

УДК 664.6:612.392.4

*В.О. Губеня, асп.
Л.Ю. Арсеньева,
д-р техн. наук, проф.
Національний університет
харчових технологій*

ХЛІБОБУЛОЧНІ ВИРОБИ АНТИАНЕМІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті обґрунтовано доцільність збагачення хліба залізом. Представлено результати досліджень впливу носіїв заліза на технологічний процес виробництва хлібобулочних виробів. Клінічними спостереженнями доведено фізіологічну ефективність обраних носіїв заліза у складі хлібобулочних виробів.

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

Нестача або дисбаланс поживних речовин — характерна особливість структури харчування населення не лише країн з низьким рівнем доходів, але й економічно розвинених регіонів. У першому випадку неповноцінність раціону пов'язана з низькою доступністю деяких груп харчової продукції з високою харчовою цінністю (м'ясо та м'ясопродукти, молочні продукти тощо), у другому — зі зменшенням частки повноцінного білка, мінеральних речовин та вітамінів з одночасним зростанням калорійності денного раціону за рахунок жирів та легкозасвоюваних вуглеводів.

Актуальною для нашої країни є проблема нестачі заліза у харчуванні, тривале недоотримання якого призводить до поширення захворюваності на залізодефіцитну анемію (ЗДА) серед дітей молодшого віку, жінок та літніх людей. Залізо надходить в організм з харчовими продуктами рослинного і тваринного походження. Рослинне залізо утворює з фітиною кислотою важкорозчинні солі, тому всмоктується, за різними оцінками, лише на 1–10 % [1]. Гемове залізо тваринних продуктів може мати засвоюваність до 30 %. Таким чином, ризик виникнення ЗДА пояснюється не тільки зменшенням загальної кількості заліза в раціоні, а й нестачею джерел саме легкозасвоюваного заліза [1, 2].

Дієва профілактика ЗДА може здійснюватися за допомогою регулярного споживання продукції харчової промисловості або ресторанного господарства, збагаченої залізом. Кількість додатково внесеного заліза повинна задовольняти добову потребу в ньому на 30–50 %. Поширеним харчовим продуктом в Україні є хліб, що робить його найбільш перспективним з точки зору ефективності запобігання нестачі мікроелементів у значної частини населення [3].

Метою даної статті є представлення результатів досліджень зі встановлення впливу деяких носіїв заліза органічної та неорганічної природи на біохімічні та мікробіологічні процеси, які відбуваються під час технологічного процесу виробництва хліба, якість готового продукту і фізіологічну ефективність обраних носіїв заліза у складі хлібобулочних виробів.

Літературні джерела містять депо суперечливі дані про засвоєння тих чи інших залізовмісних сполук організмом людини. Ефективність всмоктування заліза традиційно пов'язують із розчинністю сполуки-носія та ступенем окислення. Виходячи з цього, медикаментозні препарати для лікування анемії часто містять сульфат заліза, який приймають за легкозасвоювану форму через хорошу розчинність [1]. Сьогодні активно розвивається думка, що органічні носії заліза характеризуються кращою засвоюваністю і меншим подразливим впливом на слизові оболонки травної системи людини. Саме тому для досліджень обрано органічні сполуки заліза — лактат заліза та дієтичну добавку гемового заліза «Гемовітал». Порівнювали обрані добавки з сульфатом заліза, враховуючи широке застосування даної солі у світовій практиці лікування ЗДА та збагачення харчових продуктів залізом.

© Губеня В.О., Арсеньева Л.Ю., 2012

Розрахунками встановлено, що для задоволення фізіологічної добової потреби у залізі на 50 % у 300 г хлібобулочних виробів промислового виробництва або 100–120 г здобних виробів закладів ресторанного господарства (одна порція) необхідно внести 40 мг лактата або сульфата заліза, або 6 г «Гемовітала». Така кількість відповідає 8 мг елементарного заліза при добовій потребі 15–17 мг. Солі заліза вносили в тісто у вигляді розчинів, а «Гемовітал» попередньо змішували з борошном або додавали до фруктової начинки рогаликів.

Якість готового пшеничного хліба формується за рахунок ферментативних і мікробіологічних процесів під час дозрівання тіста. На активність ферментів і життєдіяльність мікроорганізмів впливає, зокрема, окисно-відновний потенціал (ОВП) середовища. Даний показник зменшується в процесі бродіння дріжджового тіста і збільшується під час ферментації бездріжджового. Життєдіяльність дріжджів сприяє накопиченню речовин, які зумовлюють відновні процеси в середовищі та зменшують значення ОВП. Отже, за характером кривих ОВП тіста можливо зробити висновок про вплив носіїв заліза на інтенсивність бродіння [4]. Результати дослідження графічно представлено на рис. 1.

