

Досліджено вплив поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» на показники якості пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» в процесі зберігання. Встановлено, що введення харчової добавки «Магнетофуд» в кількості 0,15 мас. % у вигляді ультратонкого порошку або у вигляді масляної суспензії (при цьому ОМС вводиться 0,35 мас. %) зменшує втрати вологи на 6,25 %, крошковатість м'якушки в 2,0 рази, КМАФАНМ в 4 рази, число спор бактерій *Vac. subtilis* в 1,5 рази; збільшує набухаємість м'якушки в 1,5 рази, еластичність на 6,5 %, пористість на 2,75 %

Ключові слова: магнетофуд, пшенично-житній хліб «Харківський родничок», антимікробна дія, набухаємість, крошковатість, еластичність, пористість, вологість м'якушки

Исследовано влияние полифункционального пищевой добавки «Магнетофуд» на показатели качества пшенично-ржаного хлеба «Харковский родничок» в процессе хранения. Установлено, что введение пищевой добавки «Магнетофуд» в количестве 0,15 мас. % в виде ультратонкого порошка или в виде масляной суспензии (при этом ОМС вводится 0,35 мас. %) уменьшает потерю влаги на 6,25 %, крошковатость мякиши в 2,0 раза, КМАФАНМ в 4 раза, число спор бактерий *Vac. subtilis* в 1,5 раза; увеличивает набухаемость мякиши в 1,5 раза, эластичность на 6,5 %, пористость на 2,75 %

Ключевые слова: магнетофуд, пшенично-ржаной хлеб «Харковский родничок», антимикробное действие, набухаемость, крошковатость, эластичность, пористость, влажность мякиши

# ВПЛИВ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ «МАГНЕТОФУД» НА ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНО-ЖИТНЬОГО ХЛІБА «ХАРКІВСЬКИЙ РОДНИЧОК» В ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

**І. В. Цихановська**

Кандидат хімічних наук, доцент\*

E-mail: cikhanovskaja@rambler.ru

**В. В. Євлаш**

Доктор технічних наук, професор

Кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування

Харківський державний університет харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333, Харків, Україна, 61051

E-mail: evlashvv@gmail.com

**О. В. Александров**

Кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедру\*

E-mail: alexandrov.a.v.a.v@gmail.com

**К. В. Свідло**

Доктор технічних наук, професор

Кафедра технології та організації ресторанного бізнесу

Харківський торговельно-економічний інститут

Київського національного торговельно-економічного

університету МОН України

пров. О. Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61045

E-mail: karinasvidlo@rambler.ru

**Т. Б. Гонтар**

Старший викладач\*

E-mail: taty-gontar@ukr.net

\*Кафедра харчових та хімічних технологій

Українська інженерно-педагогічна академія

вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003

## 1. Вступ

Створення асортименту хлібобулочних виробів функціонального призначення з подовженим терміном зберігання є однією з пріоритетних і актуальних завдань харчової промисловості [1, 2].

Якість хліба, що є лабільним продуктом, в процесі зберігання зазнає значних змін (черствіння, всихання, зміна кольору, поява неприємного смаку та запаху, «картопляна» хвороба, пліснявня) [3].

З метою поліпшення показників якості хліба використовують різноманітні добавки [4–20]. Тому є

актуальним створення нових збагачуючих і поліфункціональних харчових добавок комплексної дії.

В якості харчової добавки може бути запропонований «Магнетофуд». Це вискодисперсний порошок з розвиненою, активною поверхнею. «Магнетофуд» має специфічні властивості: бактеріостатичні, антиоксидантні, комплексоутворюючі, вологоутримуючі, сорбційні. Він проявляє антимікробну активність, емульгуючу здатність, добру сумісність з білками, вуглеводами [4, 5]. Весь цей комплекс характеристик дозволяє рекомендувати «Магнетофуд» в якості поліфункціональної харчової добавки в хлібобулочні вироби.

Тому дослідження впливу поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» на якість пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» в процесі зберігання є актуальними.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Підвищення якості, харчової цінності, стійкості до мікробного псування, подовження терміну зберігання, вдосконалення асортименту хлібобулочних виробів сприяє реалізації сучасної концепції здорового харчування [1, 2].

Далі перерахуємо найбільш поширені добавки-поліпшувачі в хлібопеченні.

В хлібопеченні використовують пектин і його похідні, які сприяють поповненню нестачі біологічно активних речовин [6]. Їх недолік – значна крошковатість і недостатня еластичність м'якушки.

В рецептурах хлібобулочних виробів використовують модифіковані крохмалі [7]. Однак, дані поліпшувачі не володіють антимікробною активністю.

Олії подовжують термін зберігання хлібобулочних виробів [8], однак не забезпечують достатніх структурно-механічних і фізико-хімічних показників.

Істотно розширилося використання пшеничної клейковини, що дозволяє збільшити терміни зберігання, знизити крошковатість м'якушки [9]. До недоліків можна віднести низький поріг антиоксидантної та антимікробної дії.

Поверхнево-активний компонент – лецитин, поліпшує якість тіста, збільшує пористість м'якушки [10]. Однак у лецитину відсутня антимікробна активність і не забезпечується достатній вихід готової продукції.

В сучасних харчових технологіях широке застосування знаходять функціональні інгредієнти, отримані з промислових побічних продуктів (шкіри, копита, пір'я, субпродукти, насіння, висівки, сироватка та ін.). Однак ці добавки характеризуються вузькою спрямованістю і не володіють комплексною дією [11, 12].

Хліб, що містить пшеничне борошно, є їжею з низькою антиоксидантною здатністю. В останні роки спостерігається глобальна тенденція до збагачення хліба фенольними антиоксидантами рослинного походження [13, 14]. Недоліками цих добавок є низька функціональність щодо текстури і фізико-хімічних властивостей хлібобулочних виробів.

