

ГУБЕНЯ В.О., аспірант, АНТОНЮК М.М., канд. техн. наук, доцент,
АРСЕНЬЄВА Л.Ю., д-р техн. наук, професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ

ВПЛИВ НОСІЇВ ЗАЛІЗА НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Анотація

Розглянуто можливість використання органічних і неорганічних форм заліза в технології хлібобулочних виробів антианемічного призначення. Наведено результати наукових досліджень зі встановлення впливу носіїв заліза на біохімічні та мікробіологічні процеси, які відбуваються у житньо-пшеничних напівфабрикатах під час виробництва житньо-пшеничного хліба, збагаченого залізом.

Abstract

The possibility of use of organic and inorganic forms of iron in the technology of bakery products antianemic purpose. Presents the results of scientific research to establish the influence of the medium of the iron on the biochemical and microbiological processes, which occur in rye-wheat semi-finished products during the production rye-wheat bread enriched with iron.

Ключові слова: залізодефіцитна анемія, функціональні хлібобулочні вироби, носії заліза.

Сучасний спосіб життя людини характеризується зниженням енергетичних затрат внаслідок автоматизації та механізації багатьох сфер життєдіяльності як на промисловому, так і побутовому рівнях. Одночасно з цим зменшується споживання їжі, а разом з нею – макро- та мікронутрієнтів [1]. Вимушене зниження споживання білків, жирів та вуглеводів у відповідь на низькі енергетичні затрати не зменшує радикально потребу організму у вітамінах та мінеральних речовинах. Тривала нестача мікронутрієнтів призводить врешті до порушень у роботі органів та систем організму, зниження захисної функції та появи різноманітних захворювань.

Численні наукові роботи спрямовані на розроблення і впровадження у виробництво функціональних харчових продуктів, споживання яких дає змогу збагатити раціон певними дефіцитними компонентами [2]. Розповсюдження таких продуктів є дієвим способом профілактики захворювань, спричинених неповноцінним харчуванням, що в довгостроковій перспективі дозволить суттєво скоротити витрати на лікування. Велике значення має також психологічний стан людини: споживання продуктів із функціональними властивостями позбавляє дискомфорт від усвідомлення власного захворювання під час медикаментозної терапії. Навіть прийом дієтичних добавок з натуральної сировини, проте у вигляді капсул і пігулок, може підсвідомо впливати на самопочуття деяких людей, зосереджуючи їх увагу на хворобі. Безумовно, звичні в раціоні харчові продукти позбавлені цих недоліків.

Мікроелементози серед населення України найчастіше виникають внаслідок дефіциту йоду, селену і заліза [1]. Дефіцит заліза гостро відчувається в раціоні різних груп населення, особливо у дітей. Нестача впродовж тривалого часу легкозасвоюваних форм заліза призводить до захворювання на залізодефіцитну анемію, яку експерти ВООЗ назвали третьою за важливістю серед хвороб, що пов'язані з дефіцитом мікронутрієнтів у харчуванні [2]. Продукти рослинного і тваринного походження теоретично містять достатню кількість заліза для задоволення потреб людини. Проте на практиці кількість засвоєного організмом заліза не відповідає фізіологічно обґрунтованому рівню 15-17 мг на добу. Так, рослинні продукти, зокрема злакові, містять фітіннову кислоту, яка утворює із залізом нерозчинну сіль (за умов опарного способу виробництва хліба фітати частково руйнуються дріжджовим ферментом фітазою з виділенням розчинного заліза). До того ж залізо рослинних продуктів переважно тривалентне. Двовалентне залізо всмоктується краще, особливо у складі органічних сполук, наприклад, гемове залізо тваринних продуктів. Високе засвоєння гемового заліза (до 30 %) пояснюється будовою молекули гема, який без змін потрапляє у кров і використовується для синтезу гемоглобіну еритроцитів. Рослинне залізо засвоюється лише на 1...5 % [3].