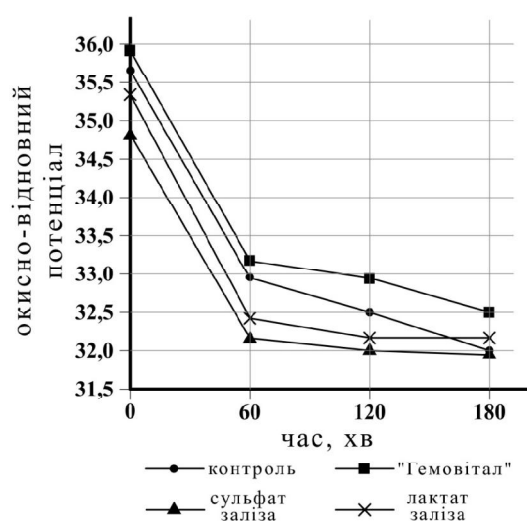


Рис. 1. Динаміка ОВП у пшеничному тісті з носіями заліза під час бродіння

Як видно з графіків, у першу годину бродіння крива ОВП у тісті з лактатом і сульфатом заліза знижується швидше, а з «Гемовіталом» — повільніше, ніж у контрольному зразку. Кінцеві ж значення ОВП для всіх зразків відрізняються на незначну величину. Зазначимо, що окисно-відновний потенціал пов'язаний з активною кислотністю. Якщо взяти до уваги здатність солей заліза знижувати рН середовища внаслідок гідролізу, то лактат і сульфат заліза не впливають помітно на інтенсивність бродіння, а різкий спад кривої ОВП на початку пояснюється хімічними властивостями даних носіїв заліза. На відміну від солей заліза, «Гемовітал» збільшує рН середовища, оскільки містить білки з лужною реакцією, тому значення ОВП тіста з «Гемовіталом» вищі, ніж для інших зразків.

Необхідний об'єм пшеничного хліба забезпечується достатнім газоутворенням в тісті під час дозрівання. Розпушення тіста відбувається за рахунок зброджування дріжджами мальтози, яка утворюється внаслідок амілолізу крохмалю. Вплив носіїв заліза на мальтазну активність дріжджів оцінили за допомогою модельного дослідження, суть якого у визначенні кількості мальтози в середовищі на початку та в кінці бродіння. Результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Вміст мальтози в середовищі з носіями заліза

Показники	Середовище без добавок	Середовище з додаванням		
		лактата заліза	сульфата заліза	«Гемовітала»
Початкова кількість мальтози, мг	1000	1000	1000	1000
Кінцева кількість мальтози, мг	719±15	730±15	728±15	735±15
Кількість збродженої мальтози, мг	281±15	270±15	272±15	265±15

Статистична обробка отриманих даних показує, що лактат і сульфат заліза не впливають на здатність дріжджів зброджувати мальтозу. У середовищі з

«Гемовіталом» в кінці випробування кількість мальтози дещо вища. Це свідчить про зниження мальтазної активності, що, можливо, вплине на газоутворення в тісті.

У формуванні структурно-механічних властивостей тіста значну роль відіграють процеси в білково-протеїназному комплексі, які відбуваються переважно під дією протеолітичних ферментів. Активність протеаз визначали за кількістю водорозчинного азоту, що утворюється під час ферментації зразків тіста з носіями заліза. Результати досліджень представлено на рис. 2.

Встановлено, що солі заліза сповільнюють протеолітичні процеси в тісті. Це виявляється у зниженні кількості водорозчинного азоту та отриманні міцнішої клейковини у зразках з сульфатом та лактатом заліза, порівняно з контролем (табл. 2).



Рис. 2 Вміст водорозчинного азоту в пшеничному тісті з носіями заліза наприкінці ферментації

Таблиця 2. Міцність клейковини тіста з носіями заліза

Тривалість ферментації, хв	Показники ИДКу у разках тіста			
	без добавок	з додаванням % до маси борошна		
		лактат заліза 0,021	сульфат заліза 0,021	«Гемовітал» 3,5
20 хв	72,0 ± 0,3	71,0 ± 0,3	69,0 ± 0,3	68,0 ± 0,3
180 хв	97,0 ± 0,3	96,0 ± 0,3	90,0 ± 0,3	93,0 ± 0,3

Під час замішування тіста двовалентне залізо частково окислюється (ймовірно вирішальну роль в цьому перетворенні відіграє кисень повітря) і саме набуває властивостей окисника. Можливо з цим пов'язаний вплив солей заліза на сповільнення протеолізу в тісті, оскільки в присутності окисників активність протеаз знижується [5].