Для поліпшення здоров'я споживачів використовуються добавки на основі пшениці з низьким вмістом GI [15]. Однак вихід і структурно-механічні показники готових виробів не покращуються.

Відзначено застосування ефірних масел в якості природних антимікробних засобів хлібобулочної продукції [16]. При цьому еластичність і пористість м'якушки не покращуються.

З метою поліпшення показників якості хліба (і особливо безглютенового) запропоновані різні добавки: деякі молочні продукти, соя, яйця, ензими, гідрокolloїди, нут, мікрородорості та ін. [17–20]. Добавки мають ряд недоліків, наприклад: нут негативно впливає на якість хліба через втрату розчинності при випіканні, твердість, еластичність не модифікуються додаванням мікрородоростей, а інші не покращують формостійкість, вихід, кислотність та вологість м'якушки.

Відома порошкоподібна дієтична добавка «Гемовітал», що використовується для формування асортименту борошняних виробів протианемічної спрямованості [21], однак вона не забезпечує достатніх реологічних показників.

Аналізом інформаційних джерел не виявлено даних про вплив поліфункціональних харчових добавок, і зокрема нанопорошкових, на якість та термін зберігання хлібобулочних виробів.

Тому необхідно провести наступні наукові дослідження:

- вивчити вплив нанопорошкової поліфункціональної харчової добавки на показники якості хлібобулочних виробів при зберігання;
- вивчити дію нанопорошкової поліфункціональної харчової добавки на термін зберігання та мікробіологічні показники хлібобулочних виробів в процесі їх зберігання.

## 3. Ціль та задачі дослідження

Метою роботи є дослідження впливу поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» на показники якості пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» з її додаванням в процесі його зберігання та встановити гарантований термін зберігання хліба.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на органолептичні показники дослідних зразків пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» в процесі їх зберігання;
- вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на фізико-хімічні показники дослідних зразків хліба «Харківський родничок» в процесі їх зберігання;
- вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на структурно-механічні показники дослідних зразків хліба «Харківський родничок» в процесі їх зберігання;
- вивчити дію поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» в процесі їх зберігання.

## 4. Матеріали та методи дослідження харчової добавки «Магнетофуд»

### 4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовували в експерименті

В дослідженні використовувалися: контроль – пшенично-житній хліб «Дарницький» [ГОСТ 26983-2015 та ДСТУ-П 4583:2006];

- зразок 1 – пшенично-житній хліб «Харківський родничок» з 0,15 % «Магнетофуд» у вигляді порошку [4];
- зразок 2 – пшенично-житній хліб «Харківський родничок» з 0,15 % «Магнетофуд» у вигляді олійно-магнетофудової суспензії (ОМС), при цьому ОМС вводиться 0,35 мас. % [5].

Більш детально досліджувані матеріали та обладнання, що використовували в експерименті, а також з методики визначення органолептичних, фізико-хімічних, структурно механічних та мікробіологічних показників наведено в роботі [22].

### 5. Результати досліджень впливу харчової добавки «Магнетофуд» на показники якості дослідних зразків пшенично-житнього хліба

Результати оцінки ступеня свіжості дослідних зразків пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» в порівнянні з хлібом «Дарницький» органолептичним методом в процесі зберігання наведені на рис. 3. Перші зміни, що відбуваються в хлібі можна встановити приблизно через 9–10 годин після випічки (рис. 3).

5-ти бальна градація свіжості хліба: дуже свіжий – 5, свіжий – 4, помірно черствий – 3, черствий – 2, дуже черствий – 1

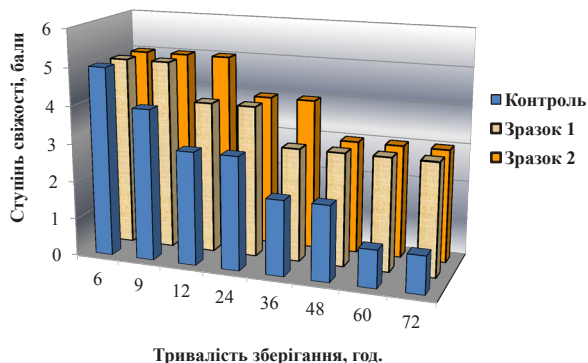


Рис. 3. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на свіжість дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

На рис. 4 наведено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на усадку дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання.

Аналіз експериментальних даних рис. 4 показує, що введення харчової добавки «Магнетофуд» поліпшує якість пшенично-житнього хліба, тому що усадка його нижча за усадку контрольного зразка та практично зберігається такою впродовж перших 36 годин.

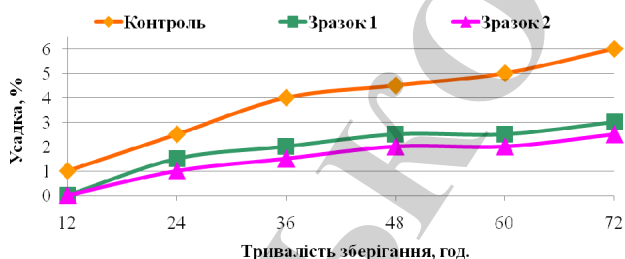


Рис. 4. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на усадку дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

На рис. 5 наведено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на еластичність дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання.

З рис. 5 видно, що введення харчової добавки «Магнетофуд» сприяє значному підвищенню еластичності дослідних зразків пшенично-житнього хлібу «Харківський родничок» у порівнянні з контролем. На рис. 6 представлена динаміка зміни вологості дослідних зразків пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання.

