

Дослідження зміни показників якості безглютенового хліба протягом зберігання

Я. О. Білецька, Г. І. Дюкарева, А. Н. Некос, А. П. Гуслев, А.С. Кривцова, М. П. Бакіров, В. В. Полупан, В. М. Онищенко, Є. Б. Соколова

Досліджено вміст вітамінів та мікроелементів у овочевих порошках, борошні бобових та у хлібі, виготовленому із їх використанням. Визначено ступінь черствіння безглютенового хліба та на підставі отриманих закономірностей науково обґрунтовано та експериментально підтверджено строки реалізації спеціального хліба. Актуальність проведених досліджень зумовлена нестачею продуктів спеціального дієтичного споживання, незаповненість ринку яких сягає близько 23 % від загального виробництва продукції. В результаті дослідження встановлено, що у складі порошку із моркви сорту *Daucus carota* та порошку із буряку сорту *Beta vulgaris* L. виявлені вітаміни: А, Е, С, В₁, В₅, В₆, В₉, В₁₂, К, РР та мікроелементи: Са, Mg, Fe, Cu, I, Se, Zn. У складі борошна сої та нуту виявлені вітаміни: А, Е, С, В₆, В₉, В₁₂ та мікроелементи: Mg, Fe, Cu, I, Se, Zn. Встановлено ступінь збереження нутрієнтів після виготовлення хліба та після 72-х годин зберігання. Втрати відбуваються за вмістом вітамінів А, Е, С та мікроелементів Fe, Cu. Через 72 годин зберігання розроблені види хліба, за умови вживання 100 г на добу покривають від 50 % добової потреби у збагачених вітамінах та мікроелементах. Встановлено, що терміни реалізації хліба «Білковий» становлять 48 годин. Терміни реалізації хліба «Моркв'яний» та «Буряковий» становлять 72 години, зменшення ступеня черствіння хліба яких обумовлене використанням крохмалю та овочевих порошків (носіїв пектину), що підтверджується збільшенням гідрофільних властивостей м'якушки хліба. Встановлені закономірності є важливими для науковців тому, що створення безглютенового хліба для дієтичного харчування з поліпшеними показниками якості в процесі зберігання є одним з пріоритетних і актуальних завдань харчової промисловості.

Ключові слова: борошно бобових, овочеві порошки, хліб спеціального дієтичного споживання, вітаміни, мікроелементи.

1. Вступ

Хліб є найбільш доступним продуктом масового споживання. Створення продуктів спеціального дієтичного харчування із поліпшеними показниками якості в процесі зберігання є одним з пріоритетних і актуальних завдань харчової промисловості [1, 2]. Питанню розроблення технології безглютенового хліба присвячено роботи дослідників багатьох країн світу [3–5].

Запропонована нова технологія [3] із використання нутової пасти для поліпшення текстури безглютенового хліба. Доведено, що її використання є перспективним заміником гідроколоїдів, таких як ксантанова камедь. Встановлено, що нутова паста проявляє водо- і маслянозв'язуючі та емульгуючі властивості,

які можуть поліпшити текстуру безглютенового хліба та подовжити строк його реалізації на 12 год. Новим технологічним прийомом є [5] використання клітковини артишоку в хлібобулочних виробих спеціального призначення. Встановлено, що додавання клітковини артишоку в кількості 10 % до маси борошна збільшує на 4,2 % питомий об'єм хліба та на 16 год час реалізації.

Запропоновані вище технологічні прийоми не є носіями вітамінів та мікроелементів, дефіцит яких спостерігається у 70 % населення, які потребують спеціального харчування. Необхідним є розробка безглютенових виробів з високими органолептичними показниками, покращеною харчовою цінністю та тривалим терміном зберігання [6]. Під час виробництва безглютенового хліба має місце повне вилучення глютену, який відіграє важливу роль у формуванні органолептичних показників, та терміну реалізації хліба. Тому актуальним та необхідним є використання харчових інгредієнтів, які мають здатність позитивно впливати на ці показники.

Розроблено технологію борошна бобових збагачених йодом та селеном [7, 8]. Для розширення асортименту, покращення органолептичних характеристик хліба обґрунтовано використання порошку моркви та буряку [7], але не досліджено вміст вітамінів та мікроелементів у використовуваних харчових інгредієнтах (борошні бобових та овочевих порошках). Не визначено вміст вітамінів та мікроелементів у хлібі протягом зберігання та не досліджено ступінь черствіння розробленого безглютенового хліба.

Актуальним для сьогодення є проведення даного комплексу досліджень, оскільки даних щодо вирішення вищезгаданих питань недостатньо, необхідним є поглиблення та розширення досліджень у цьому напрямку.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Підвищення якості, харчової цінності, подовження терміну зберігання, розширення асортименту спеціального хліба сприяє реалізації сучасної концепції здорового харчування [9].

У науковій праці [10] доведено, що хліб, який виготовлений на основі безглютенового борошна, має менші строки реалізації, ніж хліб, виготовлений на пшеничному борошні. Черствіння спеціального хліба спостерігається через 48 годин після виготовлення. Розробники вважають, що процес черствіння безглютенового хліба є результатом його усихання. З метою подовження терміну реалізації спеціального хліба в роботах [11, 12] запропоновано використання функціональних інгредієнтів, отриманих з промислових побічних продуктів. Їх недоліком є те, що вони впливають лише на подовження терміну реалізації хліба, не підвищуючи при цьому його біологічну цінність.

Відомий спосіб [13] виготовлення хліба з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, відповідно до якого використовують ізоляти рослинних білків гороху та сої, сумісно з кукурудзяним борошном. Цей спосіб запропоновано для осіб з надмірною вагою тіла та нестерпністю до глютену. Хліб за розробленою технологією має підвищений вміст білка та знижений вміст жирів, але не є носієм вітамінів та мікроелементів.

Відомий спосіб [14] виготовлення спеціального хліба із використанням рисового, кукурудзяного, гречаного борошна сумісно з сухими овочевими порошками. Вміст овочевих порошоків забезпечує готові вироби вітамінами А, В, Е. Хліб за розробленою технологією сприяє значному зниженню вмісту цукру, надходженню вітамінів та відсутності дії глютену. Недоліком даного способу виробництва хліба є відсутність у його складі мікроелементів.