Таким чином, існує потреба у додаткових джерелах легкозасвоюваного заліза для населення. Хлібобулочні вироби є продуктом масового споживання в Україні, тому після внесення відповідних залізовмісних препаратів суттєво вплинуть на кількість заліза в раціоні.

Існують дані наукових досліджень про вплив носіїв заліза (лактат заліза, дієтична добавка гемового заліза "Гемовітал" і сульфат заліза) на перебіг технологічного процесу виробництва пшеничного хліба та здобних булочних виробів [2, 3]. В публікаціях наведені, зокрема, результати клінічних спостережень, які доводять фізіологічну дієвість лактата заліза і гемового заліза у складі хлібобулочних виробів [2].

Метою даної статті є представлення результатів комплексного дослідження впливу вказаних носіїв заліза на перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів у житніх заквасках і тісті та якість готового житньо-пшеничного хліба.

Носії заліза обрано так, щоб дослідити всі три хімічні різновиди залізовмісних сполук: неорганічне залізо, органічне залізо та окрему форму органічного заліза – гемове. Органічними носіями заліза обрано лактат заліза та дієтичну добавку "Гемовітал". Лактат заліза містить залишок молочної кислоти і 20 % заліза, це порошок жовто-зеленого кольору з хорошою розчинністю, який зручно дозувати у вигляді розчину. Дієтична

добавка "Гемовітал" (розробка вчених Харківського державного університету харчування і торгівлі) має вигляд коричневого однорідного порошку, який отримують за спеціальною технологією переробки крові забійних тварин. Один кілограм даного препарату містить 1,3 г заліза. Спосіб дозування "Гемовіталу" в тісто передбачає попереднє перемішування добавки з борошном.

Сульфат заліза, який використано як неорганічний носій, – поширена діюча речовина у багатьох проти-анемічних медикаментозних препаратах. Через хорошу розчинність сульфат заліза представляється як сполука з високою фізіологічною доступністю заліза. Його широке застосування для лікування анемії пояснюється також низькою ціною. Проте дані клінічних спостережень, про які згадувалось раніше, не підтверджують антианемічну ефективність сульфата заліза при добовому споживанні 25 мг добавки (30 % добової потреби у залізі) у складі хлібобулочних виробів. Відсутність даної сполуки у переліку речовин, дозволених для застосування у виробництві харчових продуктів, зумовило використання сульфата заліза у проведених дослідженнях лише для комплексної порівняльної оцінки з органічними носіями.

Висока активність амілолітичних ферментів житнього борошна призводить до накопичення у тісті низькомолекулярних декстринів і отримання липкої м'якучки готового хліба. Активність амілолізу залежить від реакції середовища і знижується зі збільшенням кислотності, тому під час виробництва житніх сортів хліба використовують напівфабрикати з підвищеною кислотністю. Ступінь готовності житніх заквасок або тіста прослідковується за динамікою титрованої кислотності цих напівфабрикатів, а інтенсивність біохімічних процесів визначається активною кислотністю (рН). В умовах неспроможності білків житнього борошна утворювати міцний клейковинний каркас, формування якості готового хліба залежить саме від високої кислотності, яка забезпечує задовільну газо- і формоутримувальну здатність тістових заготовок.

Кислотонакопичення у житніх напівфабрикатах є результатом життєдіяльності молочнокислої мікрофлори заквасок. Тому очевидно, що в першу чергу необхідно встановити вплив носіїв заліза на активність молочнокислих бактерій. Дослідження проводили загальноприйнятим методом за швидкістю знебарвлення метиленового синього (до 20 г закваски додають 40 см³ води температурою 40 °С, перемішують; відбирають у дві пробірки по 10 см³ суміші, в одну пробірку додають 1 см³ 0,05 % метиленового синього, а іншу слугує для порівняння; пробірки розміщують у термостаті з температурою 40 °С і встановлюють час, за який сине забарвлення зникне). Солі заліза вносили з 40 см³ води, передбачених дослідом; "Гемовітал" – у вигляді порошку, але після перерахунку кількість води для розведення закваски збільшили. Результати досліджень представлені на рис. 1.