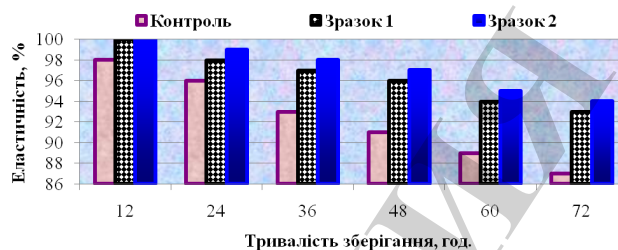


Рис. 5. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на еластичність дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

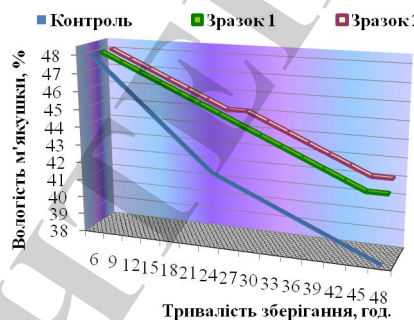


Рис. 6. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на вологість дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

З рис. 6 слід, що за 48 годин зберігання втрати вологості пшенично-житнього хліба склали: для контролю: 21%, для хліба «Харківський родничок» (зразок 1 і зразок 2): 12,5% і 10,4% відповідно. На рис. 7 наведено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на стискаємість м'якушки дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання на протязі 60 годин.

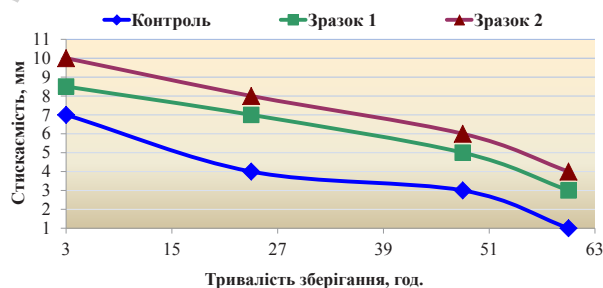


Рис. 7. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на стискаємість м'якушки дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

З рис. 7 видно, що при зберіганні хліба на протязі 60 годин стискаємість м'якушки знижується для контролю – в 9 разів, для зразків 1,2 (хліб «Харківський родничок», збагачений харчовою добавкою «Магнетофуд») – в 7 і в 6 разів відповідно.

Збереження свіжості хліба в певній мірі залежить від структури, питомого об'єму та формостійкості хліба. В табл. 3 наведено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на формостійкість та питомий об'єм дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання.

На рис. 8 наведено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на пористість дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання.

ський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання.

Таблиця 3

Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на формостійкість та питомий об'єм дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

Показники якості пшенично-житнього хліба	Дослідні зразки пшенично-житнього хліба								
	Контроль			Зразок 1			Зразок 2		
	Термін зберігання, год.								
	0	36	72	0	36	72	0	36	72
Формостійкість: $\Phi = H/P$	0,45	0,43	0,41	0,57	0,57	0,56	0,60	0,60	0,60
Питомий об'єм, $см^3/г$	4,09	4,05	4,00	5,11	5,11	5,10	5,21	5,21	5,21

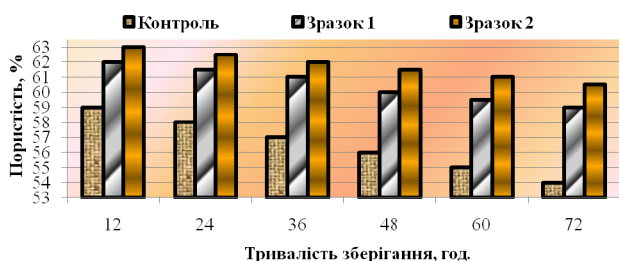


Рис. 8. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на пористість дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

Експериментальні дані рис. 8 показують, що зміни пористості пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» відповідають тенденціям зміни питомого об'єму (табл. 3): в зразках 1 і 2 величина питомого об'єму та еластичності більше, ніж у контролі. Дослідні зразки хліба «Харківський родничок», збагаченого харчовою добавкою «Магнетофуд», мали добру еластичність та розвинену рівномірну пористість; пори однакових розмірів з тонкими стінками; м'якушка не кришилася і не заминалася.

Для більш глибокого вивчення процесу черствіння пшенично-житнього хліба були визначені показники набухання і крошковатості м'якушки.

Результати визначення показника крошковатості для дослідних зразків пшенично-житнього хліба представлені на рис. 9. З експериментальних даних рис. 9 слід, що поступово, в процесі зберігання значення крошковатості зростали у всіх досліджуваних зразках.

Паралельно зростанню крошковатості відбуваються зміни в значеннях набухаємості (рис. 10). Але цей процес носить зворотний характер.

У міру зростання крошковатості, набухаємість м'якушки хліба при зберіганні зменшується (рис. 10).

В табл. 4 наведені мікробіологічні показники дослідних зразків пшенично-житнього хліба відразу після випічки та після зберігання протягом 72 годин і 10 діб (при визначенні спор бактерій *Bac. subtilis*).

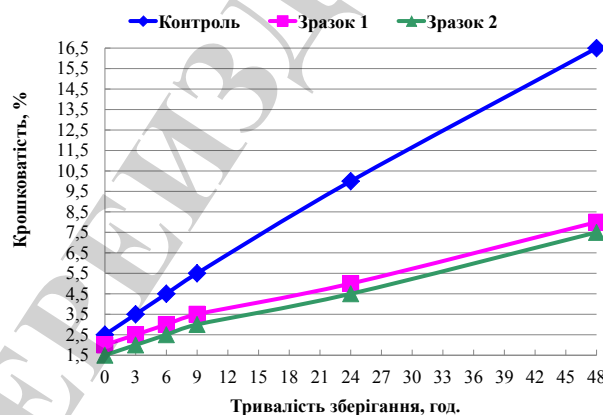


Рис. 9. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на крошковатість дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

Отримані дані підтверджують антимікробну дію харчової добавки «Магнетофуд» і мікробіологічну безпеку пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» та відповідність встановленим для даного виду продукції нормативам [23–30].