У праці [4] досліджено вплив використання мікроводоростей *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis suecica*, *Scenedesmus almeriensis* та *Nannochloropsis gaditana* на фізико-хімічні та текстурні властивості безглютенового хліба. Встановлено, що їх використання позитивно впливає на твердість, жування та еластичність спеціалізованого хліба протягом його реалізації. Висунуто гіпотезу про збагачення на мікроелементи, носіями яких є мікроводорості. Недоліком проведених досліджень є лише теоретичне обґрунтування вмісту мікроелементів, без експериментального підтвердження. Причиною цього можуть бути труднощі, пов'язані із складністю проведення досліджень по визначенню вмісту мікроелементів.

Для вирішення цієї наукової задачі науковцями запропоновано використання методу інверсійної-вольтамперометрії [15], під час визначення вмісту мікроелементів у спеціальному хлібі з вмістом бурих морських водоростей. Розроблені види хліба [16], із вмістом бурих морських водоростей, які є носіями мікроелементів та вітамінів, мають «не класичні» органолептичні показники – зелені включення та післясмак водорості. Відомо [17], що споживач «недовірко» відноситься до незвичних органолептичних показників, також розробниками описані втрати мікроелементів до 80 % під час випікання хліба. Вміст мікроелементів під час зберігання хліба взагалі не досліджено. Хліб не можливо класифікувати як спеціальний продукт, який за принципами нутриціології повинен забезпечувати 20–50 % добової потреби у збагачених нутрієнтах.

Всі вищевикладені технологічні підходи, застосовані винахідниками для розробки спеціального хліба, мають недоліки. Серед них: погіршення органолептичних показників, значні втрати мікроелементів під час випікання, збільшення лише строку споживання без підвищення біологічної та харчової цінності. Існує брак наукових праць по визначенню вмісту мікроелементів та вітамінів у спеціальному хлібі. Причиною цього можуть бути труднощі, пов'язані із складністю їх визначення. Вітаміни та мікроелементи є досить нестійкими сполуками, здатними до окислення, трансформації, випаровування.

У праці [18] встановлено, що зміни в безглютеновому хлібі при зберіганні пов'язані не тільки із всиханням, а також зі зміною стану молекул компонентів хліба. Для комплексного вивчення сутності процесу черствіння доцільно використовувати диференційну органолептичну оцінку ступеня свіжості (черствості) хліба. Вивчаючи зміну пористості, вологості, крихкості, розбухання м'якушки розраховуємо при цьому комплексний органолептичний показник. Вважаємо перспективним приділити увагу вивченню закономірностей, що впливають на ці процеси. Проведення даного комплексу досліджень є необхідним, тому що поглиблення та розширення досліджень у цьому напрямку дозволить вдосконалити рецептуру спеціального хліба, незаповненість ринку яким сягає близько 15 % від загального виробництва хлібобулочних виробів.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення впливу овочевих порошків та борошна бобових на зміни показників якості безглютенового хліба під час зберігання. Це дасть можливість отримати ряд закономірностей, які ляжуть в основу вдосконалення рецептури безглютенового хліба, який прогнозовано буде збагаченим на нутрієнти та із подовженим терміном зберігання.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідити вміст вітамінів та мікроелементів у використуваних харчових інгредієнтах – овочевих порошках та борошні бобових;
- визначити вміст вітамінів та мікроелементів у хлібі протягом зберігання;
- дослідити ступінь черствіння безглютенового хліба.

4. Матеріали та методи дослідження вивчення показників якості безглютенового хліба протягом зберігання

4.1. Характеристика харчових інгредієнтів та методи дослідження вмісту вітамінів та мікроелементів

Овочевий порошок моркви сорту *Daucus carota* та порошок буряку сорту *Beta vulgaris L.* Порошки виготовлені відповідно до ТУ У 15.3-23913766:002:2005 «Порошки тонко дисперсні овочеві та фруктово-ягідні». Ранньостиглий сорт сої та нуту «Алмаз» та «Краснокутський 195» (відповідно). Борошно бобових виготовлені відповідно ТУ У 10.6-02071205-001:2019 «Борошно соєве харчове збагачене йодом» та ТУ У 10.6-02071205-002:2019 «Борошно нутове харчове збагачене селеном». Використана сировина вирощена на угіддях колекційного розсадника «Агротек» (м. Київ, Україна), урожай 2018 року.

Визначення вітамінів проводили методом високоефективної рідинної хроматографії за допомогою хроматографу «Люмахром» (Россія, м. Санкт-Петербург) та детекторів: спектрофотометричний – 3220; флюорометричний – 2410. Визначення вмісту вітаміну А проводили за кількістю пігментів каротиноїдів.

Вміст масової частки мікроелементів визначали методом «Інверсійної – вольтамперометрії» за допомогою вольтамперометричного аналізатора «АВА» (м. Санкт-Петербург, Росія), який укомплектовано індикаторними електродами для визначення масової частки різних мікроелементів.

4.2. Характеристика зразків хліба та методи дослідження вітамінів та мікроелементів протягом зберігання

Виготовлення дослідних зразків хліба передбачає приготування тіста без клейковмісної сировини, що містить борошно соєве харчове збагачене йодом, борошно нутове харчове збагачене селеном у співвідношенні 1:1 та овочеві порошки. Рецептури хліба «Білковий», «Моркв'яний», «Буряковий» зображені у табл. 1–3. За контроль взято загальновідому рецептуру хліба [19], яка використовується у хлібопекарській промисловості для споживання людьми, які хворіють на целіакію та цукровий діабет. Рецептура передбачає використання борошна гречаного, дріжджів, цукру – стевії, олії соняшnikової, солі та для покращення структуроутворюючих властивостей безглютенового хліба – камеді ксантану, табл. 4.

Визначення вітамінів проводили методом високоефективної рідинної хроматографії. Вміст масової частки мікроелементів визначали методом «Інверсійної – вольтамперометрії».