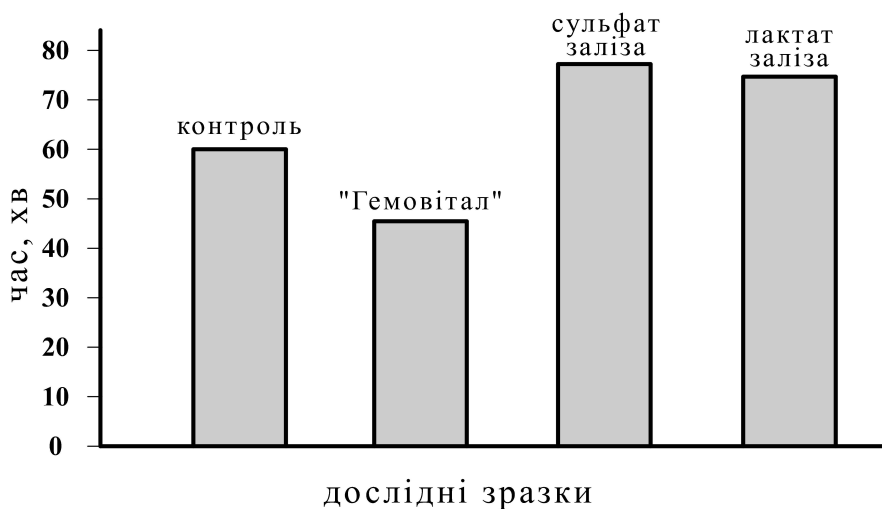


Рис. 1 Діаграма для оцінки активності молочнокислих бактерій у заквасках з носіями заліза

Як видно з діаграми, знебарвлення метиленового синього у зразку з "Гемовіталом" проходить приблизно на 15 хв раніше, ніж в контрольній пробірці без добавок. Посилення молочнокислого бродіння відбувається, напевно, завдяки високій поживності дієтичної добавки, що містить білок і клітковину, для молочнокислої мікрофлори закваски. В середовищі з сульфатом і лактатом заліза активність молочнокислих бактерій знижується: в більшій мірі впливає сульфат заліза, дещо менше – лактат.

Даний дослід є модельним, а тому не гарантує, що отримані результати можна повністю співвідносити з дійсними процесами, які відбуваються у молочнокислих заквасках як багатоскладових системах, де взаємопов'язані безліч чинників. Не відкидаючи наукову цінність отриманих результатів, практичне значення все ж матимуть спостереження за динамікою накопичення кислотності безпосередньо в процесі дозрівання житніх напівфабрикатів.

Для дослідження використовували виробничі рідкі житні закваски з Хлібозаводу №12 м. Києва. У кожному зразку, окрім контрольного, на стадії поновлення вносили відповідні носії заліза в такій кількості: "Гемовітал" – 4,1 г, лактат і сульфат заліза – по 0,024 г на 100 г готової закваски. За такого дозування 277 г хліба буде

додатково містити 8 мг елементарного двовалентного заліза, що становить 50 % від добової потреби. Результати спостережень за динамікою кислотонакопичення графічно представлені на рис. 2 і 3.