Рис. 10. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на набухаємість дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

Таблиця 4

Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків хліба «Харківський родничок» у порівнянні з контролем в процесі зберігання

Найменування показників	Норматив	Дослідні зразки пшенично-житнього хліба		
		Контроль	Зразок 1	Зразок 2
КМАФАнМ, КУО/г, відразу/через 72 год	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3 / 1,2 \times 10^3$	$0,25 \times 10^3 / 0,30 \times 10^3$	$0,22 \times 10^3 / 0,26 \times 10^3$
<i>S.aureus</i> , відразу/через 72 год	не доз. в 1,0 г	відс. в 1,0 г	відс. в 1,0 г	відс. в 1,0 г
БГКП, відразу/через 72 год	не доз. в 0,001 г	відс. в 0,001г	відс. в 0,001г	відс. в 0,001г
<i>Proteus</i> , відразу/через 72 год	не доз. в 0,1 г	відс. в 0,1 г	відс. в 0,1 г	відс. в 0,1 г
<i>Salmonella, L. monocytogenes</i> , відразу/через 72 год	не доз. в 25,0 г	відс. в 25,0 г	відс. в 25,0 г	відс. в 25,0 г
Число спор бактерій <i>Bac. Subtilis</i> , КУО/г, відразу/через 72 год	$0,4 \times 10^3$	$0,20 \times 10^3 / 0,26 \times 10^3$	$0,15 \times 10^3 / 0,16 \times 10^3$	$0,13 \times 10^3 / 0,15 \times 10^3$
Число спор бактерій <i>Bac. Subtilis</i> , КУО/г, відразу/через 10 діб	$0,4 \times 10^3$	$0,20 \times 10^3 / 0,40 \times 10^3$	$0,15 \times 10^3 / 0,20 \times 10^3$	$0,13 \times 10^3 / 0,17 \times 10^3$

## 6. Обговорення результатів дослідження впливу поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд»

Поліфункціональна харчова добавка «Магнетофуд» – ультратонкий порошок з розміром частинок 30–60 нм. Має корисні властивості: бактеріостатичні, антиоксидантні, емульгуючі, сорбційні, комплексують, жиро- та вологоутримуючі [4, 5]. Тому «Магнетофуд» можна запропонувати в якості поліфункціональної харчової добавки.

Для введення поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» в пшенично-житній хліб використовували два способи:

1) харчову добавку «Магнетофуд» вводили в сухому вигляді при замішуванні тіста в кількості 150 г на 100 кг борошна;

2) харчову добавку «Магнетофуд» вводили у вигляді ОМС (олійно-магнетитової суспензії) в кількості 350 г на 100 кг борошна при замішуванні тіста. Оптимальну кількість харчової добавки «Магнетофуд» і ОМС було підбрано експериментальним шляхом. Оптимальне співвідношення в суспензії «Магнетофуд»: ПАР (моноацїлгліцерол) = 15,0 мас. % : 65,0 мас. % [5].

Відповідно до даних табл. 2 впливає, що в дослідних зразках пшенично-житнього хліба «Харківський родничок» з харчовою добавкою «Магнетофуд» в порівнянні з контролем зростає термін зберігання готового продукту на 12 год., збільшується його біологічна і енергетична цінність.

Був проведений органолептичний аналіз ступеня свіжості дослідних зразків хліба з використанням 5-ої шкали, для якої було встановлено тісна кореляційна залежність зі значеннями величини модуля еластичності м'якушки, коефіцієнт кореляції склав 0,96.

Результати оцінки свіжості дослідних зразків пшенично-житнього хліба (рис. 3) показали, що харчова добавка «Магнетофуд» уповільнює процеси черствіння хліба. Найбільша відмінність в ступені свіжості дослідних зразків – 2 бали було відзначено через 12, 36, 60 і 72 год.

Аналіз усадки дослідних зразків хліба (рис. 4) показує, що першу добу після виготовлення хліб майже не черствіє – через 24 год. усадка складає: для контролю – 2,5 %, для зразків 1, 2 – 1,5 % і 1,0 % відповідно. Крім того в зразках 1, 2 така усадка практично зберігається протягом перших 36 год., на відміну від контролю, де вона зростає в 1,6 рази. Через 72 год. усадка зростає: для контролю – до 6,0 %, для зразків 1, 2 значно менше – до 3,0 % і 2,5 % відповідно.

При збільшенні терміну зберігання еластичність усіх дослідних зразків хліба знижується (рис. 5): через 24 год. для контролю – на 4,0 %, для зразків 1, 2 істотно менше – на 2,0 % і 1,0 % відповідно. Через 72 год. еластичність зменшується: для контролю – на 13,0 %, для зразків 1, 2 – значно менше: на 7,0 % і 6,0 % відповідно.

На рис. 6 вид кривих, що характеризують втрату вологи дослідними зразками пшенично-житнього хліба, показує, що найбільш інтенсивно цей процес протікає в перші 24 год. зберігання: для контролю – 12,5 %, для зразків 1, 2 менше – 6,25 %. В наступні 24 год. втрати вологості хліба зменшуються: для контролю – 9,5 %, для зразків 1, 2 – 7,8 % і 6,7 % відповідно. Тобто харчова добавка «Магнетофуд» уповільнює процес втрати вологи і, як наслідок, усушку хліба в процесі зберігання.

