

Пасічний В. М.,
Страшинський І. М.,
Фурсік О. П.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕМУЛЬСІЙ НА ОСНОВІ БІЛОКВІСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРЧОВИХ КОМПОЗИЦІЙ

Для створення функціональних харчових композицій залучили білкові препарати тваринного (білок зі свинячої шкурки Белкотон-С95) та рослинного походження (соевий ізолят Pro-Vo 500U) в комплексі з сумішшю гідро колоїдів (ксантанова та гуарова камідь, карбоксиметилцелюлоза, карагенан). Для функціональних композицій обрано наступні ступені гідратації — 1 : 10, 1 : 15 та 1 : 20.

Доведено підвищення показників стійкості емульсії та емульгуючої здатності шляхом комбінування обраних компонентів з використанням наноконструктивів.

Ключові слова: емульгуюча здатність, гідроколоїди, соєвий ізолят, стійкість емульсії, тваринні білки, кремнезем.

1. Вступ

Одними з найважливіших завдань, які стоять перед м'ясною промисловістю, є здешевлення готової продукції з одночасним збереженням високого вмісту білків, а також поліпшення і стабілізація її якості в умовах нестабільного складу і властивостей сировини, що надходить на переробку [1].

Це обумовлює необхідність перегляду і удосконалення традиційних способів виробництва для досягнення високої якості, харчової та біологічної цінності м'ясопродуктів.

Найбільш поширеним підходом у вирішенні цих завдань є застосування харчових добавок та білкових препаратів рослинного і тваринного походження, які дозволяють цілеспрямовано змінювати функціонально-технологічні (ФТВ) та структурно-механічні властивості (СМВ) м'ясних систем і отримувати необхідний технологічний ефект [2].

Зважаючи на постійне зростання цін на харчові добавки актуальним завданням є пошук їх раціонального комбінування на основі ефекту синергізму. Це зменшить витрати на виробництво і сприятиме стабілізації якості м'ясопродуктів.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми.

Соеві білки характеризуються високими ФТВ, містять в своєму складі велику кількість амінокислот (за амінокислотним складом наближаються до висококонцентрованих білків тваринного походження). Концентрати та ізоляти здатні абсорбувати жир і утримують його в процесі теплової обробки, що відрізняє їх від борошна [2].

Ще однією позитивною властивістю соєвих білкових препаратів є їх емульгуюча здатність. Соеві білки сприяють утворенню емульсій типу «жир у воді» з подальшою їх стабілізацією. Вирішальним чинником, що визначає стабільність, СМВ емульсії є співвідношення вмісту білка і води. Рівень жиру впливає на

ці показники менше, ніж вміст води в емульсії. Оптимальне співвідношення білка і води при виготовленні емульсій холодним способом становить 1 : 4,5 (вміст жиру може змінюватися від 3 до 8 частин на кожен частину білка) [2].

Для соєвого ізоляту Pro-Vo 500U показник вологостійкості (ВЗЗ_а — вміст зв'язаної вологи, % до загальної вологи) при ступені гідратації 1 : 4 складає 95,2 %, додавання кремнезему покращує цей показник на 3,6 % [3].

В останні роки зріс інтерес виробників м'ясної продукції до застосування білків тваринного походження, що отримують з колагеновмісної м'ясної сировини. Тваринні білки володіють високою здатністю до гідратації і емульгування жиру з утворенням стійких білково-жирових емульсій [2].

Білок свинячої шкурки володіє високими ФТВ, проте незбалансований за амінокислотним складом, що обумовлює необхідність його поєднання з повноцінними білками молока. Це дасть змогу створити білковий комплекс, що має високі функціональні властивості, і компенсувати нестачу незамінних амінокислот у свинячій шкурці [4].

Проведеними дослідженнями доведено покращення показника ВЗЗ_а при взаємодії з добавкою E551 (кремнезем) на 11–6,4 % порівняно із показником ВЗЗ_а для білкового препарату без внесення добавки. Зразок Белкотон-С95 має високі синергічні властивості із кремнеземом, оскільки його додавання впливає на показники стійкості емульсії і емульгуючої здатності. Їх рівень після внесення добавки у харчову композицію збільшився на 4 % порівняно із значенням для гідратованого білку [5].