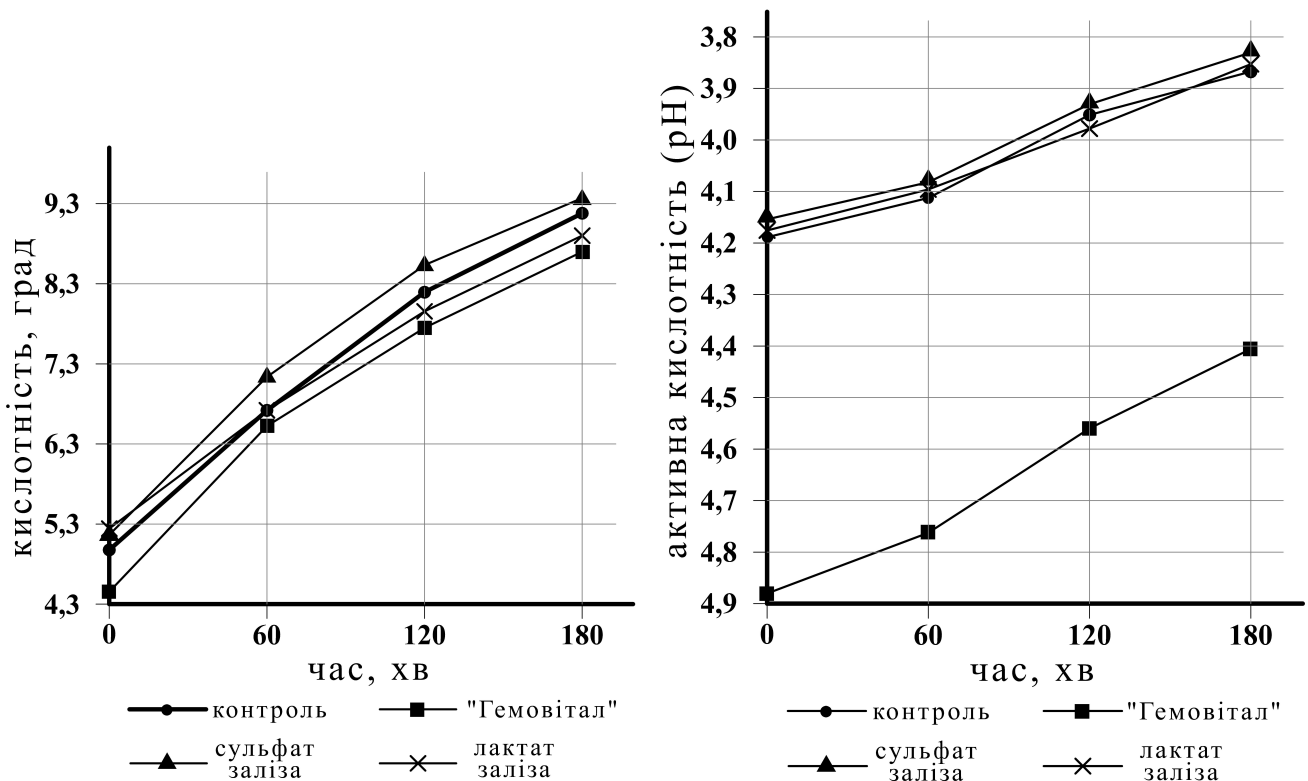


Рис. 3 Динаміка зміни активної кислотності у заквасках з носіями заліза

Подібно впливу носіїв заліза на активність молочнокислого бродіння (рис. 1) логічно було б очікувати уповільнення накопичення кислотності в заквасках і тісті з солями заліза і пришвидшення дозрівання у зразках з "Гемовіталом". Результати виявилися відмінними від прогнозованих.

Як видно з рисунків, вплив носіїв заліза на титровану кислотність заквасок незначний: значення кислотності зразків з лактатом і сульфатом заліза наприкінці дозрівання відрізняється від контрольного не більше, ніж величина похибки досліду. У заквасці з "Гемовіталом" кінцева кислотність дещо знижена, порівняно з контрольным зразком, проте не виходить за межі значень, що характеризують стиглість рідкої закваски.