Стискаємість м'якушки є одним з основних показників, за яким споживач оцінює ступінь свіжості або черствості хліба. З рис. 7 видно, що при зберіганні хліба на протязі 60 годин стискаємість м'якушки знижується для контролю – в 9 разів, для зразків 1, 2 – в 7 і в 6 разів відповідно. При цьому збільшується механічна міцність стінок пір. Хліб вважається черствим, коли стискаємість його зменшується більш ніж на 40 % [4, 31]. У нашому випадку стискаємість дослідних зразків пшенично-житнього хліба зменшується: на 40 % для контролю – через 22 год., для зразків 1, 2 – через 47 та 48 годин відповідно.

З даних табл. 3 випливає, що поліфункціональна харчова добавка «Магнетофуд» покращує формостійкість та питомий об'єм пшенично-житнього хліба: порівняно з контролем питомий об'єм в зразках 1, 2 зростає на 26,4 % та на 27,4 % відповідно; формостійкість – на 26,7 % і на 33,3 % відповідно. А великий питомий об'єм характерний для хліба з розвинутою пористістю і з тонкими стінками, що може підвищити його зберігаємість в свіжому вигляді. Та й крім того, засвоюваність хліба тим краще, чим вище пористість та питомий об'єм.

Збільшення питомого об'єму і формостійкості хліба пов'язане, ймовірно, зі здатністю поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» до комплексоутворення і кластеризації.

З рис. 8 слід, що введення харчової добавки «Магнетофуд» сприяє покращенню пористості хліба – через 24 год. пористість зменшується: для контролю – на 1,0 %, для зразків 1, 2 менше – на 0,5 %. Через 72 год. пористість зменшується: для контролю – на 5,0 %, для зразків 1, 2 значно менше – на 3,0 % і 2,5 % відповідно.

Дані, представлені на рис. 9, дозволяють говорити про те, що пшенично-житній хліб без добавок (контроль) відрізнявся від хліба «Харківський родничок», збагаченого харчовою добавкою «Магнетофуд» (зразки 1, 2) більш високими значеннями крошковатості, і на протязі 48 год. дана тенденція зберігалася. Тобто зразки 2, 3 мали більш еластичну м'якушку. Це, ймовірно, пов'язано з присутністю харчової добавки «Магнетофуд», що характеризується вологоутримуючою здатністю.

Аналізуючи рис. 10, можна сказати, що зміни показника набухаємість дослідних зразків найбільш інтенсивно відбуваються в перші 12–20 год. після випічки. Набухаємість м'якушки зразків 1, 2 на всіх етапах зберігання вище, ніж у контролю. Ймовірно, це пов'язано з утворенням гідрофільних комплексів харчової добавки «Магнетофуд» з компонентами пшенично-житнього хліба «Харківський родничок».

Через 48 год. значення набухаємість досягло: для контролю – 4,0 мл на 1 г сухих речовин проти 6,75 та 7,25 мл на 1 г сухих речовин в зразках 1, 2, що більше в 1,7 та 1,8 рази відповідно.

Аналіз мікробіологічних показників хліба (табл. 4) показує, що кількість мікроорганізмів (КМАФАнМ) в 1 г зразків 1, 2 порівняно з контролем зменшується в 4,0–4,2 рази як відразу так і через 72 год.; число спор бактерій *Vac. subtilis* після 10 діб зростає: в контролі в 2 рази, а в зразках 1, 2 – в 1,3 рази. При цьому в хлібі не виявлені: БГКП в 0,001 г, бактерії роду *Salmonella* і *L. monocytogenes* – у 25,0 г.

Зменшення кількості мікроорганізмів пов'язане, ймовірно, з бактеріостатичною та бактерицидною дією

харчової добавки «Магнетофуд», що підтверджує можливість застосування «Магнетофуд» в якості харчової добавки, яка проявляє антимікробну дію. А це разом з вище перерахованими показниками призводить до поліпшення якості пшенично-житнього хліба і до подовження терміну його зберігання в свіжому вигляді.

В роботі також оцінювалися два технологічних прийоми введення харчової добавки «Магнетофуд» в тісто (у вигляді порошку або у вигляді масляної суспензії). Аналіз експериментальних даних (табл. 2–4), рис. 1–10 показав, що з усіх розглянутих показників якість пшенично-житнього хліба на 0,5–0,8 % краще при введенні добавки «Магнетофуд» в тісто у вигляді масляної суспензії (ОМС).

Дана робота є розвитком застосування нанотехнологій в харчових виробництвах. Чи будуть нанотехнології в області продуктів харчування позитивно сприйняті споживачами, чи стануть вони бажаними і користуватися попитом?

За повідомленнями BCC Research, світовий об'єм ринку нанотехнологій становить близько 12 млрд дол. [32] і при самому мінімальному зростанні через п'ять років збільшиться більш ніж в два рази. Об'єм продажів російської нанопродукції в 2015 р. перевищив 300 млрд руб. [32–34]. В даний час сумарна місткість ринку харчових нанотехнологій досягає 2,7 млрд євро. Світовий обсяг продажів харчових нанопродуктів росте, і, судячи з усього, така тенденція збережеться і надалі. Початок цього процесу було покладено в 2000 р., коли американська компанія «Kraft Foods» заснувала першу нанотехнологічну лабораторію і консорціум «Nanotek», що охоплює 15 університетів різних країн. З 2005 р. щорічно відбуваються конференції з інтеграції нанотехнологій в харчову промисловість «Nano-food», серед основних цілей яких – підвищення якості, корисності для здоров'я, безпеки продукції, запобігання деяких захворювань, створення лікувально-профілактичних і функціональних продуктів [35].