Таблиця 1
Рецептурні інгредієнти хліба «Білковий», г/кг

Гречане борошно	880
Борошно нуту	48
Борошно сої	48
Дріжджі	5
Сіль кухонна	4
Цукор – стевії	5
Олія соняшникова	5
Камедь ксантану	5
Всього	1000

Таблиця 2
Рецептурні інгредієнти хліба «Моркв'яний», г/кг

Гречане борошно	755
Борошно нуту	48
Борошно сої	48
Картопляний крохмаль	25
Порошок моркви	100
Дріжджі	5
Сіль кухонна	4
Цукор – стевії	5
Олія соняшникова	5
Камедь ксантану	5
Всього	1000

Таблиця 3
Рецептурні інгредієнти хліба «Буряковий», г/кг

Гречане борошно	755
Борошно нуту	48
Борошно сої	48
Картопляний крохмаль	25
Порошок буряку	100
Дріжджі	5
Сіль кухонна	4
Цукор – стевії	5
Олія соняшникова	5
Камедь ксантану	5
Всього	1000

Таблиця 4

Рецептурні інгредієнти контрольного зразка хліба, г/кг

Гречане борошно	976
Дріжджі	5
Сіль кухонна	4
Цукор – стевії	5
Олія соняшникова	5
Камедь ксантану	5
Всього	1000

4. 3. Методи дослідження ступеня черствіння безглютенового хліба

Для дослідження сутності процесу черствіння була використана диференційована органолептична оцінка ступеня свіжості (черствості) хліба, [20]. За цією оцінкою вивчали зміну таких показників, як пористість, вологість, крихкість, розбухання м'якушки та комплексний органолептичний показник. Вироби тестували через 4, 48 та 72 години після виготовлення. Дослідні зразки хліба зберігали без упаковки, при температурі 20 ± 2 °C та вологості повітря 75 ± 2 %.

Мікрофотографії структури м'якушки хліба вивчали на тринокулярному люмінесцентному мікроскопі «Мікродерм» (м. Москва, Росія), при збільшенні в 16×100 разів.

5. Результати дослідження показників якості безглютенового хліба протягом зберігання

5. 1. Дослідження вмісту вітамінів та мікроелементів у овочевих порошках та борошні бобових

У табл. 5 приведені результати дослідження вмісту вітамінів та мікроелементів у овочевих порошках та борошні бобових.

В результаті дослідження встановлено, що у складі порошку із моркви сорту *Daucus carota* та порошку із буряку сорту *Beta vulgaris L.* виявлені вітаміни: А, Е, С, В₁, В₅, В₆, В₉, В₁₂, К, РР та мікроелементи: Са, Mg, Fe, Cu, I, Se, Zn. Вміст вітамінів А, Е, С, В₁, В₅, В₆, В₉, К, РР у складі порошку з моркви сорту *Daucus carota* становив 1,2; 0,40; 16,00; 0,60; 1,30; 0,07; 0,05; 0,09; 6,00 мг, відповідно. Вміст мікроелементів Са, Mg, Fe, Cu, Se, Zn становив 0,05; 13,5; 3,90; 0,035; 0,01; 1,3 мкг, відповідно. Вміст вітамінів С, В₁, В₅, В₆, В₉, В₁₂ у складі порошку з буряку сорту *Beta vulgaris L.* становив 21,0; 0,50; 1,40; 0,09; 0,07; 0,01 мг, відповідно. Вміст мікроелементів: Са, Mg, Fe, Cu, I, Zn становив 0,02; 12,5 (мг); 1,6; 0,025; 0,01; 0,8, мкг, відповідно. Вміст вітамінів А, Е, С, В₆, В₉, В₁₂ у складі борошна сої становив 0,2; 2,4; 19; 3,0; 0,4; 0,03 мг, відповідно; та борошні нуту – 0,4; 3,8; 16; 0,35; 0,37; 0,028 мг, відповідно. Вміст мікроелементів Mg, Fe, Cu, I, Zn у складі борошна сої становив: 410; 10; 0,1; 50; 10 мкг, відповідно. Вміст мікроелементів Mg, Fe, Cu, Se, Zn у складі борошна нуту становив: 335; 8,0, 0,05; 52; 11 мкг, відповідно.

Аналізуючи результати дослідження можна стверджувати, що борошно сої в своєму складі не містить вітамінів В₁; В₅, К, РР та мікроелементу Са та Se. Отримані дані по вмісту вітамінів та мікроелементів у нутовому борошні відрі-

зняються від соєвого лише за вмістом Se, який присутній в розробленому виробі за рахунок його акумуляції під час замочування. Порошок із буряку сорту *Beta vulgaris L.* у своєму складі немає мікроелементу Se та вітамінів А, Е, К, РР. У складі порошку із моркви сорту *Daucus carota* виявлені дефіцитні вітаміни К, РР, але також відсутній вміст Se.

Таблиця 5

Вміст вітамінів та мікроелементів у складі овочевих порошоків та борошні бобових

Показник	Добова потреба	Порошок		Борошно	
		Морква	Буряк	Соя	Нут
Вітаміни, мг					
А	0,80	1,20±0,02	–	0,2±0,02	0,4±0,02
Е	2,00	0,40±0,002	–	2,4±0,02	3,8±0,02
С	55,00	16,00±0,2	21,0±0,2	19±0,2	16±0,2
В ₁	1,30	0,60±0,02	0,50±0,02	–	–
В ₅	5,50	1,30±0,02	1,40±0,02	–	–
В ₆	0,20	0,07±0,002	0,09±0,002	3,0±0,002	0,35±0,002
В ₉	0,20	0,05±0,0002	0,07±0,0002	0,4±0,0002	0,37±0,0002
В ₁₂	0,03	–	0,01±0,002	0,03±0,002	0,028±0,002
К	0,12	0,09±0,002	–	–	–
РР	20,00	6,00±0,2	–	–	–
Мікроелементи, мкг					
Ca	2,00	0,05±0,002	0,02±0,002	–	–
Mg	350,00	13,50±0,2	12,5±0,2	410,0±0,2	335±0,2
Fe	10,00	3,90±0,2	1,60±0,2	10,0±0,2	8,0±0,2
Cu	0,10	0,035±0,0002	0,025±0,0002	0,1±0,0002	0,05±0,0002
I	0,15	–	0,01±0,2	50±0,2	–
Se	0,07	0,01±0,002	–	–	52±0,02
Zn	10,00	1,3±0,02	0,8±0,02	10,0±0,2	11±0,2

Примітка: % добової потреби у вітамінах та мікроелементах розрахований для жінок 25–45 років із середньою інтенсивністю праці

Відсутність у борошні бобових вітамінів В₁ та В₅ може вплинути на ступінь засвоєння вітамінів групи В. Відомо [21], що вони підсилюють засвоєння один одного однак високий вміст вітаміну Е (2,4 та 3,8 при добовій нормі 2 мг) відкоригує прогнозовані наслідки, за рахунок підсилення засвоєння вітамінів групи В. Даний синергізм речовин описано та експериментально підтверджено у праці [22].