Динаміка активної кислотності загалом відповідає титрованій, але в зразку з "Гемовіталом" виявлено певне відставання від інших зразків, що добре прослідковується на рис. 3. Виготовлена на основі крові, дієтична добавка "Гемовітал" містить до 75 % білка, який надає препарату лужної реакції з вираженими буферними властивостями. Накопичення кислот під час бродіння закваски відбувається з їх одночасною частковою нейтралізацією основними білками "Гемовіталу". Наведене пояснення дає підстави стверджувати, що менші значення рН у зразку з "Гемовіталом" не зумовлені сповільненням дозрівання напівфабрикату. Це відповідає висновкам про вплив препарату гемового заліза на активність молочнокислої мікрофлори (рис. 1).

Таким чином, технолог виробництва може на власний розсуд обрати спосіб дозування "Гемовіталу" в закваску, не порушуючи процес дозрівання. Один з варіантів – це організація окремої дільниці приготування закваски, де дієтична добавка гемового заліза буде додаватись у частину зрілої закваски разом з борошном під час поновлення. За потреби можливо додавати "Гемовітал" лише в ту частину закваски, з якої безпосередньо буде замішане тісто без використання в подальшому цієї ж закваски для приготування наступних порцій напівфабрикату. Під час виробництва житньо-пшеничного хліба антианемічного призначення лактат і сульфат заліза також можливо дозувати в свіжу закваску без ризику негативного впливу на кислотонакопичення.

Із дослідних заквасок, які дозрівали з носіями заліза, були виготовлені зразки тіста. В результаті послідовного замішування між кожним наступним зразком існував проміжок часу, впродовж якого кінцева кислотність закваски і, відповідно, початкова кислотність тіста збільшувались. З метою правильного розуміння отриманих даних всі значення титрованої кислотності виражено у відсотках до початкового для кожного зразка. Результати наведено на рис. 4 і 5.

В динаміці збільшення кислотності тіста, зображеній графічно на рис. 4 і 5, більш виражено виявляються відмінності між зразками. Так, у тісті з лактатом і сульфатом заліза впродовж 30 хв бродіння титрована кислотність збільшується на 1,0 - 1,4 град., тоді як у зразках з "Гемовіталом" і без добавок лише на 0,4 град. Якщо відставання кислотоутворення в тісті з добавкою гемового заліза можна пояснити нейтралізацією утворених ки-

слот лужнореагуючими білками "Гемовіталу", то значення титрованої кислотності зразків з солями заліза знову не узгоджується з даними про їх вплив на активність молочнокислих бактерій.

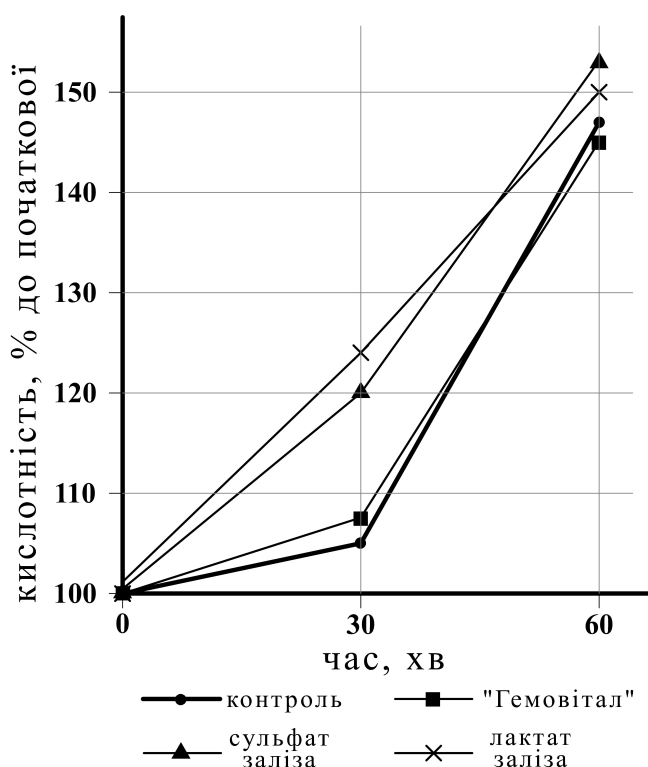
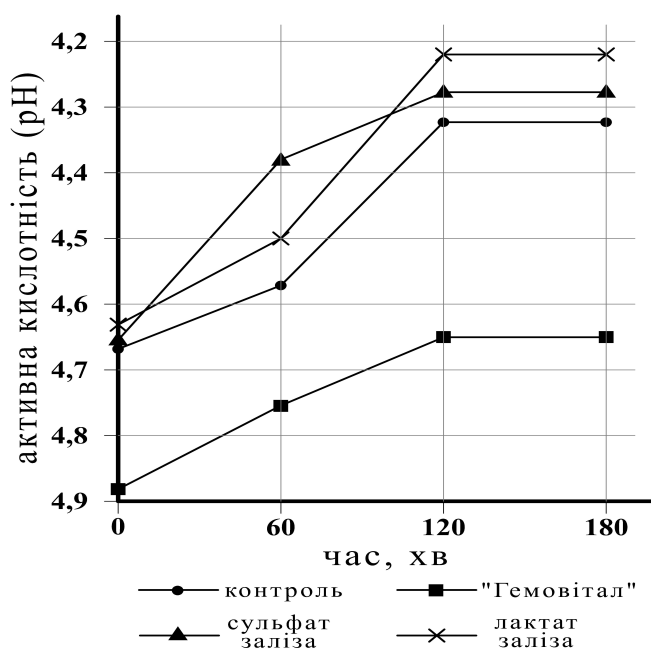