Харчові добавки, що використовуються, мають бути синергістами та підсилювати дію одне одного. Тому доцільно поєднати із білковою сумішшю добавки, що мають високі функціональні властивості (карагенан, карбоксиметилцелюлоза, камедь гуару, камедь ксантану) [6].

Комбінаціям каппа-карагенану із гуаровою і ксантановою камядами властивий синергічний ефект підвищення в'язкості гелю. Оптимальним цей показник є у суміші із співвідношенням камядів ксантану : карагенан : камедь

гуару — 1 : 1 : 3 [7]. При взаємодії карбоксиметилцелюлози з біополімерами білкової природи — казеїном і соєвими білками спостерігається аномальне зростання в'язкості її розчинів [6]. Синергізм ксантанової і гуарової камедей проявляється в збільшенні в'язкості і модуля пружності порівняно з дією окремих компонентів. Найчастіше у виробництві м'ясопродуктів застосовують суміші даних камедей у пропорції 30 : 70 [8].

Досвід роботи підприємств м'ясопереробної галузі України та сучасний підхід до вирішення технологічних і економічних завдань свідчить про доцільність комплексного використання білкових препаратів з різними стабілізаторами та емульгаторами. Це дозволяє, з одного боку, знизити вартість продукції, що випускається, а з іншого — покращити хіміко-технологічні, реологічні та органолептичні показники.

Більшість наукових робіт були спрямовані на вивчення основних властивостей двокомпонентних систем. В них обґрунтовано, що наявність різних речовин (білків, солей органічних і неорганічних кислот та ін.) дозволяє навіть при незначних концентраціях істотно змінити функціональні властивості цих систем. Таким чином, прогнозування технологічного ефекту від внесення тієї чи іншої добавки в харчовий продукт зумовлює необхідність вивчення складних багатокомпонентних систем (комбінування гідроколоїдів з білковими препаратами) та дослідження їх впливу на якість м'ясних продуктів на відміну від дво- і трикомпонентних.

3. Об'єкт, цілі і задачі дослідження

Об'єкт дослідження — емульсії на основі білоквмісних функціональних харчових композицій.

Метою досліджень є створення функціональної харчової композиції на основі білків рослинного та тваринного походження із застосуванням харчових добавок.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- на основі аналізу літературних джерел і проведених досліджень визначити раціональне співвідношення обраних інгредієнтів та створити рецептури функціональної харчової композиції;
- дослідити стійкість емульсії (СЕ) та емульгуючу здатність (ЕЗ) розроблених рецептур функціональної харчової композиції та обрати найбільш раціональну;
- визначити вплив харчової добавки E551 на зміну СЕ та ЕЗ розроблених композицій та обґрунтувати перспективність її використання.

4. Матеріали і методи дослідження СЕ та ЕЗ розроблених рецептур функціональних харчових композицій та зміна цих властивостей під впливом кремнезему

Для створення функціональних харчових композицій було використано комплекс білкових препаратів із гідроколоїдами. Також до їх складу вносили нанокмполімер (кремнезем) в кількості 0,3 % до маси гелю для визначення його впливу на зміну СЕ та ЕЗ розроблених композицій. Добавку вносили перед гідратацією функціональних харчових композицій.

В якості гідроколоїдів використали карагенан, гуарову та ксантанову камеді, а також карбоксиметилцелюлозу.

В якості білкових препаратів використали суміш тваринних і рослинних білків: білка свинної шкурки марки Белкотон-С95, сухої молочної сироватки та соєвого ізоляту Pro-Vo 500U.