5. 2. Визначення вмісту вітамінів та мікроелементів у хлібі протягом зберігання

Результати вмісту вітамінів та мікроелементів у хлібі для спеціального дієтичного споживання протягом зберігання показано в табл. 6.

Таблиця 6

Вміст вітамінів та мікроелементів у безглютеновому хлібі протягом зберігання

Показник	«Білковий»		«Моркв'яни»		«Бурячний»	
	6 год	72 год	6 год	72 год	6 год	72 год
Вітаміни, мг						
A	0,3±0,02	0,2±0,02	6,5±0,02	5,2±0,02	0,3±0,02	0,2±0,02
E	2,9±0,02	2,2±0,02	3,5±0,02	3,0±0,02	3,1±0,02	2,9±0,02
C	15±0,2	5±0,2	33,5±0,02	13,5±0,02	35,0±0,02	12,0±0,02
B ₁	–	–	0,60±0,02	0,60±0,02	0,5±0,02	0,5±0,02
B ₅	–	–	1,30±0,02	1,30±0,02	1,4±0,02	1,4±0,02
B ₆	3,2±0,02	3,2±0,02	1,74±0,02	1,74±0,02	1,74±0,02	1,74±0,02
B ₉	1,8±0,02	1,8±0,02	0,43±0,02	0,43±0,02	1,74±0,02	1,74±0,02
B ₁₂	0,027	0,027	0,029	0,029	0,039	0,039
K	–	–	0,09±0,002	0,09±0,002	–	–
PP	–	–	6,00±0,2	6,00±0,2	–	–
Мікроелементи, мкг (Mg, мг)						
Ca	–	–	0,05±0,2	0,05±0,2	0,02±0,02	0,02±0,02
Mg	365±0,2	365±0,02	386±0,2	386±0,2	377±0,02	377±0,02
Fe	9,0±0,02	8,0±0,02	12,9±0,2	10,9±0,2	10,6±0,02	9,4±0,02
Cu	0,075	0,063	0,11	0,10	0,1	0,08
I	25,0±0,02	25,0±0,02	25,0±0,2	25,0±0,2	25±0,02	25±0,02
Se	26,0±0,02	26,0±0,02	26,0±0,2	26,0±0,2	26±0,02	26±0,02
Zn	10,5±0,02	10,0±0,02	12,3±0,2	12,3±0,2	11,3±0,02	11,3±0,02

Визначено вміст вітамінів та мікроелементів у хлібі протягом 72 годин зберігання. Встановлено, що втрати відбуваються за вмістом вітамінів А, Е, С та мікроелементів Fe, Cu. Вміст вітамінів А, Е, С зменшується на 0,1; 0,7; 10,0 мг у хлібі «Білковий», 1,3; 0,5; 20,0 мг – у хлібі «Моркв'яни», 0,1; 0,2; 23 мг – у хлібі «Буряковий». Вміст Fe, Cu через 72 години зберігання зменшується на 0,1; 0,012 мг у хлібі «Білковий», на 2,0; 0,01 мг – у хлібі «Моркв'яний», на 1,2; 0,02 мг – у хлібі «Буряковий». Через 72 години після виготовлення розроблені види хліба, за вживання 100 г на добу, покривають від 50 % добової потреби в збагачених вітамінах та мікроелементах.

5. 3. Дослідження ступеню черствіння безглютенового хліба

У табл. 7 представлені результати дослідження ступеню черствіння безглютенового хліба.

Експериментально встановлено, що зміна органолептичних показників у безглютеновому хлібі протягом зберігання відображалась на таких показниках, як пористість та крихкість. У всіх дослідних зразках протягом зберігання спостерігалась крихкість м'якушки. У контрольному зразку, та зразку хліба «Білковий» через 72 години після випікання комплексна органолептична оцінка черствіння становила 3,5 та 3,9 бали (відповідно). Пористість хліба «Білковий» знижується від 64,4 до 61,1 та 58,4 %, від 4 годин після виготовлення та 48 та 72

годин зберігання. За показником пористості зразки хліба «Моркв'яний» та «Буряковий» мають кращі характеристики, порівняно з контролем та хлібом «Білковим». % пористості знижується від 69,7 до 67,9 та 65,7 у зразку хліба «Моркв'яний» та на 66,3 до 65,4 та 63,8 у зразку хліба «Буряковий» (від 4, 48 та 72 годин зберігання, відповідно).

Таблиця 7
Дослідження ступеня черствіння безглютенового хліба

Зразок	Пористість, %	Вологість м'якушки, %	Крихкість, %	Розбухання м'якушу, мл на 1 г сух. реч.	Органолептична оцінка, черствіння, бали (max5)
4 год					
Контроль	66,0±0,2	46,3±0,2	5,6±0,2	6,7±0,2	5,0
Білковий	64,4±0,2	47,0±0,2	5,0±0,2	6,9±0,2	5,0
Морквяний	69,7±0,2	45,9±0,2	4,6±0,2	7,5±0,2	5,0
Буряковий	66,3±0,2	45,3±0,2	4,9±0,2	7,3±0,2	5,0
48 год					
Контроль	58,8±0,2	43,4±0,2	11,9±0,2	4,9±0,2	4,1
Білковий	61,1±0,2	45,7±0,2	11,4±0,2	4,3±0,2	4,5
Морквяний	67,7±0,2	44,5±0,2	9,2±0,2	5,8±0,2	4,9
Буряковий	65,4±0,2	44,2±0,2	9,4±0,2	5,4±0,2	4,7
72 год					
Контроль	55,4±0,2	42,8±0,2	17,4±0,2	3,2±0,2	3,5
Білковий	58,4±0,2	44,6±0,2	17,0±0,2	3,1±0,2	3,9
Морквяний	65,7±0,2	44,3±0,2	13,4±0,2	6,8±0,2	4,5
Буряковий	63,8±0,2	44,0±0,2	13,5±0,2	6,0±0,2	4,3

Встановлено позитивний вплив використання овочевих порошоків у безглютеновому хлібі протягом зберігання.

