

Л.Ю. Арсеньєва, канд. техн. наук
Л.О. Герасименко, М.М. Антонюк
В.Ф. Доценко, д-р техн. наук

ЗБАГАЧЕННЯ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА МІКРОНУТРІЄНТАМИ

Науково-технічний прогрес супроводжується докорінним зміненням характеру навантаження, ритму життя людини та потреб організму — зростає потреба в низькокалорійних продуктах з високим вмістом білка та мікронутрієнтів [1—3]. У раціоні населення України спостерігається нестача мікронутрієнтів: йоду, селену, кальцію, заліза та фолієвої кислоти. На ендемічних щодо окремих мікроелементів територіях проживає не менше третини населення. Проблема посилюється негативними змінами в структурі харчування українців, особливо соціально незахищених груп. Нестача йоду призводить до захворювання щитовидної залози та порушення розумової діяльності дітей, дорослих, нестача селену — до порушення обміну речовин, зниження імунітету, нестача кальцію та заліза — до виникнення рахіту у дітей, зниження рівня гемоглобіну і розвитку анемії. Недостатнім споживанням вітаміну В₉ спричинюються синдром Дауна, розвиток раку прямої та товстої кишок.

Мікронутрієнтний склад раціону населення можна корегувати, збагачуючи ними хлібобулочні вироби такими, наприклад, способами:

підвищенням виходу борошна з можливістю включення в нього всіх частин алейронового прошарку і зародку, найбільш багатих мінеральними речовинами, вітамінами, білками;

додаванням до борошна вищих сортів висівок, які пройшли завчасне оброблення для підвищення засвоюваності речовин, що в них містяться;

додаванням хімічних препаратів, вітамінів, мінеральних речовин і амінокислот до борошна вищого сорту, яке отримують із чистого ендосперму, найбільш багатого на ці речовини.

Перевагами останнього способу є точність корегування мінерального складу вихідних продуктів, а також те, що мікрокількості добавок не змінюють суттєво технологічний процес. Це дає можливість збагачувати мікронутрієнтами хлібобулочні вироби широкого асортименту.

Об'єктами дослідження обрано добавки, характеристика яких наведена в *табл. 1*.

Мікроелемент дозували у кількості, яка забезпечила половину добової потреби його внаслідок споживання 277 г/добу хліба (норма споживання хліба, затверджена Кабінетом Міністрів України для розрахунку споживчої корзини), враховуючи вміст основного елемента в солі та втрати його при веденні технологічного процесу. На думку спеціалістів із гігієни харчування, харчові продукти мають збагачуватися мікро-

нутрієнтами до рівня, що не перевищує 50 % добової потреби в окремому мікронутрієнті внаслідок вживання середньої добової кількості продукту.

Таблиця 1

Характеристика мінеральних збагачувачів

Збагачувач	Основний елемент	Вміст елемента в носії, %	Втрати елемента під час випікання, %	Добова потреба організму в елементі, мг	Дозування збагачувача, % до маси борошна	Вміст елемента в хлібі з добавкою, мг · %
Залізо (III) цитрат FeC ₆ H ₅ O ₇ · nH ₂ O	Fe	22,0	29,2	15,0	0,024	2,7
Амонію заліза дигідропитрат Fe(NH ₄)C ₆ H ₅ O ₇ · nH ₂ O	Fe	14,0	28,9	15,0	0,038	2,7
Сульфат заліза FeSO ₄ · 7H ₂ O	Fe	18,0	16,0	15,0	0,025	2,7
Карбонат кальцію CaCO ₃	Ca	38,4	6,1	800,0	0,548	144,0
Фосфорноватистокислий кальцій Ca(H ₂ PO ₄) ₂	Ca	23,4	12,5	800,0	0,990	144,0
Йодид калію KI	I	76,5	66,0	0,150	0,00015	0,015
Йодат калію KIO ₃	I	59,3	73,0	0,150	0,00024	0,021
Тиреойд	I	7,5	1,5	0,150	0,0005	0,027
Вітайод	I	7,5	1,5	0,150	0,0005	0,027
Йодказеїн	I	7,5	1,5	0,150	0,0005	0,027
Фолієва кислота	B ₉	99,8	1,8	0,40	0,0001	0,072
Гідроселеніт натрію, NaHSeO ₃	Se	52,0	28,6	0,100	0,000048	0,018
Солод сої, збагачений селеном	Se	0,002	10,7	0,100	1,40	0,018

Мікробіологічні процеси в тісті зумовлені життєдіяльністю молочнокислих бактерій (МКБ) та хлібопекарських дріжджів. Основними кінцевими продуктами життєдіяльності їх є вуглекислий газ та органічні кислоти.

Відомо, що інтенсивність газоутворення в тісті досягає максимуму в період кінцевого вистоювання. Тому за досягненням максимальної швидкості газоутворення можна визначити загальну тривалість приготування тіста.

Досліджували змінення швидкості газоутворення в процесі бродіння тіста з додаванням мікронутрієнтів. Максимальна активність ферментних систем дріжджових клітин була досягнута в контрольному зразку тіста через 120...150 хв після замішування. Додавання фосфорноватистокислого кальцію та амонію заліза

дрочицрату скорочувало тривалість цього періоду на 30 хв, а додавання йодовмісних збагачувачів, крім йодату калію, також гідроселеніту натрію, уповільнювало цей процес.

Інтенсивність молочнокислого бродіння визначали за зміненням титрованої кислотності. Одержані експериментальні дані показують, що внесення мікронутрієнтів майже не впливає на початкову кислотність тіста. Збільшенню кислотонакопичення сприяють йодат калію, солод з селеном та гідроселеніт натрію. В тісті з цими добавками кислотність, що відповідає кінцевій кислотності контролю, досягається на 30 хв раніше, ніж в контролі.

Щоб вивчити вплив добавок на стан мікрофлори тіста, досліджували мальтазну та зимазну активності дріжджів за наявності добавок, активність МКБ — методом знебарвлення метиленового синього, а також ріст колоній мікрофлори, висіяної з модельних опар (табл. 2 і 3).

Таблиця 2

Показники мальтазної та зимазної активностей дріжджів

Добавка	Мальтазна активність, хв	Зимазна активність, хв
Без добавок (контроль)	90	29
Селен		
солод із селеном	76	34
NaHSeO ₃	47	15
Залізо:		
Fe(NH ₄)C ₆ H ₅ O ₇ ·nH ₂ O	91	47
C ₆ H ₅ O ₇ ·Fe·nH ₂ O	65	49
FeSO ₄ ·7H ₂ O	66	43
Кальцій:		
CaCO ₃	113	41
Ca(H ₂ PO ₂) ₂	104	45
Йод:		
тіреойод	71	35
вітайод	85	36
йодказеїн	65	39
KI	90	38
KIO ₃	84	37
Фолієва кислота	72	34

Таблиця 3

Мікробіологічні показники модельних опар з добавками мікронутрієнтів

Добавка	Молочнокислі бактерії		
	Дріжджі	Кількість колоній · 10 ⁸	
	Кількість колоній · 10 ⁶	Кількість колоній · 10 ⁸	Активність, хв
Без добавок (контроль)	9	95	130
Селен:			
NaHSeO ₃	19	258	113
солод із селеном	16	490	131
Залізо:			
Fe(NH ₄)C ₆ H ₅ O ₇ ·nH ₂ O	19	127	125
C ₆ H ₅ O ₇ ·Fe·nH ₂ O	35	114	130
FeSO ₄ ·7H ₂ O	35	6	245
Кальцій:			
CaCO ₃	11	18	115
Ca(H ₂ PO ₂) ₂	31	23	180
Йод:			
тіреойод	26	102	141
вітайод	58	36	69
йодказеїн	83	902	76
KI	22	158	102
KIO ₃	61	30	101
Фолієва кислота	11	10	178

За одержаними результатами, майже всі добавки мікронутрієнтів погіршують зимазну активність дріжджів. Поліпшення мальтазної активності спостерігається у

зразках із селеном, йодом, фолієвою кислотою, заліза цитратом та сірчаноокислим залізом. Погіршення мальтазної активності дріжджів помітне в разі внесення карбонату кальцію, фосфорноватистокислого кальцію, амонію заліза дигідроцитрату.

