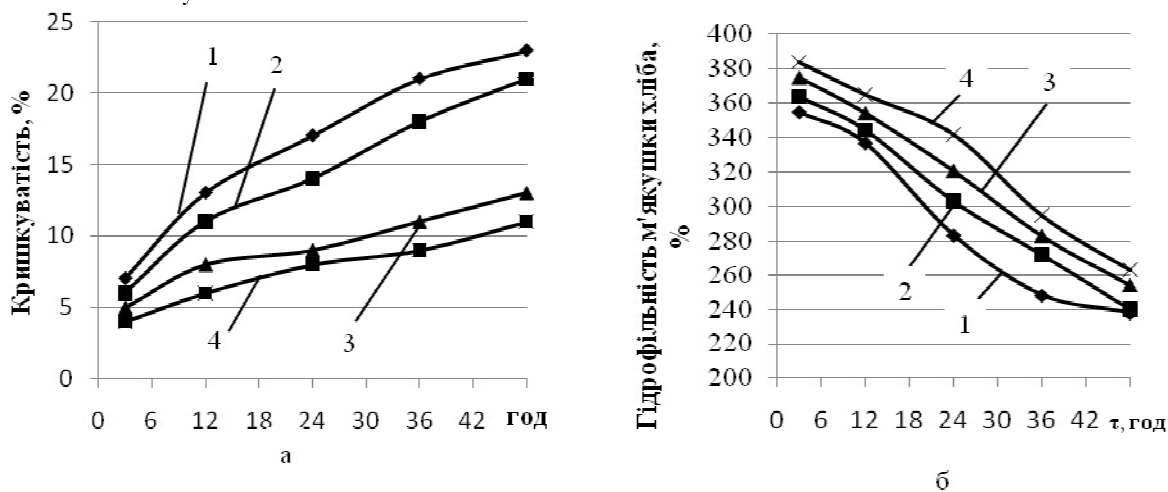


Рис. 3 – Зміна кришкуватості (а) і гідрофільних властивостей (б) м'якушки зернового хліба при зберіганні

Збільшення кришкуватості м'якушки ЗХ при зберіганні (рис. 3, а) пов'язують з тим, що в процесі старіння крохмалю окремі відгалужені молекули амілопектину притягуються, утворюють асоціати, поряд з цим відбувається агрегація лінійних ланцюгів молекул амілози внаслідок можливого утворення між ними водневих зв'язків. При цьому утворюються агрегати у вигляді сітчастої структури, що обумовлює зменшення об'єму крохмальних зерен, ущільнення їхньої структури, збільшується їхня твердість, з'являються тріщини між білком і крохмалем у результаті чого утворюються повітряні прошарки. Зниження гідрофільних властивостей м'якушки ЗХ (рис 3, б) обумовлено упорядкуванням і ущільненням структури крохмалю і білка [1, 2]. Додавання у рецептуру зернового хліба БКПП, молочної сироватки (зразок 3) і кунжутної маси (зразок 4) сприяло більш повільному збільшенню кришкуватості і зменшенню гідрофільності його м'якушки. Це, ймовірно, обумовлено підвищенням кількості декстринів, кристалізація яких суттєво уповільнена при внесенні БКПП, та стабілізацією структури виробів за рахунок утворення комплексних сполук крохмалю з білковими речовинами МС та ліпідами КМ. Наявність водорозчинних полісахаридів у КМ, декстринів у БКПП збільшують здатність м'якушки до набухання і поглинання вологи та затримують зниження її гідрофільних властивостей під час зберігання виробів.

Відомо, що ступінь свіжості або черствості хліба споживач визначає за його органолептичними властивостями при оцінюванні на вигляд, дотик, смак. Погіршення органолептичних показників і в першу чергу смакових і ароматичних властивостей хліба при зберіганні пов'язано насамперед із втратою частини обумовлюючих їх летких речовин, що суттєво знижує його споживчі властивості. Оцінка органолептичних показників якості зернового хліба при зберіганні показала, що внесення БКПП, МС і КМ в рецептуру сприяло більш тривалому збереженню свіжості даних виробів. Слід відзначити, що зерновий хліб з МС і КМ мав приємний присмак і аромат протягом досліджуваного терміну зберігання, що, можливо, пояснюється підвищенням вмісту в ньому ароматичних речовин при внесенні МС, а також збільшенням масової частки жиру з внесенням КМ.

Таким чином, використання досліджуваних рецептурних компонентів при виготовленні зернового хліба дозволить не тільки розширити асортимент продукції «преміум-класу», а й, завдяки клейстеризації крохмалю борошна з крихти пшеничних пластівців при більш низькій температурі, вмісту нерозчинних і водорозчинних полісахаридів і ліпідів у кунжутній масі, органічних кислот у молочній сироватці, сприятиме уповільненню процесу черствіння хліба та подовженню терміну зберігання його свіжості.

Література

1. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002. – 363 с.
2. Пучкова Л.И., Поляндова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба. – СПб.: Гиорд, 2005. – 557 с.
3. Костюченко М.Н. Современные технологические решения для повышения сроков годности хлебобулочных изделий / Костюченко М.Н., Шлеленко Л.А., Тюрина О.Е., Т.В. Быковченко, Е.В. Невская // Хлебопечение России. – 2012 – № 1. – С.10 - 12.
4. Гаврилова О.М. Сохранение свежести хлеба из смеси пшеничной и гречневой муки / О.М. Гаврилова, И.В. Матвеева, Т.Ю. Юдина, А.А. Ломакин // Хлебопечение России. – 2008. – № 3. – С. 18 - 20.
5. Магомедов Г.О. Исследование изменения соотношения форм связи влаги в мякише хлеба с мучными композитными смесями / Г.О. Магомедов, Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева, И.В. Кузнецова //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 3. – С. 26 - 29.
6. Стабровская О.И. Влияние картофельных хлопьев на сохранение свежести изделий, приготовленных из композитных смесей / О.И. Стабровская, О.Г. Короткова, Н.С. Майнагашева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 4. – С. 70 - 71.
7. Солоницька І.В. Використання відкладеного випікання в технології хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення / Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф., Писанецька О.Є. // Харчова наука і технологія. – 2012. – № 1. – С. 11 - 14.
8. Комилова Д.А. Модификация технологии производства хлеба из цельносмолотого зерна пшеницы / Д.А. Комилова, Г.Г. Дубцов // Хлебопечение России. – 2011. – № 5. – С. 26 - 27.
9. Пат. 67466 Україна, МПК А21 D 8/02. Композиція інгредієнтів для виробництва зернового хліба / Пшенишнюк Г.Ф., Макарова О.В., Иванова Г.С., Демченко А.Б.; заявник та патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. – №и 2011 08424; заявл. 04.07.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 4. – 4 с.
10. Пшенишнюк Г.Ф. Біотехнологічні та реологічні властивості тіста в технології зернового хліба / Г.Ф. Пшенишнюк, О.В. Макарова, Е.Н., Иванова Г.С.// Харчова наука і технологія. – 2012. – № 1. – С. 46 - 49.
11. Скурихин И.М., Тутелья В.А. Химический состав российских продуктов питания. – Москва.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
12. Пшенишнюк Г.Ф. Технология хлеба на основе целого зерна пшеницы / Пшенишнюк Г.Ф., Макарова О.В., Иванова А.С. // Харчова наука і технологія. – 2009. – №1. – С. 79 -75.