Для обґрунтування даного експериментального результату проведено дослідження по вивченню мікроструктури м'якушки хліба із використанням борошна бобових та овочевих порошоків, результати дослідження зображені на рис. 1.

Аналізуючи структуру м'якушки хліба «Моркв'яний», «Буряковий» встановлено, що у мікроструктурі хліба візуалізуються (спостерігаються) зерна. Використання крохмалю та овочевих порошоків позитивно впливає на терміни реалізації безглютенового хліба. Відповідно до ТУ У15.3–23913766:002:2005 порошки із моркви та буряку є носіями пектину. Встановлено, що у контрольному зразку хліба та у хлібі «Білковий», де не використовували крохмаль та овочеві порошки – носії пектину, в процесі зберігання знижується здатність до набування та поглинання води, збільшується крихкість м'якушки. Це безумовно вплине на терміни реалізації.

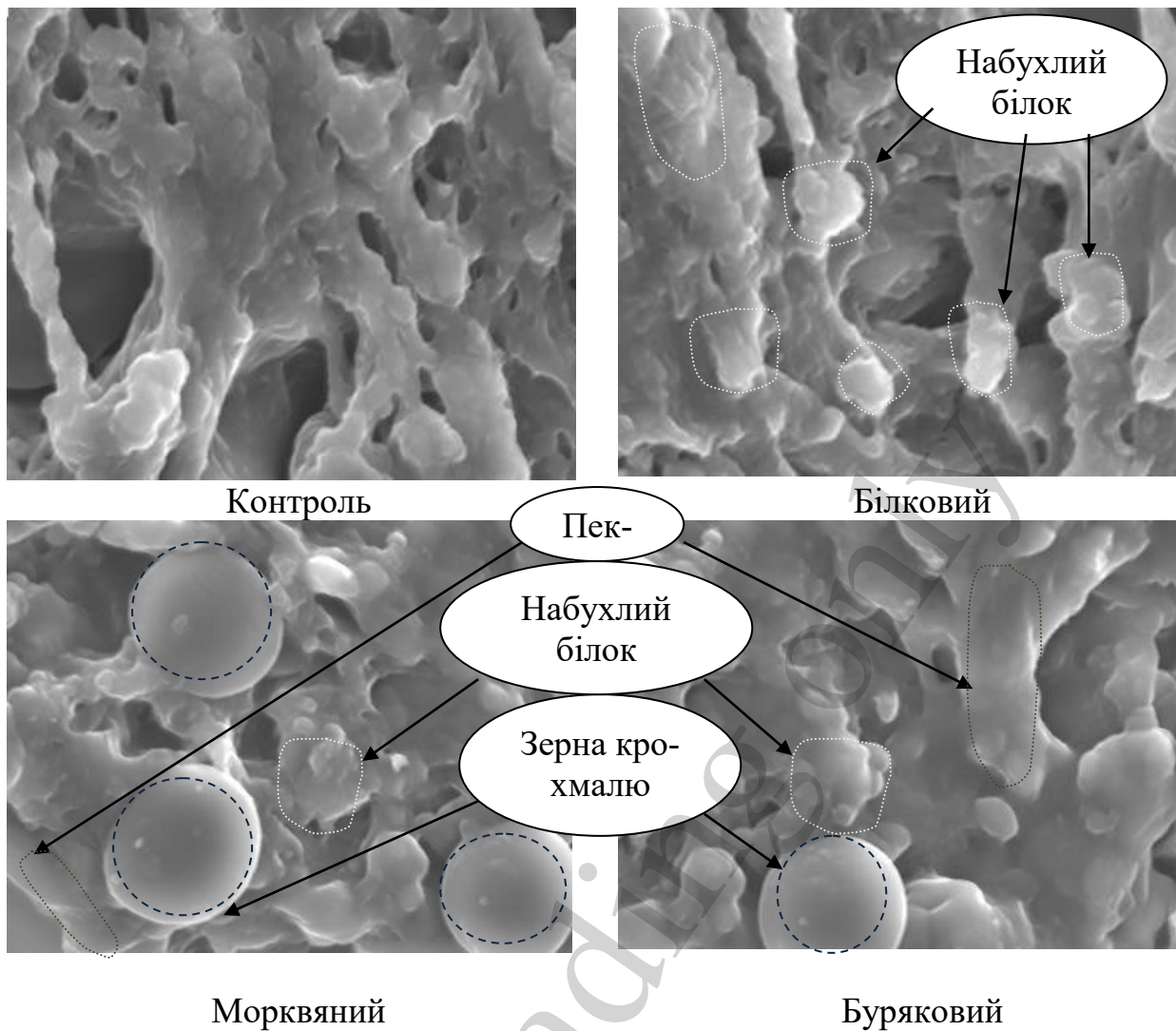


Рис. 1. Мікрофотографії структури м'якушки безглютенового хліба через 48 годин після випікання (збільшення 16×100)

6. Обговорення результатів дослідження визначення вмісту вітамінів та мікроелементів у хлібі спеціального дієтичного споживання

Визначено вміст вітамінів та мікроелементів у використуваних харчових інгредієнтах – овочевих порошках та борошні бобових, табл. 5. Отримані результати пояснюються руйнуванням нутрієнтів під впливом високої температури, світла, кисню повітря, вологи та інших факторів, які виникли під час технологічного процесу та зберігання хліба. Вітаміни легко піддаються окисленню та руйнуванню під впливом високої температури. Температура у середині хліба під час випікання становить 180–200 °С, саме цим можливо пояснити значні втрати досліджених вітамінів. Втрати мікроелементів можливо пояснити процесом ізомеризації. Припускаємо, що саме вищезгаданий біохімічний процес вплинув на втрати Fe, Cu, подібний експериментальний результат отримано у праці [23]. Вміст Ca, Mg, I, Se, Zn через 72 години після виготовлення покриває $\leq 50\%$ добової потреби при вживанні 100 г спеціалізованого хліба на добу. Особливо важливим є отримання результатів по вмісту I, Se у хлібі. Збереження вищезгаданих мікроелементів мож-

ливо пояснити органічним зв'язком, який є термічно стійким та не піддається процесу ізомеризації, за рахунок зв'язку з амінокислотою.