Найбільше зміцнення клейковини спостерігається у зразку з сульфатом заліза вже через 20 хв після замішування тіста. Пояснюється це тим, що сульфатна форма заліза під час зміни ступеня окислення, крім впливу на протеолітичні ферменти, зумовлює збільшення кількості дисульфідних груп у клейковині, що додатково її укріплює. Залізо у формі лактата більш стабільне і не бере активної участі в окисно-відновних процесах, тому невелике зміцнення клейковини в цьому випадку пояснюється лише сповільненням протеолізу. Збільшення кількості водорозчинного азоту у зразку з «Гемовіталом» не свідчить про більшу активність протеолітичних ферментів і пояснюється гідролізом білків самої добавки. Зміцнення клейковини у зразку з «Гемовіталом» відбувається внаслідок значної гідрофільності білків даного препарату.

Таким чином, вплив носіїв заліза на процес дозрівання пшеничного тіста незначний. Для досягнення необхідних реологічних параметрів тіста з «Гемовіталом» рекомендується підвищити температуру бродіння на 1–2 °С. Укріплення клейковини у зразках з сульфатом заліза та «Гемовіталом» дає змогу прогнозувати покращення формостійкості готового хліба.

Пробні лабораторні випікання показали, що хлібобулочні вироби з лактатом і сульфатом заліза не поступаються за фізико-хімічними та органолептичними показниками виробам без добавок (табл. 3).

Таблиця 3. Показники якості хліба з носіями заліза

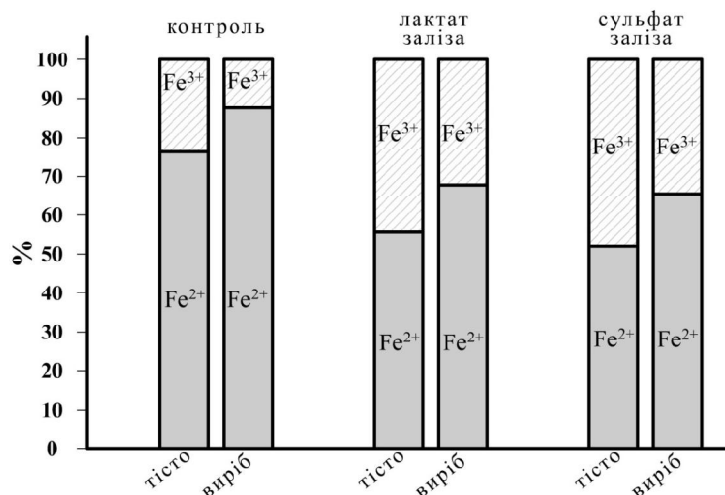
Показники	Без добавок (контроль)	З додаванням, % до маси борошна		
		«Гемовітал» 3,5	сульфат заліза 0,021	лактат заліза 0,021
Питомий об'єм, см ³ /100 г	300	291	295	298
Пористість, %	76	74	75	76
H/D	0,40	0,50	0,45	0,40

На підтвердження висловленого раніше припущення, подові хлібобулочні вироби з сульфатом заліза та «Гемовіталом» мають більші значення показника H/D (відношення висоти до діаметра), тобто цим зразкам властива краща формостійкість. Питомий об'єм цих же виробів дещо менший внаслідок зниження газотримувальної здатності тіста, а у випадку з «Гемовіталом» додатково і за рахунок зниження мальтазної активності. Однак зменшення об'єму незначне, тому про погіршення якості не йдеться.

Дієтична добавка «Гемовітал» є продуктом переробки крові великої рогатої худоби і має специфічні забарвлення та смак, які передаються готовому хлібу. Успішно використовувати «Гемовітал» у складі пшеничного хліба можливо лише як компонент начинки здобних виробів у поєднанні зі смаковими продуктами (кориця, ванілін тощо). Житній хліб з «Гемовіталом» має задовільні органолептичні показники навіть без маскування стороннього присмаку.

Залізо, яке додатково вноситься з дієтичними добавками, може змінювати ступінь окиснення у технологічному процесі. Оскільки краще засвоюється двовалентне залізо, то співвідношення Fe^{2+}/Fe^{3+} певним чином вказує на антианемічний ефект від вживання збагачених залізом продуктів [3].