Кремнезем (E551) — це харчова добавка (нанокмполімер), що перешкоджає злежуванню і комкуванню, антиспінуючий агент, освітлювач. За зовнішнім виглядом кремнезем — це пухкий голубувато-білий порошок або пухкі гранули без смаку і запаху [9]. Для досліджень використовувались нанокмполімери, що синтезовані фахівцями відділу аморфних структур та структурно впорядкованих оксидів інституту ім. О. О. Чуйка НАН України питомою площею поверхні $S_{\text{БЕТ}} = 232 \text{ м}^2/\text{г}$, з відповідним середнім радіусом первинних наночастинок 5,88 нм, та насипною густиною $\rho_0 \approx 22 \text{ г/см}^3$ [10].

Комбінації дослідних рецептур функціональних харчових композицій № 1, № 2, № 3 містили наступні компоненти, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептури функціональних харчових композицій

Складові рецептури	Рецептура № 1, %	Рецептура № 2, %	Рецептура № 3, %
Белкотон-С95	20	35	35
Соєвий ізолят	40	20	15
Гуарова камідь	15	20	20
Ксантанова камідь	5	8	8
Карбоксиметилцелюлоза	10	10	15
Суша молочна сироватка	5	7	7
Карагенан	5	—	—
Всього	100	100	100

Для досліджень провели попередню підготовку композицій, яка полягала у гідратації водою $t = 8-12^\circ\text{C}$ з наступними гідромодулями 1 : 10, 1 : 15 та 1 : 20. Гідратовані білкові препарати наповнювали в оболонку та піддавали термічній обробці (доведення до температури $70 \pm 2^\circ\text{C}$ в центрі), передбаченій технологією виготовлення ковбас.

При гідратації використовували ваговий метод (для зважування композиції) і об'ємний (для вимірювання необхідної кількості вологи).

У підготовленій композиції визначили показники стійкості емульсії та емульгуючої здатності шляхом вимірювання кількості олії, що відділилася в процесі центрифугування попередньо підготовленої емульсії після нагрівання при температурі 80°C та без нагрівання відповідно [11].

Кількість повторів проведених експериментів — 5, кількість паралельних проб досліджуваних зразків — 3. Статистичну обробку експериментальних даних і оцінку їх достовірності проводили згідно з рекомендаціями, викладеними в роботах з питань математичної статистики і використанням табличного процесора Excel 2007. Довірчий інтервал складав 0,95.

5. Результати досліджень стійкості емульсії та емульгуючої здатності композицій з використанням кремнезему та без нього

Для визначення здатності розробленої композиції зв'язувати та утримувати жир, який використовують у складі рецептур ковбас, досліджено показники ЕЗ та СЕ.

Отримані результати наведені на рис. 1, 2.

Представлені на рис. 1, 2 результати досліджень свідчать, що функціональна харчова композиція із співвідношенням компонентів згідно рецептури №3 має найкращі показники як ЕЗ, що становить 91–53%, так і СЕ в межах 45–18% (в залежності від ступеня гідратації). Це на 3–9% більше, ніж аналогічні показники в рецептурах №1 та №2.

Оскільки добавка Е551 (кремнезем) дозволила підвищити функціонально-технологічні показники білкових препаратів [3, 5, 12] наступним етапом досліджень було визначення її впливу на показники СЕ та ЕЗ створених композицій. Характеристика функціональних харчових композицій за показниками ЕЗ і СЕ, які проведені при внесенні кремнезему зображені на рис. 3 і 4.

Аналіз отриманих результатів підтверджує доцільність використання харчової добавки Е551 для покращення показників СЕ та ЕЗ композицій, адже спостерігається їх підвищення в середньому на 3–5% порівняно із підготовленими зразками без її внесення.