У порівнянні з існуючими методами, при споживанні 100 г на добу хліба «Моркв'яний» до організму людини буде надходити 150; 20; 29; 46; 23,6; 35; 25; 75; 30 % добової потреби у вітамінах А, Е, С, В₁, В₅, В₆, В₉, К, РР, відповідно. А також 2,5; 3,9; 39; 35; 14,2; 13 % у мікроелементах Са, Mg, Fe, Cu, Se, Zn, відповідно. При споживанні 100 г на добу хліба «Буряковий» до організму людини буде надходити 38,1; 38,4; 25,4; 45; 35; 33,3 % вітамінів С, В₁, В₅, В₆, В₉, К, РР, відповідно. А також 1; 3,57; 16; 25; 6,6; 6,4 % у мікроелементах Са, Mg, Fe, Cu, I, Zn, відповідно.

Відповідно до рецептур хліба «Білковий», «Моркв'яний», «Буряковий» доцільно використовувати 100 г/кг борошна бобових у співвідношенні 1:1. При вживанні 100 г хліба із вмістом 100 г/кг борошна бобових у організм людини буде надходити більше 50 % добової потреби у вище досліджених вітамінах та мікроелементах. Відповідно до принципів нутриціології розроблені види хліба класифікуються, як спеціальні [8]. Подібний науковий підхід використано у роботі [24] науковцями розроблено технологію безглютенового хліба на основі борошна рису із використанням суміші картопляного та кукурудзяного крохмалю та обліпихового пюре. Встановлено, що на 25 % зростає вміст магнію, заліза, цинку та вітамінів А, Е, С чим забезпечується 35–45 % добової потреби у вищенаведених речовинах. У роботах [25, 26], для розширення асортименту хліба із підвищеним вмістом вітамінів, запропоновано використання фітосировини. Розроблено технології хліба «Богатир», «Шипшинка» із використанням глоду та шипшини. Розроблені види хліба забезпечують надходження до організму людини 95–100 % вітаміну С, мають підвищений вміст вітамінів А, Д, Е за рахунок використання фітосировини.

Недоліком розроблених технологій виробництва хліба «Білковий», «Моркв'яний», «Буряковий» можна відзначити значні втрати нутрієнтів протягом зберігання. Вміст вітамінів А, Е, С зменшується на 0,1; 0,7; 10,0 мг у хлібі «Білковий», на 1,3; 0,5; 20,0 мг – у хлібі «Моркв'яний», на 0,1; 0,2; 23 мг – у хлібі «Буряковий». Вміст Fe, Cu у хлібі протягом зберігання зменшується на 0,1; 0,012 мг у хлібі «Білковий», на 2,0; 0,01 мг – у хлібі «Моркв'яний», на 1,2; 0,02 мг – у хлібі «Буряковий» (табл. 6). Найбільші втрати спостерігаються по вмісту вітамінів групи В, у перспективі отриманий недолік можливо усунути за рахунок високого вмісту вітаміну Е. Експериментально доведено, що розроблені види хліба є носієм ≤ 100 % добової потреби у вітаміні Е, (табл. 5, 6) що позитивно вплине на засвоєння вітамінів групи В під час споживання хліба. У роботі [27] доведено здатність вітаміну Е позитивно впливати на засвоєння вітамінів В₆, В₉, В₁₂ за рахунок зниження самозасвоєння.

Досліджено ступінь черствіння безглютенового хліба. Встановлено, що у контрольному зразку хліба та хлібі «Білковий», який зберігали понад 48 год, комплексна органолептична оцінка черствіння становила 3,5 та 3,9 бали, відповідно. Це класифікує розроблені види хліба, як черстві. У зразках хліба «Моркв'яни» та «Буряковий» досліджувані показники були в межах допустимих рівнів та погіршувались лише через 72 години зберігання (табл. 7). Дослідження

структури м'якушки хліба дали можливість науково обґрунтувати біохімічні зміни, які відбувалися протягом зберігання. В результаті досліджень встановлено, що структура м'якушки хліба представляє собою еластичну масу коагульованого білка із крохмалем, які складають просторову безперервну фазу м'якушки хліба (рис. 1). У зразках хліба, де використовували овочеві порошки (рис. 1), спостерігаються набряклі частинки пектину, які хаотично розподілені по всій масі та мають округлу, трохи витягнуту форму, та оточені масою коагульованого білка. Маса коагульованого білка із крохмалем складають просторову безперервну фазу м'якушки хліба, а часточки пектину вкраплені в цю систему. У праці [28] процес черствіння хліба пояснюється зміною структурного стану амілози та пектину. Цей процес зазначає високе значення гідроксильних груп, які, в свою чергу, утворюються в процесі зброджування тіста та дають комплекси з амілози та пектином, уповільнюючи при цьому процес черствіння хліба. Зміна гідрофільних властивостей м'якушки хліба залежить від вмісту пектину та позначаються на його мікроструктурі та ступені черствіння. У експериментальних дослідженнях [29] під час використання пектину, як структуроутворюючого компоненту в безглютеновому хлібі отриманий аналогічний результат – подовження строку реалізації. Враховуючи результати дослідження, спеціалізований хліб за розробленими рецептурами доцільно зберігати на протязі 48 годин після випікання для хліба «Білковий» та 72 годин після випікання для хліба із використанням овочевих порошків.