На сьогоднішній день на світовому ринку вже нараховується кілька сотень харчових продуктів, вироблених з використанням нанотехнологій. В основному така продукція поширена на ринках США, Азіатського регіону і Європи. Серед харчових «нанопродуктів», які вже надійшли або скоро надійдуть у продаж, можна відзначити молочний продукт компанії «Friesland Campina» з наночастинками для більш швидкого засвоєння кальцію. В Австралії випікають хліб з додаванням наноканул, що містять жир тунця. У Росії в хлібобулочні вироби як антисептичний засіб додають срібний нанобіокомпозит (Патент № 2245151). Застосування наоактивованих середовищ при виробництві м'ясних фаршевих продуктів дозволяє виключити з рецептур хімічні добавки (карагенан, фосфати) і поліпшити технологічні показники м'ясопродуктів (вихід, органолептичні характеристики) [35].

Однак, всі відомі харчові нанодобавки мають вузьконаправлену дію і не виявляють комплексного впливу на якість харчової продукції. Крім того, синтетичні нанодобавки часто надають токсичну дію на організм людини.

Наукове співтовариство далеко не однозначно оцінює можливість використання нанотехнологій при створенні харчових продуктів. На думку фахівців *Агенства харчових стандартів* Великобританії,

які надаються на людський організм нанотехнологічної продукцією, вимагають додаткового аналізу [36]. У зв'язку з цим в 2000 р. 57 країн світу підписали Картахенський протокол, де був встановлений так званий *принцип обережності*. В офіційних документах показано, що наночастинки мають активну розвинену поверхню; комплекс фізичних, хімічних властивостей і біологічну дію (іноді і токсичну), що часто радикально відрізняється від властивостей цієї речовини в формі суцільних фаз або макроскопічних дисперсій [35]. Все це обумовлює як позитивний вплив нанодобавок на технологічні характеристики і показники якості харчової продукції, так і може викликати цілком конкретні ризики при використанні їх в складі харчових продуктів.

Вперше на державному рівні офіційна сертифікація харчових нанопродуктів введена на Тайвані, де в 2005 р. було розроблено сертифікат «Nano-Mark». Продукція, що має таку марку, повинна відповідати, як мінімум, двом вимогам: розмір наночастинок повинен бути в межах від 1 до 100 нм; нанопродукт повинен володіти принципово новими споживчими властивостями або поліпшеними характеристиками саме завдяки його нанорозмірів. Всього на Тайвані сертифіковане 42 нанопродукта [35].

Британська неурядова організація Soil Association (SA), що займається сертифікацією органічних продуктів, відмовилася сертифікувати нанотехнологічну продукцію, посиляючись на небезпеку для здоров'я людини. Вважається, що стандарти SA жорсткіше, ніж нормативні документи Великобританії і Євросоюзу. Багато британських аналітиків в сфері нанотехнологій відреагували на цю заяву критично. З огляду на важливість і пріоритетність нових технологій, в Російській Федерації створена *Російська корпорація нанотехнологій*, прийнятий Федеральний закон № 139-ФЗ від 19 липня 2007 р. «Про Російську корпорацію технологій», уряд виділив понад 1 млрд дол. на розвиток нанотехнологій [35].

Метою даної роботи було дослідження впливу поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» на показники якості пшенично-житнього хліба «Харківський родничок». Експериментально встановлено, що «Магнетофуд» може використовуватися в якості поліфункціональної харчової добавки, що володіє комплексною дією: надає благотворну біологічну дію на організм людини; за рахунок нанорозмірів, розвиненої активної поверхні, сумісності з білками і вуглеводами, наявності катіонів заліза володіє сорбційними, комплексоутворюючими, емульгуючими, волого- і жирутримуючими властивостями; за рахунок бактеріостатичної і бактерицидної дії проявляє антимікробну активність, що призводить до поліпшення якості, збереження свіжості і подовження термінів зберігання хлібобулочної продукції. Крім того, харчову добавку «Магнетофуд» за рахунок  $Fe^{2+}$  можна рекомендувати як антиоксидант і джерело легкозасвоюваного заліза і протіанемічного засобу. Таким чином, введення поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» в пшенично-житній хліб підвищує його якість і терміни зберігання [4, 5]. З цієї точки зору результати досліджень становлять інтерес не тільки для України, але і для наукового світу інших країн.

## 7. Висновки

1. Проведено дослідження ступеня свіжості дослідних зразків пшенично-житнього хліба «Дарницький» та «Харківський родничок», збагаченого поліфункціональною харчовою добавкою «Магнетофуд», органолептичним методом. Результати оцінки свіжості показали, що черствіння хліба протікає більш інтенсивно без харчової добавки «Магнетофуд». Відразу після випічки всі дослідні зразки були відзначені п'ятьма балами. Вже через 12 год. різниця в ступені свіжості зразків становила 2 бали.

2. Вивчено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на фізико-хімічні показники дослідних зразків пшенично-житнього хліба в процесі їх зберігання.

Найбільш інтенсивно втрата вологи проходить в перші 24 год. зберігання: у контролю – 12,5 %, в зразках 1,2 – 6,25 %, а через 48 год. зберігання – 21,0 % та 11,5 % відповідно.

В процесі зберігання значення крошковатості зростають поступово, а показника набухальності зменшувалися у всіх дослідних зразках: найбільш інтенсивно цей процес відбувався в перші 12-20 год. після випічки. Крім того, контроль відрізнявся від зразків 1, 2 більш високими значеннями крошковатості, і на протязі всього періоду зберігання дана тенденція зберігалася.

Набухальність м'якушки дослідних зразків хліба на 48 год. становила: для контролю – 4,0 мл на 1 г сухих речовин проти 6,75 та 7,25 мл на 1 г сухих речовин в зразках 1,2 відповідно, що більше в 1,7 та 1,8 рази.