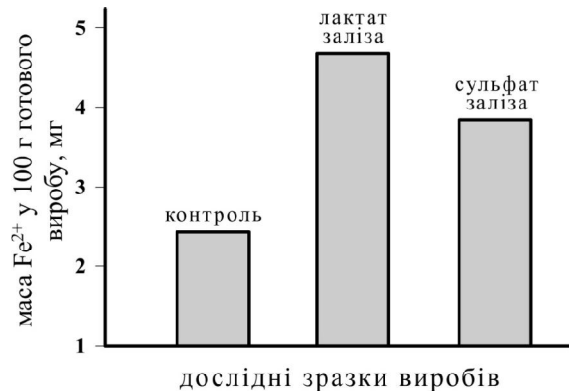
Вміст водорозчинних фракцій дво- і тривалентного заліза визначали на кінцевому етапі дозрівання тіста і в готових виробках. Для цього використали методику згідно ГОСТ 26928–86 «Продукты пищевые. Метод определения железа», яку дещо видозмінили. Так, було виключено стадію озолення, впродовж якої, на нашу думку, вихідне співвідношення Fe^{2+}/Fe^{3+} у зразках порушується. Водорозчинне залізо вилучали із тіста та хліба за допомогою 1n розчину сірчаної кислоти. Результати досліджень представлені у вигляді діаграм на рис. 3 і 4.



Як видно з рис. 3, у тісті та готових виробках переважно міститься двовалентне залізо. Співвідношення Fe^{2+}/Fe^{3+} збільшується після випікання в середньому на 35 %

за рахунок збільшення кількості загального і двовалентного водорозчинного заліза. Можливо це пояснюється руйнуванням фітатних залізовмісних комплексів фітазою дріжджів і впливом теплового оброблення.

Встановлено, що за час дозрівання тіста і випікання близько 50 % внесеного двовалентного заліза переходить у тривалентне. В більшій мірі це відбувається у зразку з сульфатом заліза, оскільки дана сполука легше вступає в окисно-відновні реакції. Не зважаючи на це, у готових виробках з лактатом і сульфатом заліза кількість Fe^{2+} більша на 95 та 58 % відповідно, порівняно з контрольним зразком (рис. 4).



Ученими Харківського державного університету харчування та торгівлі були проведені дослідження зі встановлення співвідношення валентних форм заліза у хлібі з дієтичною добавкою «Гемовітал». Встановлено, що вихідне співвідношення Fe^{2+}/Fe^{3+} у препараті складає 50/50, а у готовому виробі 33/67 %, тобто переважає тривалентне залізо [6]. У кишечнику залізовмісний порфіриновий комплекс всмоктується цілком, тому фактори, які впливають на засвоєння негемового заліза (валентність, фітинова кислота, вітамін С) не діють у випадку гемового заліза [1].

Фізіологічну ефективність досліджуваних носіїв заліза у складі хлібобулочних виробів перевіряли за допомогою медико-біологічних спостережень, які проходили у відділенні дитячої гематології клініки Наукового центру радіаційної медицини АМН України. Було сформовано три групи по 10 дітей, які щодня впродовж місяця із задоволенням споживали по одному рогалику з фруктовим начинкою. Рогалики масою 120 г виробляли окремо для кожної групи, і додавали відповідні носії заліза: лактат і сульфат заліза вносили в тісто, а «Гемовітал» — у начинку. Кількість додаткового заліза в одному виробі становила 4,8 мг, що становить 30 % від добової потреби.

Перед початком та в кінці вказаного періоду споживання рогаликів кров дітей перевіряли за такими показниками: концентрація гемоглобіну, кількість еритроцитів, середній об'єм одного еритроцита (MCV), вміст гемоглобіну в одному еритроциті (MCH). Статистично оброблені результати спостережень наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Показники еритроцитарної ланки кровотворення дітей, які брали участь у клінічних спостереженнях