Обмеженнями даного дослідження є те, що вміст борошна бобових у рецептурі безглютенового хліба повинен становити не більше 10 % за рахунок зменшення гречаного борошна. Вміст овочевих порошків повинен становити до 10 % за рахунок зменшення картопляного крохмалю. За даного співвідношення рецептурних компонентів готові вироби із використанням овочевих порошків подовжують термін реалізації на одну добу. Рекомендовано вживати хліб до 270 г на добу, із урахуванням насичення організму людини збагаченими нутрієнтами без можливості перевищення добових потреб у вітамінах та мікроелементах на які фортифіковано вироби.

Розвиток даного дослідження полягає у встановленні впливу розробленого хліба на ступінь його засвоєння організмом під час споживання. Існують труднощі, які пов'язані із складністю проведення даних досліджень. Вивчення профілактичних, фармакологічних властивостей продукту в процесі споживання. Одним із способів вирішення вищезгаданих труднощів є проведення клінічних досліджень на базі медичної установи. Клінічне дослідження є єдиним способом довести ефективність і безпеку будь-якого нового спеціалізованого продукту, що і є перспективою подальших досліджень.

7. Висновки

1. Встановлено, що у складі порошку із моркви сорту *Daucus carota* та порошку із буряку сорту *Beta vulgaris L.* виявлені вітаміни: А, Е, С, В₁, В₅, В₆, В₉, В₁₂, К, РР та мікроелементи: Са, Mg, Fe, Cu, I, Se, Zn. Вміст вітамінів А, Е, С, В₁, В₅, В₆, В₉, К, РР у складі порошку з моркви становив 1,2; 0,40; 16,00; 0,60; 1,30; 0,07; 0,05; 0,09; 6,00 мг, відповідно. Вміст мікроелементів Са, Mg, Fe, Cu,

Se, Zn становив 0,05; 13,5; 3,90; 0,035; 0,01; 1,3 мкг, відповідно. Вміст вітамінів С, В₁, В₅, В₆, В₉, В₁₂ у складі порошку з буряку становив 21,0; 0,50; 1,40; 0,09; 0,07; 0,01 мг, відповідно. Вміст мікроелементів: Ca, Mg, Fe, Cu, I, Zn становив 0,02; 12,5 (мг); 1,6; 0,025; 0,01; 0,8 мкг, відповідно.

Вміст вітамінів А, Е, С, В₆, В₉, В₁₂ у складі борошна сої становив 0,2; 2,4; 19; 3,0; 0,4; 0,03 мг, відповідно; та борошні нуту – 0,4; 3,8; 16; 0,35; 0,37; 0,028 мг, відповідно. Вміст мікроелементів Mg, Fe, Cu, I, Z у складі борошна сої становив: 410; 10; 0,1; 50; 10 мкг, відповідно. Вміст мікроелементів Mg, Fe, Cu, Se, Z у складі борошна нуту становив: 335; 8,0, 0,05; 52; 11 мкг, відповідно. Борошно сої у своєму складі не містить вітамінів В₁; В₅, К, РР та мікроелементу Са та Se. Отримані дані по вмісту вітамінів та мікроелементів у нутовому борошні відрізняються від соєвого лише за вмістом Se, який присутній в розробленому продукті за рахунок його акумуляції під час замочування. Порошок із буряку сорту *Beta vulgaris L.* у своєму складі немає мікроелементу Se та вітамінів А, Е, К, РР, однак у складі порошку із моркви сорту *Daucus carota* виявлені дефіцитні вітаміни К, РР, але також відсутній вміст Se.

2. Визначено вміст вітамінів та мікроелементів у хлібі на протязі зберігання. Встановлено, що втрати відбуваються за вмістом вітамінів А, Е, С та мікроелементів Fe, Cu. Вміст вітамінів А, Е, С зменшується на 0,1; 0,7; 10,0 мг у хлібі «Білковий», 1,3; 0,5; 20,0 мг – у хлібі «Моркв'яний», 0,1; 0,2; 23 мг – у хлібі «Буряковий». Вміст Fe, Cu зменшується на 0,1; 0,012 мг у хлібі «Білковий», на 2,0; 0,01 мг – у хлібі «Моркв'яний», на 1,2; 0,02 мг – у хлібі «Буряковий». Через 72 год після виготовлення розроблені види хліба, які за вживання 100 г на добу покривають від 50 % добової потреби у збагачених вітамінах та мікроелементах.

3. Досліджено ступінь черствіння спеціалізованого хліба. Встановлено, що термін реалізації хліба «Білковий» становить 48 годин. Після зазначеного часу хліб за показниками пористість та крихкість класифікується як черствий. Терміни реалізації хліба «Моркв'яний» та «Буряковий» становить 72 години. На збереження показників якості хліба впливає крохмаль та пектин овочевих порошків. Аналізуючи мікроструктуру м'якушки хліба «Моркв'яний» та «Буряковий» встановлено, що маса коагульованого білка із крохмалем складають просторову безперервну фазу м'якушки хліба, а часточки пектину вкраплені в цю систему. Чим і зумовлені гідрофільні властивості м'якушки хліба, що виражено у зменшенні ступеня черствіння та подовженні строку реалізації.

Подяка

Проведені дослідження здійснені в рамках держбюджетної науково-дослідної теми № 0119U103577 «Науковий розвиток технології оздоровчого харчування» англ. мов. «Scientific development of health food technology»

Автори висловлюють подяку співробітникам «Навчально-дослідної лабораторії аналітичних, екологічних досліджень» (англ. мов. Educational and research laboratory of analytical, ecological researches) «Каразінського навчально-дослідного інституту екології» (англ. мов. Karazin Educational and Scientific Institute of Ecology).