3. Вивчено вплив харчової добавки «Магнетофуд» на структурно-механічні показники дослідних зразків пшенично-житнього хліба в процесі їх зберігання.

Усадка зразків з добавкою «Магнетофуд» з часом нижча за усадку хліба без харчової добавки та практично зберігається такою впродовж перших 36 год. При збільшенні терміну зберігання еластичність усіх дослідних зразків зменшується: через 24 години – на 4,0 % та на 2,0 % і 1,0 %, а через 72 години – на 13,0 % та на 7,0 % і 6,0 % для контролю і зразків 1,2 відповідно.

Це пояснюється поступовим висиханням м'якушки хліба. Але при введенні харчової добавки «Магнетофуд» спостерігається значне підвищення еластичності зразків хліба, ймовірно, за рахунок вологоутримуючої здатності «Магнетофуду».

Поліфункціональна харчова добавка «Магнетофуд» покращує питомий об'єм та формостійкість хліба: порівняно зі контролем питомий об'єм в зразках 1, 2 зростає на 26,4 % та на 27,4% відповідно; формостійкість – на 26,7 % і на 33,3 % відповідно. Цей ефект пов'язаний, ймовірно, зі здатністю «Магнетофуд» до комплексоутворення і кластеризації.

В усіх дослідних зразках пористість з часом зменшується: через 24 год. після виготовлення – на 1,0 % та 0,5 %; через 72 год. – на 5,0 % та на 3,0 % і 2,5 % для контролю та зразків 1, 2 відповідно.

4. Вивчено вплив поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків пшенично-житнього хліба в процесі їх зберігання.

Рівень загального мікробного забруднення як свіжоспеченого пшенично-житнього хліба, так і хліба, що зберігався протягом 72 годин (та 10 діб) за температурою 20 °С не перевищував допустимих рівнів і склав: після випічки та охолодження – кількість мікроорганізмів (КМАФАнМ) в 1 г зразків 1,2 порівняно з контролем зменшується в 4,0–4,2 рази як відразу так і через 72 год.; число спор бактерій *Vac. subtilis* після 10 діб зростає: в контролі в 2 рази, а в зразках 1, 2 – в 1,3 рази. Усі дослідні зразки при зберіганні протягом 72 годин (та 10 діб) за температурою 20 °С відповідали вимогам мікробіологічних нормативів, встановлених для даного виду продукції в Україні [26, 27].

Тобто харчова добавка «Магнетофуд» має антимікробну дію і сприяє підвищенню якості та терміну зберігання пшенично-житнього хліба.

Таким чином, результати проведених досліджень дозволяють обґрунтувати доцільність використання поліфункціональної харчової добавки «Магнетофуд» в технології пшенично-житнього хліба.

## Література

1. Васильева, О. Л. Пищевые добавки в хлебобулочных изделиях [Текст] / О. Л. Васильева, З. И. Асманова, Е. О. Михайлова // Хлебопродукты. – 1991. – № 1. – С. 34–38.
2. Калакура, М. М. Использование нетрадиционного сырья в производстве продуктов функционального назначения [Текст] / М. М. Калакура, В. И. Егорова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1997. – № 11. – С. 15–16.
3. Юрчак, В. Г. Роль связанной воды при производстве и хранении хлеба. Обзорная информация [Текст] / В. Г. Юрчак, Н. И. Берзина, И. М. Ройтер. – М.: ЦНИИТЭИ, 1988. – 20 с.
4. Илюха, Н. Г. Технология производства и показатели качества пищевой добавки на основе магнетита [Текст] / Н. Г. Илюха, З. В. Барсова, В. А. Коваленко, И. В. Цихановская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Т. 6, № 10 (48). – С. 32–35. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5847/5271>
5. Цихановська, І. В. Дослідження процесів окиснювальних та термічних перетворень в системі: олійно-ліпідно-магнетитова суспензія [Текст] / І. В. Цихановська, І. М. Демидов, З. В. Барсова, Л. Ф. Павлоцька // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2015. – Вип. 1 (21). – С. 353–362.
6. Голубев, В. Н. Пектин: химия, технология, применение [Текст] / В. Н. Голубев. – М.: АРН, 1995. – 387 с.
7. Литвяк, В. В. Использование в хлебопекарной промышленности водорастворимых крахмалов [Текст] / В. В. Литвяк и др. // Хлебопек. – 2009. – № 2. – С. 30–33.
8. Васюкова, А. Влияние компонентов рецептуры на качество хлебобулочных изделий при хранении [Текст] / А. Васюкова, Л. Абесадзе // Хлебопродукты. – 2008. – № 8. – С. 50–51.