На активність молочнокислої флори позитивно впливають носії йоду (більшою мірою — органічні) та гідроселеніт натрію, негативно — сульфат заліза, фосфорноватистокислий кальцій та фолієва кислота. Розмноження дріжджів в опарах за наявності досліджуваних добавок активізується, а на ріст МКБ негативно впливають сульфат заліза, носії кальцію, йодат калію та фолієва кислота.

Мікроскопічні дослідження показали збільшення розміру клітин дріжджів та молочнокислих бактерій за наявності добавок мікронутрієнтів, за винятком сульфату заліза та фолієвої кислоти. Це є ознакою підвищення активності мікрофлори тіста.

Найбільший позитивний вплив на стан мікрофлори та мікробіологічні процеси мають залізо (III) цитрат, фосфорноватистокислий кальцій, йодказеїн, солод, збагачений селеном, і фолієва кислота.

Біохімічні трансформації в тісті з добавками характеризували за накопиченням кінцевих продуктів: редуковувальних цукрів (табл. 4) і водорозчинного азоту.

Встановлено, що процес амілолізу в разі додавання збагачувачів уповільнюється, тобто накопичення редуковувальних цукрів зменшується на 2,5...33 %. Винятком є тісто з солодом, збагаченим селеном, — збільшення накопичених цукрів становить 11 % порівняно з контролем завдяки дії додаткової кількості амілаз, внесених із солодом.

Таблиця 4

Вміст редуковувальних цукрів у тісті, % до маси СР

Збагачувач	Відразу після замішування	Через 3 год автолізу	Накопичено
Без добавок (контроль)	1,7	3,29	1,59
Селен:			
NaHSeO ₃	1,7	3,16	1,46
солод із селеном	1,7	3,46	1,76
Залізо:			
Fe(NH ₄)C ₆ H ₅ O ₇ ·nH ₂ O	1,7	2,89	1,19
C ₆ H ₅ O ₇ ·Fe·nH ₂ O	1,7	3,13	1,43
FeSO ₄ ·7H ₂ O	1,7	2,76	1,06
Кальцій:			
CaCO ₃	1,7	3,02	1,32
Ca(H ₂ PO ₂) ₂	1,7	3,19	1,49
Йод:			
тіреойод	1,7	3,03	1,33
вітайод	1,7	3,04	1,34
йодказеїн	1,7	3,06	1,36
KI	1,7	3,08	1,38
KIO ₃	1,7	3,16	1,46
Фолієва кислота	1,7	3,25	1,55

Процес гідролізу білкових речовин інтенсифікується за наявності цитрату заліза та фосфорноватистокислого кальцію на 36 і 45 % відповідно. Уповільнюють цей процес решта носіїв заліза. Вплив інших добавок несуттєвий.

Таким чином, добавками, що не погіршують хід біохімічних процесів у тісті, є цитрат заліза, фосфорноватистокислий кальцій, солод, збагачений селеном, та неорганічні носії йоду.

Структурно-механічні властивості тіста з добавками вивчено за допомогою валориграфа. Встановлено,

що добавки мікронутрієнтів здатні прискорити процес утворення тіста, підвищити його еластичність та стабільність. Розрідження тіста впродовж 12 хв замішування зменшується за наявності фолієвої кислоти, солоду, збагаченого селеном, фосфорноватистокислого кальцію. Вплив інших добавок на цей показник несуттєвий.

В'язко-пластичні властивості тіста характеризували за методом розпливання кульки. Встановлено, що розпливання тіста зменшується за наявності гідроселеніту натрію, фолієвої кислоти та органічних носіїв йоду. Газоутримувальна здатність, яку характеризували за підйманням тіста в циліндрі, поліпшувалася в разі додавання фолієвої кислоти, органічних носіїв йоду та солоду, збагаченого селеном.