Література

1. Biletska, Y., Ryzhkova, T., Babenko, V., Krivtsova, A., Plotnikova, R., Skyrda, O. (2020). Substantiating the use of sprouted beans flour in the production of sour milk products based on goat milk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (106)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209514>
2. Biletska, Y., Djukareva, G., Ryzhkova, T., Kotlyar, O., Khaustova, T., Andrieieva, S., Bilovska, O. (2020). Substantiating the use of germinated legume flour enriched with iodine and selenium in the production of cooked-smoked sausages. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (105)), 46–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204796>
3. Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., Serventi, L. (2017). Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 23 (8), 690–698. doi: <https://doi.org/10.1177/1082013217717802>
4. García-Segovia, P., Pagán-Moreno, M. J., Lara, I. F., Martínez-Monzó, J. (2017). Effect of microalgae incorporation on physicochemical and textural properties in wheat bread formulation. *Food Science and Technology International*, 23 (5), 437–447. doi: <https://doi.org/10.1177/1082013217700259>
5. Boubaker, M., Omri, A. E., Blecker, C., Bouzouita, N. (2016). Fibre concentrate from artichoke (*Cynara scolymus* L.) stem by-products: Characterization and application as a bakery product ingredient. *Food Science and Technology International*, 22 (8), 759–768. doi: <https://doi.org/10.1177/1082013216654598>
6. Tsykhanovska, I., Evlash, V., Alexandrov, A., Svidlo, K., Gontar, T. (2017). Influence of the polyfunctional food supplement “Magnetofood” on the quality of the wheat-rye bread “Kharkiv Rodnichok” in the storage process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (89)), 61–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111522>
7. Biletska, Y., Plotnikova, R., Skyrda, O., Bakirov, M., Iurchenko, S., Botshtein, B. (2020). Devising a technology for making flour from chickpea enriched with selenium. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (103)), 50–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.193515>
8. Beletska, Ya., Plotnikova, R., Bakirov, M., Vereshchynskiy, O. (2020). Development of the technology of soya flour enriched with iodine. *Food Science and Technology*, 14 (2). doi: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1487>
9. Цихановська, І. В., Барсова, З. В., Демидов, І. М., Павлоцька, Л. Ф. (2015). Дослідження процесів окиснювальних та термічних перетворень у системі «олія – ліпідо-магнетитова суспензія». *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1 (21), 353–362.
10. Dzik, D., Różyło, R., Gawlik-Dzik, U., Świeca, M. (2014). Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 40 (1), 48–61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010>
11. Torres-León, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J. C., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, R. E., Aguilar, C. N. (2016). Mango seed: Functional and nutritional

properties. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 109–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.009>

12. Bharath Kumar, S., Prabhasankar, P. (2014). Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 35 (1), 32–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.10.007>

13. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целиакию. URL: <http://hipzmag.com/tehnologii/hlebopechenie/perspektivi-rozshirennya-asortimentu-hlibobulochnih-virobiv-dlya-hvorih-na-tseliakiyu/>

14. Смоляр, В. І., Петрашенко, Г. І., Голохова, О. В. (2014). Фортифікація харчових продуктів. *Проблеми харчування*, 1, 29–32. URL: <http://pronut.medved.kiev.ua/index.php/ua/categories/original-researches/item/406-food-fortification>

15. Петренко, О. Д. (2015). Ефективний і надійний контроль вмісту йоду в об'єктах навколишнього середовища – актуальне завдання сьогодення. *Гігієна населених місць*, 65, 200–203. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/gnm_2015_65_34.pdf

16. Арсеньєва, Л. Ю., Герасименко, Л. О., Антонюк, М. М. (2004). Досвід і перспективи збагачення хліба йодом. *Проблеми харчування*, 1, 35–43. URL: http://medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2004/n04_1_6.htm

17. Biletska, Y., Babenko, V., Gusliev, A. (2019). Marketing studies of consumption preferences at developing dietary products. *EUREKA: Social and Humanities*, 5, 16–21. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5571.2019.001009>

18. Миколенко, С. Ю., Гезь, Я. В. (2017). Дослідження впливу спельтового і гарбузового борошна на зміну споживчих характеристик хліба. *Продовольчі ресурси*, 9, 228–234. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/pr_2017_9_31.pdf

19. Лиферова, А. И. (Ред.) (1964). Сборник рецептов на хлебобулочные изделия. М.: Экономика, 115.

20. Визначення кришкуватості хліба. URL: <https://studfile.net/preview/5152825/page:13/>

21. Barna, É., Dworschák, E. (1994). Determination of thiamine (vitamin B₁) and riboflavin (vitamin B₂) in meat and liver by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 668 (2), 359–363. doi: [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(94\)80126-6](https://doi.org/10.1016/0021-9673(94)80126-6)

22. Toulis, K. A., Anastasilakis, A. D., Tzellos, T. G., Goulis, D. G., Kouvelas, D. (2010). Selenium Supplementation in the Treatment of Hashimoto's Thyroiditis: A Systematic Review and a Meta-analysis. *Thyroid*, 20 (10), 1163–1173. doi: <https://doi.org/10.1089/thy.2009.0351>

23. Васюкова, А. (2008). Влияние компонентов рецептуры на качество хлебобулочных изделий при хранении. *Хлебопродукты*, 8, 50–51.

24. Mykhonik, L., Gryshchenko, A. (2017). Using rice flour in the production technology of gluten-free bread. *Scientific Works of NUFT*, 23 (2), 241–247.

25. Лебеденко, Т. Є., Кананыхина, Е. Н., Соколова, Н. Ю., Рапита, В. Р. (2010). Использование экстрактов лекарственных растений в технологии хлебо-

булочных изделий. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], 1 (38), 229–234.

26. Лебеденко, Т. Є., Новічкова, Т. П., Кожевнікова, В. О. (2014). Роль хлібобулочних виробів у формуванні здоров'я людини та способи покращення їх якості шляхом застосування фітодобавок. Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Сер.: Технічні науки, 1, 79–89.

27. Lebedzińska, A., Marszał, M. L., Kuta, J., Szefer, P. (2007). Reversed-phase high-performance liquid chromatography method with coulometric electrochemical and ultraviolet detection for the quantification of vitamins B1 (thiamine), B6 (pyridoxamine, pyridoxal and pyridoxine) and B12 in animal and plant foods. *Journal of Chromatography A*, 1173 (1-2), 71–80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.09.072>

28. Голубев, В. Н. (1995). Пектин: химия, технология, применение. М.: АРН, 387.

29. Бутрим, С. М., Лисовская, Л. Г., Литвяк, В. В., Столяров, П. П. (2009). Использование в хлебопекарной промышленности водорастворимых крахмалов. *Хлебопек*, 2, 30–33.

30.