Показники крові		Групи дітей і носії заліза в рогаликах					
		Група № 1, лактат заліза		Група № 2, «Гемовітал» (гемове залізо)		Група № 3, сульфат заліза	
		до	після	до	після	до	після
Гемоглобін, г л ⁻¹	дівчата	123±2,9	131±2,5	126±5,0	138±4,2	119±5,2	115±4,5
	хлопчики	121±1,8	133±4,5	132±2,6	138±3,0	120±4,0	120±4,0
Еритроцити, Т л ⁻¹	дівчата	4,6±0,2	5,1±0,2	4,5±0,3	5,3±0,3	4,4±0,6	4,5±0,5
	хлопчики	4,8±0,3	5,0±0,3	4,4±0,15	5,0±0,3	4,6±0,1	4,2±0,1
MCV, фл	дівчата	80,6±2,2	82,1±1,4	83,8±0,5	84,5±1,1	82,4±3,2	83,4±2,1
	хлопчики	79,4±1,3	82,0±0,9	82,4±0,25	85,4±2,1	80,2±0,1	81,0±0,9
MCH, пг	дівчата	25,8±0,85	26,1±1,0	27,9±0,7	28,0±1,1	28,8±0,9	29,3±0,8
	хлопчики	25,7±1,2	27,7±0,5	28,2±0,2	28,7±0,6	26,2±0,2	26,0±0,4

Медико-біологічні спостереження показали, що вживання хлібобулочних виробів з лактатом заліза та «Гемовіталом» в кількості, еквівалентній лише 30 % добо-

вої потреби у залізі, уже позитивно впливає на показники крові дітей. Достовірно встановлено відсутність подібного впливу виробів з сульфатом заліза, тому використовувати сульфат заліза у виробництві хлібобулочних виробів антианемічного призначення недоцільно [3].

Висновки. Збагачення хлібобулочних виробів залізом є дієвим способом профілактики залізодефіцитної анемії серед груп населення, які схильні до даного захворювання.

В результаті проведених досліджень встановлено, що обрані носії заліза (лактат заліза, дієтична добавка гемового заліза «Гемовітал» і сульфат заліза) за дозування 0,021 % солей заліза і 3,5 % «Гемовітала» до маси борошна, не суттєво впливають на технологічний процес виробництва хлібобулочних виробів. «Гемовітал» доцільніше вносити у начинку здобних виробів, оскільки він затемнює колір м'якушки.

Клінічні спостереження за станом крові дітей, які вживали рогалики з носіями заліза у кількості, що відповідає 30 % добової потреби в залізі, довели фізіологічну ефективність лактата заліза і «Гемовітала» у складі хлібобулочних виробів. Сульфат заліза не вплинув на параметри крові дітей, що ставить під сумнів доцільність його використання для збагачення хлібобулочних виробів залізом.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Спиричев В.Б.* Микронутриенти в питании здорового и больного человека: справочное руководство по витаминам и минералам / В.Б. Спиричев. — М.: Колос, 2002. — 424 с.
2. *Гусева С.А. Анемии.* / С. А. Гусева, Я. П. Гончаров; К.: Логос, 2004. — 408 с.
3. *Губеня В.О., Лявинець Г.М., Антонюк М.М., Бондар Н.П., Арсеньева 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
4. *Губеня В.О., Арсеньева 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.
5. *Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: Навчальний посібник* / За заг. ред. Г.М. Лисюк. — Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. — 464 с.
6. *Віннікова В.О.* Формування якості дієтичної добавки «Гемовітал» та борошняних кондитерських виробів з її використанням: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.18.15 / В.О. Віннікова. — Харків. — 2008. — 18 с.

В.О. Губеня, Л.Ю. Арсеньева

Разработка технологии хлебобулочных изделий антианемического назначения

В статье обоснована целесообразность обогащения хлеба железом. Представлены результаты исследований влияния носителей железа на технологический процесс производства хлебобулочных изделий. С помощью клинических наблюдений доказана физиологическая эффективность использованных носителей железа в составе хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: *железодефицитная анемия, носители железа, хлебобулочные изделия.*

V. Gubenyа, L. Arsen'eva

Development of the technology of bakery products antianemic action

The article is devoted to the development of technologies of functional bakery products, enriched with iron. According to literary data, the necessity for the enrichment

of bread easily dispectible iron and elected carriers of iron. With the help of calculations defined optimum dosages may elect carriers of iron (ferrous lactate, iron sulfate, dietary Supplement hemic iron «Hemovital») to cover the daily needs in iron by 50%. The effect of carriers of iron on the activity of fermentation for the dynamics of change of oxide-reduction potential of the test. Established changes in the course of proteolytic processes in the samples of the test with the carriers of iron and the impact of these changes on the structural-mechanical properties of gluten. Presented data on the ratio of the valence forms of iron in the dough and bread. Physiological effectiveness of carriers of iron in the structure of bakery products is proven by clinical observations.

Keywords: *iron deficiency anemia, iron carriers, bread enriched with iron.*

e-mail: gubenya@inbox.ru

Надійшла до редколегії 01.03.2012 р.