Рис. 4 Динаміка зміни кислотності у житньо-пшеничному тісті з носіями заліза

Рис. 5 Динаміка зміни активної кислотності у житньо-пшеничному тісті з носіями заліза



Для пояснення невідповідності між активністю молочнокислих бактерій і динамікою кислотонакопичення робимо припущення, що додаткове залізо в середовищі закваски зумовлює активне збільшення біомаси. Тоді динаміка кислотності в зразках із солями заліза наближена до контрольного за рахунок більшої кількості молочнокислих бактерій, незважаючи на пригнічення їх активності. Виникає питання, чому ж збільшення числа бактерій не компенсувало зниження їх активності під час спостережень за зміною забарвлення метиленового синього? Відповідь ймовірно така: для розмноження молочнокислих бактерій краще підходить густе середовище закваски і тіста, ніж розведене. Таким чином, під час досліду зі встановлення активності молочнокислих бактерій значного збільшення їх біомаси не відбувається і зниження активності нічим не компенсується, тому метиленовий синій знебарвлюється на 15-17 хв пізніше. Потрапляючи ж в сприятливе високопоживне середовище закваски або тіста молочнокисла мікрофлора отримує поштовх до розмноження.

Висловлене припущення підтвердилось після визначенням кількості молочнокислих бактерій у стиглих заквасках з носіями заліза. Паралельно було підраховано й число дріжджових клітин. Отримані результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Кількість молочнокислих бактерій та дріжджів у рідких житніх заквасках з носіями заліза

Вид мікрофлори	Закваска без носіїв заліза	Закваски з додаванням, г/100г закваски		
		"гемовітала" 4,1	сульфата заліза 0,024	лактата заліза 0,024
Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	$3,0 \cdot 10^9$	$9,0 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{10}$
Дріжджі, КУО/см ³	$3,0 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^9$

Згідно отриманих даних, число молочнокислих бактерій у заквасках з солями заліза більше ніж в контрольному зразку на порядок, а з "Гемовіталом" – у три рази. Таким чином, результати двох попередніх досліджень з активності молочнокислих бактерій і динаміки кислототворення цілком узгоджуються між собою.

Слід сказати також про роль хімічної будови сульфата і лактата заліза в закисанні середовища. За допомогою модельного досліду виявлено зниження рН їх водних розчинів з часом. Двовалентне залізо є залишком слабкої основи, тому гідроліз сполук з цим мікроелементом супроводжується збільшенням активної ки-

слотності за рахунок утворення вільних іонів водню. Можливо частково саме цим процесом зумовлені менші значення рН у тісті з солями заліза.

Встановлено, що досліджувані носії заліза впливають не лише на збільшення біомаси молочнокислих бактерій, а й дріжджів. Так, у середовищі з "Гемовіталом" і лактатом заліза кількість дріжджових клітин більша у 6 разів, а з сульфатом заліза у 3 рази, порівняно з контролем.

Оцінку якості готового житньо-пшеничного хліба, збагаченого залізом, проводили за показниками питомого об'єму, пористості та формостійкості (H/D). Результати представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Показники якості житньо-пшеничного хліба з носіями заліза

Показники	Без добавок (контроль)	З внесенням, % до маси борошна		
		„гемовітала”	сульфата заліза	лактата заліза
		3,4	0,0204	0,0204
Питомий об'єм, см ³ /100 г	374	348	352	360
Пористість, %	60	55	57	58
H/D	0,35	0,45	0,42	0,38

Аналіз отриманих даних показує зниження питомого об'єму і пористості житньо-пшеничного хліба з носіями заліза на 4-7 %. Зменшення об'єму житніх сортів хліба може відбуватися внаслідок різкого збільшення газоутворення, що призводить до порушення нестійкої пористої структури житнього тіста, яке характеризується низькою газоутримувальною здатністю [4]. Таке пояснення з високою ймовірністю можна вважати точним для даного випадку, враховуючи помітне збільшення числа дріжджових клітин у зразках з препаратами заліза.

Відмічено збільшення формостійкості подового хліба з носіями заліза. Проте механізм впливу добавок на формостійкість різний. Сульфат і лактат заліза впливають на зміцнення тіста за рахунок хімічної активності двовалентного заліза, при чому в сульфаті залізо активніше, що помітно з отриманих даних. За участю двовалентного заліза та кисню у тісті відбуваються ряд окисно-відновних реакцій, які зумовлюють появу нових зв'язків (переважно дисульфідних) між полімерами білка. Крім того, досліджувані солі заліза впливають на гідрофільність білків тіста збільшенням кислотності середовища під час гідролізу. При цьому тісто укріплюється за рахунок зв'язування білками вільної вологи. У випадку з "Гемовіталом" укріплення тіста також пов'язане зі зменшенням кількості вільної вологи, проте через значну гідрофільність білків самої добавки.

Висновки.

Не зважаючи на зменшення питомого об'єму та пористості, готові вироби, збагачені залізом, характеризуються цілком прийнятними органолептичними та фізико-хімічними показниками, що дає змогу рекомендувати їх для масового виробництва і споживання.

Виробництво житньо-пшеничного хліба, збагаченого залізом, не потребує переоснащення існуючих виробництв та внесення змін у параметри технологічного процесу.

Високий попит на хлібобулочні вироби дає змогу стверджувати про доцільність збагачення їх залізом з метою профілактики залізодефіцитних станів за умови наведення на етикетці даних про вміст заліза у 100 г продукту та відсоток покриття добової потреби в даному мікроелементі за рахунок вживання 277 г хліба.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оздоровительное и диетическое питание: цикл лекций. Часть I / под ред. В.И. Циприяна. – К.: "Логос", 2001. – 336 с.
2. Губеня В.О., Лявинець Г.М., Антонюк М.М., Бондар Н.П., Арсеньєва Л.Ю. Порівняльна характеристика та ефективність застосування носіїв заліза для створення хлібобулочних виробів антианемічного призначення // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр./ Донец. нац. ун-т. економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2012. – Вип. 28. – с. 363-368
3. Губеня В.О., Арсеньєва Л.Ю. – Порівняльна оцінка впливу носіїв двовалентного заліза на структурно-механічні властивості тіста та якість хліба // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2008. – № 11, с. 13
4. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 439 с.