9. Матвеева, И. В. Микроингредиенты и качество хлеба [Текст] / И. В. Матвеева // Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. – 2000. – № 1. – С. 28–31.
10. Бобков, В. А. Управление реологическими свойствами мучных смесей [Текст] / В. А. Бобков, Г. Н. Панкратов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 11. – С. 31–35.
11. Martins, Z. E. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products [Text] / Z. E. Martins, O. Pinho, I. M. P. L. V. O. Ferreira // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 67. – P. 106–128. doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.003
12. Lai, W. T. A review: Modified agricultural by-products for the development and fortification of food products and nutraceuticals [Text] / W. T. Lai, N. M. H. Khong, S. S. Lim, Y. Y. Hee, B. I. Sim, K. Y. Lau, O. M. Lai // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 59. – P. 148–160. doi: 10.1016/j.tifs.2016.11.014
13. Dziki, D. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds [Text] / D. Dziki, R. Różyło, U. Gawlik-Dziki, M. Świeca // Trends in Food Science & Technology. – 2014. – Vol. 40, Issue 1. – P. 48–61. doi: 10.1016/j.tifs.2014.07.010
14. Torres-León, C. Mango seed: Functional and nutritional properties [Text] / C. Torres-León, R. Rojas, J. C. Contreras-Esquivel, L. Serna-Cock, R. E. Belmares-Cerda, C. N. Aguilar // Trends in Food Science & Technology. – 2016. – Vol. 55. – P. 109–117. doi: 10.1016/j.tifs.2016.06.009
15. Bharath Kumar, S. Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review [Text] / S. Bharath Kumar, P. Prabhasankar // Trends in Food Science & Technology. – 2014. – Vol. 35, Issue 1. – P. 32–41. doi: 10.1016/j.tifs.2013.10.007
16. Patrignani, F. Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables [Text] / F. Patrignani, L. Siroli, D. I. Serrazanetti, F. Gardini, R. Lanciotti // Trends in Food Science & Technology. – 2015. – Vol. 46, Issue 2. – P. 311–319. doi: 10.1016/j.tifs.2015.03.009
17. Ngemakwe, P. N. Advances in gluten-free bread technology [Text] / P. N. Ngemakwe, M. Le Roes-Hill, V. Jideani // Food Science and Technology International. – 2014. – Vol. 21, Issue 4. – P. 256–276. doi: 10.1177/1082013214531425
18. Bird, L. G. Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread [Text] / L. G. Bird, C. L. Pilkington, A. Saputra, L. Serventi // Food Science and Technology International. – 2017. – P. 108201321771780. doi: 10.1177/1082013217717802
19. García-Segovia, P. Effect of microalgae incorporation on physicochemical and textural properties in wheat bread formulation [Text] / P. García-Segovia, M. J. Pagán-Moreno, I. F. Lara, J. Martínez-Monzó // Food Science and Technology International. – 2017. – Vol. 23, Issue 5. – P. 437–447. doi: 10.1177/1082013217700259
20. Boubaker, M. Fibre concentrate from artichoke (*Cynara scolymus* L.) stem by-products: Characterization and application as a bakery product ingredient [Text] / M. Boubaker, A. E. Omri, C. Blecker, N. Bouzouita // Food Science and Technology International. – 2016. – Vol. 22, Issue 8. – P. 759–768. doi: 10.1177/1082013216654598
21. Пат. № 26696U UA. Спосіб виробництва пряників “Бадьорість”. МПК7 A21D13/08 [Текст] / Євлаш В. В., Погожих М. І., Неміріч О. В., Віннікова В. О. – № u200700379; заявл. 15.01.2007; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16. – 5 с.
22. Tsykhanovska, I. Research quality of the wheat-rye bread with addition of the polyfunctional food supplement «Magnetofood» [Text] / I. Tsykhanovska, V. Evlash, A. Alexandrov, K. Svidlo, T. Gontar // EUREKA: Life Sciences. – 2017. – Issue 5. – P. 45–52. doi: 10.21303/2504-5695.2017.00431
23. Корячкина, С. Я. Методы исследования качества хлебобулочных изделий [Текст]: уч.-метод. пос. / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелева. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – 166 с.
24. Касымова, Ч. К. Лабораторный практикум по курсу «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» [Текст] / Ч. К. Касымова. – Бишкек: Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 2012. – 48 с.
25. Романов, А. С. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий, качество и безопасность [Текст]: уч.-справ. пос. / А. С. Романов, Н. И. Давыденко, Л. Н. Шатнюк и др. – Новосибирск: Сиб. унив. из-во, 2005. – 278 с.
26. Юрчак, В. Г. Определение связанной воды индикаторным методом в хлебопекарном производстве [Текст] / В. Г. Юрчак, Н. И. Берзина, В. М. Шмаровоз, М. П. Прищепа // Известия Вузов. Пищевая технология. – 1989. – № 4. – С. 78–80.
27. Мікробіологічні нормативи та методи контролю продукції громадського харчування: ДСП 4.4.5.078., затв. МОЗ України 7.11.2001 р. [Текст]. – К.: МОЗ України, 2001. – 17 с.
28. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов № 5061 [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 186 с.
29. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: ГОСТ 104444.15 [Текст]. – К.: Госстандарт Украины, 1996. – 16 с.
30. Калинина, И. В. Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения [Текст] / И. В. Калинина, Н. В. Науменко, И. В. Фекличева // Вестник ЮУрГУ. – 2015. – Т. 3, № 1. – С. 36–44.
31. Горячева, А. Ф. Сохранение свежести хлеба [Текст] / А. Ф. Горячева, Р. В. Кузьминский. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 240 с.



32. Market Research Reports and Technical Publications [Electronic resource]. – Available at: <https://www.bccresearch.com/>
33. Муравьева, М. Разрозненные нанотехнологии будут объединять [Текст] / М. Муравьева // В мире nano. – 2010. – № 6. – С. 12.
34. У нанотехнологий в России есть будущее [Электронный ресурс]. – РОСНАНО. – Режим доступа: <http://www.rusnano.com/about/press-centre/75823>
35. Алешков, А. В. Пищевая промышленность – индустрия инноваций [Текст]: монография / А. В. Алешков. – Хабаровск: РИЦ ХГУЭП, 2016. – 188 с.
36. Ma-Hock, L. Generation and Characterization of Test Atmospheres with Nanomaterials [Text] / L. Ma-Hock, A. O. Gamer, R. Landsiedel, E. Leibold, T. Frechen, B. Sens et. al. // Inhalation Toxicology. – 2007. – Vol. 19, Issue 10. – P. 833–848. doi: 10.1080/08958370701479190

ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ