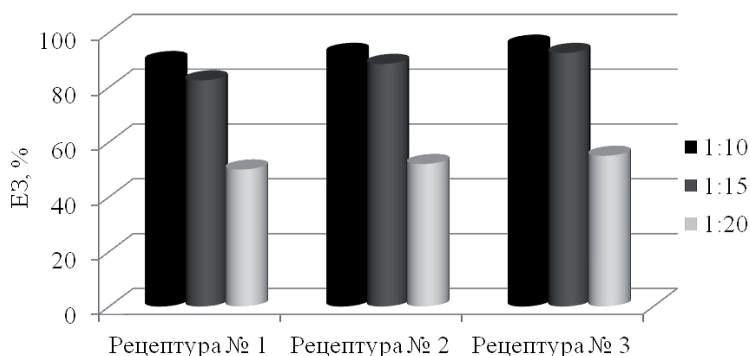


Рис. 1. Емульгуюча здатність функціональних харчових композицій без кремнезему

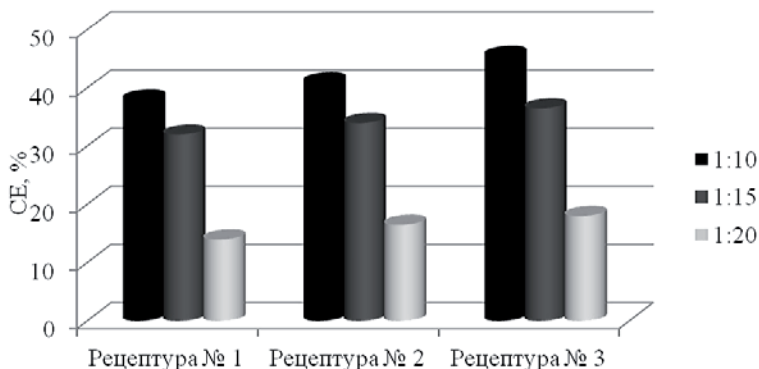


Рис. 2. Стійкість емульсії функціональних харчових композицій без кремнезему

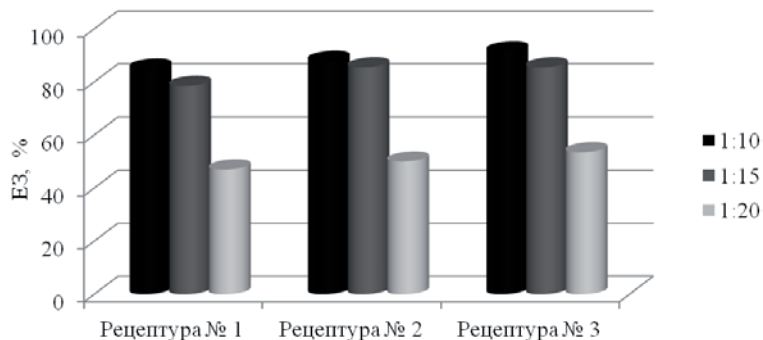


Рис. 3. Емульгуюча здатність функціональних харчових композицій з кремнеземом

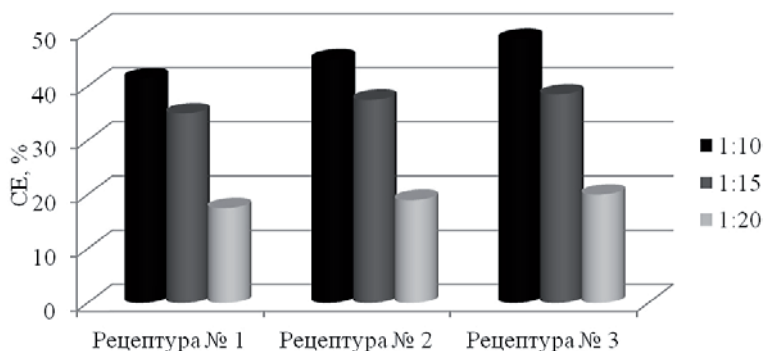


Рис. 4. Стійкість емульсії функціональних харчових композицій з кремнеземом

Найкращими показниками також володіє рецептура №3, оскільки дані показники для неї вищі в середньому на 3–7% порівняно з іншими рецептурами.

Переваги впливу добавки Е551 на ці показники полягає у сприянні утворення так званої просторової структури, яка здатна утримувати кульки жиру у своїй структурі.

6. Обговорення результатів дослідження стійкості емульсії та емульгуючої здатності розроблених композицій

Розроблені рецептури композицій володіють високою здатністю зв'язувати жир (емульгуюча здатність) та утримувати його після термічного оброблення (стійкість емульсії). Це обумовлено властивістю обраних компонентів, особливо сухої молочної сироватки, обволікати жирові крапління, що перешкоджає їх злиттю і стабілізує емульсію, утворюючи плівку на поверхні. Це підтверджується роботою [2], в якій обґрунтовується, що завдяки наявності гідрофільних та ліпофільних груп у структурі білкових препаратів тваринного і рослинного походження, знижується поверхневий натяг на межі розподілу фаз жир-вода. Високомолекулярні речовини (гідроколоїди), які розчинні тільки у водній фазі, і мають гідрофільні групи, які більш-менш рівномірно розподілені по всій довжині молекули, також виконують роль стабілізаторів. При їх розчиненні у воді в'язкість і густина істотно

збільшуються, що ускладнює рух жирових кульок або крапель і перешкоджає злиттю жирових глобул.

Крім цього фахівці [7] зазначають, що похідні целюлози можуть впливати на регулювання структури та волого- і жирутримуючу здатність білкових систем, оскільки їх мікроструктура являє собою розгалужену мережу капілярів. Здатність волокон до агрегування з утворенням армованої сітки дозволяє стабілізувати системи і попередити відділення води і жиру. Це підтверджує отримані результати досліджень СЕ та ЕЗ.

Відмінністю проведених досліджень являється визначення впливу нанокompозиту (кремнезему — харчової добавки Е551) на показники СЕ та ЕЗ створених композицій. Внесення добавки позначається на показниках стійкості емульсії та емульгуючої здатності і сприяє їх зростанню на 3–5%. На думку авторів статті, покращення цих властивостей композицій пов'язано із синергічним впливом на білкові препарати [12], які входять до їх складу. Це дозволяє зміцнити білкову матрицю й отримати стійку емульсію жиру у воді, забезпечуючи введення жиру в структуру матриці, що покращує досліджені показники емульсії на основі білкових функціональних харчових композицій і відповідає результатам, які представлені в роботах [3, 5].

На даному етапі продовжуються дослідження функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей розроблених харчових композицій для визначення їх впливу на консистенцію та вибору раціонального співвідношення компонентів.

7. Висновки

Проведеними дослідженнями щодо вибору раціонального співвідношення харчових добавок для створення функціональної харчової композиції, яка складається із поєднання білкових препаратів рослинного і тваринного походження із сумішшю гідрокоолідів, встановлено, що найкращими показниками стійкості емульсії та емульгуючої здатності володіє рецептура №3. До її складу входять білки тваринного походження (суха молочна сироватка та білок свинячої шкурки Белкотон-С95), соєвий ізолят та гідро колоїди (карбоксиметилцелюлоза, гуарова та ксантанова камеді). Використання харчової добавки Е551 (нанокompозиту) дозволило підвищити ці показники, що обумовлено впливом кремнезему на білки, включені до розроблених рецептур композицій.

Таким чином, дослідженнями доведено можливість комбінування білкових препаратів із гідрокоолідами для створення композиції з високими показниками СЕ і ЕЗ та перспективність використання нанокompозиту для покращення її властивостей.

Література

- Семенова, А. А. О технологической практике применения пищевых добавок в мясной промышленности [Текст] / А. А. Семенова // Все о мясе. — 2009. — № 1. — С. 17–24.
- Потипаева, Н. Н. Пищевые добавки и белковые препараты для мясной промышленности [Текст]: учебное пособие / Н. Н. Потипаева, Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, М. В. Патшина. — Кемерово, 2008. — С. 101–158.
- Иванов, С. В. Влияние нанокompозита на функциональные показатели белковых препаратов растительного происхождения [Текст]: сб. науч. пр. / С. В. Иванов, В. М. Пасичный, И. М. Страшинский, О. П. Фурсик // Технология производства и переработки продукции тваринництва. — Вінниця, 2014. — № 2(112). — С. 74–78.