Проведено порівняльний аналіз впливу носіїв мікронутрієнтів на біохімічні, мікробіологічні та структурно-механічні процеси в напівфабрикатах та органолептичні показники готових виробів, внаслідок чого обрано окремі добавки для включення їх до складу мінерально-вітамінної збагачувальної суміші. Як носій кальцію обрано карбонат кальцію — на відміну від фосфорноватистокислого кальцію він не надає готовій продукції стороннього присмаку. Як носій заліза брали

залізо (III) цитрат, оскільки додавання цієї солі інтенсифікує технологічний процес. Як носій йоду обрано йодказеїн — це прийнятна форма йоду для людського організму, він має менші втрати основного елемента під час ведення технологічного процесу порівняно з неорганічними носіями. Цей збагачувач вже є на ринку України. Солод, збагачений селеном натрію, є формою селену, що краще засвоюється організмом людини.

Отже, запропоновано поліпшувати мінерально-вітамінний склад хліба композицією такого складу, % до маси борошна:

Карбонат кальцію	0,990
Залізо (III) цитрат	0,024
Йодказеїн	0,0005
Солод сої, збагачений селеном	1,40
Фолієва кислота	0,0001

Внесення такої композиції не погіршує якість готових виробів і дає змогу поліпшити мікронутрієнтний склад хліба (табл. 5).

Харчова цінність збагаченого хліба розрахована на 277 г готового виробу. З табл. 5 видно, що використання збагачувальної композиції дає змогу збільшити щоденне вживання мікронутрієнтів на 49,8...56,1 %.

Таблиця 5

Хімічний склад хліба

Складові	Добова потреба організму	Вміст у 100 г хліба		Вміст у 277 г хліба		Покриття добової потреби внаслідок вживання 277 г хліба, %		Ефективність, %
		без добавок	збагаченого	без добавок	збагаченого	без добавок	збагаченого	
Білки, %	90	6,9	7,1	19,1	19,7	21,2	21,8	+ 0,6
Жири, %	90	0,8	0,8	2,2	2,2	2,5	2,5	0
Вуглеводи,	400	46,2	46,2	128,0	128,0	32,0	32,0	0
Мінеральні елементи, мг								
Натрій	5000	323	323	892	892	17,8	17,8	0
Калій	3000	122	122	338	338	11,3	11,3	0
Кальцій	800	22	184	60,9	510	7,6	63,7	+ 56,1
Фосфор	1200	108	114	299	316	24,9	26,3	+ 1,4
Магній	400	25	31	69,3	85,8	17,3	21,5	+ 5,2
Залізо	15	1,9	4,6	5,3	12,7	35,1	84,9	+ 49,8
Йод	0,15	0,003	0,03	0,008	0,083	5,5	55,5	+ 50,0
Селен	0,100	0,002	0,020	0,005	0,055	5,5	55,5	+50,0
Вітаміни, мг								
B ₁	1,75	0,17	0,18	0,47	0,49	26,9	28,5	+1,6
B ₂	2,25	0,08	0,08	0,08	0,22	9,8	9,8	0
Фолієва кислота	0,4	0,020	0,092	0,055	0,25	13,8	63,8	+50,0
PP	20	1,51	1,51	4,18	4,18	20,9	20,9	0

Висновки.

1. На основі вимог гігієни харчування до збагачення хімічного складу харчових продуктів, комплексного дослідження впливу мінеральних і органічних носіїв кальцію, заліза, йоду, селену й фолієвої кислоти на технологічний процес і якість хліба та встановлення втрат мікронутрієнтів під час випікання готової продукції розроблено мінерально-вітамінну композицію для збагачення хлібобулочних виробів з пшеничного борошна.

2. Використання збагачувальної композиції у хлібопекарському виробництві дасть можливість збільшити щоденне вживання кальцію, заліза, йоду, селену та фолієвої кислоти на 49,8...56,1 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Department of Health. Folic Acid in the Prevention of Neural Tube Defects. Lette from Chief Medical and Nursing Officers. PL/CMO (91)6. — London, 12.08.91.
 2. Кудряшева А.А. Секреты хорошего здоровья и активного долголетия. — М.: Пищепромиздат, 2000. — 320 с.
 3. Скурихин И.М., Шатерников В.А. Как правильно питаться. — М.: Агропромиздат, 1989. — 256 с.

Надійшла до редколегії 17.11.02 р.