- Prabhu, G. A. Utilization of Pork Collagen Protein in Emulsified and Whole Muscle Meat Products [Text] / G. A. Prabhu, D. R. Doerschler, D. H. Hull // Journal of Food Science. — 2004. — Vol. 69, № 5. — P. 388–392. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.tb10703.x
- Иванов, С. В. Влияние нанокompозита на функциональные показатели белковых препаратов тваринного происхождения [Текст] / С. В. Иванов, В. М. Пасичный, И. М. Страшинский, О. П. Фурсик // Научный вестник Львовского национального университета ветеринарной медицины и биотехнологии имени С. З. Гжицького. — Львів, 2014. — Т. 16, № 3(60). — С. 57–61.
- Williams, P. A. Introduction to food hydrocolloids [Text] / P. A. Williams, G. O. Phillips // Handbook of Hydrocolloids. — Elsevier, 2009. — P. 1–22. doi:10.1533/9781845695873
- Аймесон, А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи [Текст] / А. Аймесон (ред.-сост.); пер. с англ. С. В. Макарова. — СПб.: ИД «Профессия», 2012. — 408 с.
- Велинга, В. С. Галактоманнаны [Текст] / В. С. Велинга; под ред. Г. О. Филлипа и П. А. Вильямса; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой // Справочник по гидрокооллоидам. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. — С. 183–202.
- Appropriate Risk Governance Strategies for Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics [Electronic resource] / International Risk Governance Council (IRGC). — Geneva, Switzerland, 2009. — Available at: \www/URL: http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_PBnanofood_WEB.pdf
- Market Attitude Research Services, Australian Community Attitudes about Nanotechnology — 2005 to 2009 [Electronic resource]. — Australia: Department of Industry, Innovation, Science and Research, 2009. — Available at: \www/URL: http://fr.slideshare.net/dabydeen/australian-community-attitudes-held-about-nanotechnology
- Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. — М.: Колос, 2001. — 376 с.
- Иванов, С. Полуфабрикаты из мяса индейки с использованием текстурформирующих наполнителей [Текст]: научные труды / Сергей Иванов, Василий Пасичный, Игорь Страшинский, Андрей Маринин, Оксана Фурсик, Виктория Крепак // Химия и технология пищи. — Kaunas, 2014. — Т. 48, № 2. — С. 74–78.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМУЛЬСИЙ НА ОСНОВЕ БЕЛОКСОДЕРЖАЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Для создания функциональных пищевых композиций использовали белковые препараты животного (белок из свиной шкурки Белкотон-С95) и растительного происхождения (соевый изолят Pro-Vo 500U) в комплексе со смесью гидрокооллоидов (ксантановая и гуаровая камедь, карбоксиметилцелюлоза, каррагинан). Для функциональных композиций были выбраны следующие степени гидратации — 1:10, 1:15 и 1:20.

Доказано повышение показателей устойчивости эмульсии и эмульгирующей способности путем комбинирования избранных компонентов с использованием нанокompозитов.

Ключевые слова: эмульгирующая способность, гидрокооллоиды, соевый изолят, устойчивость эмульсии, животные белки, кремнезем.

Пасичный Василь Миколайович, доктор технических наук, профессор, кафедра технологий мяса та мясных продуктов, Национальный университет харчовых технологий, Київ, Україна, e-mail: Pasow1@ukr.net.

Страшинский Игорь Митрофанович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий мяса та мясных продуктов, Национальный университет харчовых технологий, Київ, Україна, e-mail: sim2407@i.ua.

Фурсик Оксана Петровна, кафедра технологий мяса та мясных продуктов, Национальный университет харчовых технологий, Київ, Україна, e-mail: oksana.fursik@mail.ru.

Пасичный Василий Николаевич, доктор технических наук, профессор, кафедра технологий мяса и мясных продуктов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Страшинский Игорь Мирославович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий мяса и мясных продуктов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.
Фурсик Оксана Петровна, кафедра технологий мяса и мясных продуктов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Pasichny Vasil, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: Pasw@1@ukr.net.
Strashynskiy Ihor, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: sim2407@i.ua.
Fursik Oksana, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: oksana.fursik@mail.ru

УДК 663.03/664.6

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44185

Олішевський В. В.

ЗБАГАЧЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ БІОГЕННИМИ МІНЕРАЛЬНИМИ РЕЧОВИНАМИ

В статті розглянуто збалансованість мінерального складу хлібобулочних виробів, виробництво біогенних мінеральних речовин. Досліджено можливість застосування суспензій колоїдів біогенних металів Mg і Mn у хлібопекарській промисловості. Доведено, що у разі їх використання зменшується тривалість вистоювання тістових заготовок, покращується колір м'якушки готових виробів та подовжується тривалість черствіння, а також покращується мінеральний склад хлібобулочних виробів.

Ключові слова: мінеральний склад, хлібобулочні вироби, суспензії колоїдів біогенних металів Mg і Mn.

1. Вступ

Мінеральні речовини відіграють важливу роль у харчуванні людини, особливо в умовах підвищеного нервово-емоційного навантаження. Хлібобулочні вироби є найбільш поширеними харчовими продуктами, які споживають люди щодня. Вони дешевші, є основним джерелом необхідних організму рослинних білків, вуглеводів, вітамінів, макро- та мікроелементів і харчових волокон. За статистикою найбільше хлібобулочних виробів виробляється з пшеничного борошна вищого сорту, яке має низький вміст мінеральних речовин [1].

Отже, існує необхідність спрямованого регулювання хімічного складу хлібобулочних виробів з метою отримання продукту з вищим вмістом мінеральних речовин та кращими показниками якості.

Найбільш поширеним збагаченням хлібобулочних виробів є внесення металів у вигляді органічних і неорганічних солей, які покращують живлення дріжджових клітин та структурно-механічні властивості тіста [2].

Тому, актуальним є розроблення як технологій одержання мінеральних речовин (мікро- та мікроелементів), так і технології спрямованого регулювання хімічного складу хлібобулочних виробів, з метою отримання продукту з вищим вмістом мінеральних речовин та кращими показниками якості.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Хліб як продукт масового споживання може бути використаний як носій для збагачення його магнієм та манганом.

Магній бере участь в понад 350-ти біохімічних реакціях, необхідних для функціонування організму. Дефіцит магнію в організмі характерний для вагітних, людей з високою фізичною активністю, дітей, у людей, робота яких пов'язана зі стресовими ситуаціями. Хлібобулочні вироби містять понад 40...50 мг, тому 300 г хліба поповнюють раціон харчування істотною кількістю цього макроелементу – 120...150 мг (30 % РНС) [1].

Манган необхідний для нормального росту, підтримки репродуктивної функції, обміну речовин, вуглеводного і ліпідного обміну. Дефіцит мангану порушує ріст та розвиток скелету. Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна вищого сорту містять 450 мкг мангану, що не забезпечує добової потреби за умови вживання 300 г хліба [3].

Відомо, що мінеральні речовини, зокрема хімічні сполуки у вигляді сульфатних солей магнію та мангану, виступають активаторами ферментів у тісті, сприяють збереженню свіжості хліба та його засвоюваності [2]. Оскільки небажаним ефектом їх використання є накопичення сульфатних іонів, які здатні знижувати бродильну активність дріжджів, автором поставлена мета дослідити можливість використання колоїдних частинок біогенних металів магнію і мангану.

Серед існуючих методів одержання агрегативно-стійких дисперсних систем мінеральних речовин з заданими фізико-хімічними характеристиками особливий інтерес з точки зору одержання мікронутрієнтів (біогенних металів) в рідкій фазі (воді) заслуговує метод об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних гранул металів в рідині [4, 5]. Крім того, такі технології знаходять практичне застосування в процесах коагуляційного очищення води та в технологіях одержання біофункціональних матеріалів [6, 7].