

УДК 644.041

DOI: 10.15587/2312-8372.2018.141248

## РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ПОЛІПШУВАЧА «СВІЖІСТЬ СМС СУПЕР» ДЛЯ ПОДОВЖЕННЯ СВІЖОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Васильченко Т. О., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Бреус Н. М., Бондаренко Ю. В.

Об'єктом дослідження у роботі є пшеничний хліб, одним з найбільших недоліків якого є черствіння під час зберігання. Інтенсивність перебігу процесів в готовому виробі, що зумовлюють черствіння, залежать від якості сировини, зокрема хлібопекарських властивостей борошна.

Вирішення проблеми подовження свіжості пшеничного хліба можливе використанням нетрадиційної сировини, харчових добавок та комплексних хлібопекарських поліпшувачів.

В ході розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» було обрано як функціональну основу суху молочну сироватку, збагачену Mn та Mg, технологія якої розроблена науковцями Національного університету харчових технологій (Київ, Україна). До складу активної частини поліпшувача включено карбоксиметилцелюлозу, емульгатор, ферментний препарат амілолітичної дії з мальтогенною амілазою, аскорбінову кислоту, мальтодекстрин, яблучний пектин.

За симплекс-центроїдним планом Шеффе отримано графічні моделі, за якими можна передбачувати оптимальне дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» у разі переробки борошна з різними хлібопекарськими властивостями. Відповідно до графічних моделей встановлено, що у разі використання борошна середнього за силою, що має нормальну газоутворювальну здатність та водопоглинальну здатність в межах 59–61 %, оптимальне дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» становить 1,5 % до маси борошна.

Встановлено, що у разі використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» виробу черствіють повільніше. Це пов'язано з тим, що до рецептури комплексного хлібопекарського поліпшувача входять вологоутримуючі харчові добавки, які під час зберігання хлібобулочних виробів повільніше віддають вологу, ніж біополімери борошна. Також до складу поліпшувача входить ферментний препарат з мальтогенною  $\alpha$ -амілазою, яка уповільнює процес ретроградації крохмалю, знижуючи втрату вологи крохмалем.

Завдяки використанню комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» хлібобулочні виробу зберігають свіжість до 72 год зберігання в неупакованому вигляді незалежно від хлібопекарських властивостей борошна.

**Ключові слова:** свіжість пшеничного хлібу, комплексний хлібопекарський поліпшувач, функціональна основа, активна частина.

## 1. Вступ

Хлібобулочні вироби в Україні є традиційними харчовими продуктами. Значна конкуренція на ринку цих продуктів спонукає виробників виготовляти хлібобулочні вироби високої якості та з подовженим терміном зберігання.

Якість хлібобулочних виробів та швидкість черствіння залежать в основному від хлібопекарських властивостей борошна, технологічного процесу, додаткової сировини, умов зберігання. Хлібопекарські властивості борошна не завжди відповідають необхідним вимогам, тому на хлібопекарських підприємствах їх регулюють змішуванням різних за якістю партій борошна, використанням харчових добавок [1].

В більшості випадків кожна харчова добавка має своє функціональне призначення. Це може бути харчова добавка окисної або відновної дії, поверхнево-активна речовина, ферментні препарати, структуроутворювач. Використовувати індивідуально кожен харчову добавку є технологічно та економічно недоцільно, тому краще застосовувати комплексні хлібопекарські поліпшувачі.

Актуальним на сьогодні є розробка комплексних хлібопекарських поліпшувачів направленої дії, зокрема для уповільнення процесу черствіння, та встановлення оптимального його дозування у разі переробки борошна з різними хлібопекарськими властивостями.

## 2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом досліджень є хліб з борошна пшеничного вищого сорту та наступними складовими поліпшувачами:

- суха молочна сироватка, збагачена Mn та Mg;
- харчові добавки, а саме ферментний препарат Новаміл 1500 MG, карбоксиметилцелюлоза, яблучний пектин, мальтодекстрин, лецитин та аскорбінова кислота.

Хліб «Молочна свіжість» виготовляли з пшеничного борошна вищого сорту прискореним способом за рецептурою:

- борошно пшеничне вищого сорту – 100 кг;
- дріжджі пресовані хлібопекарські – 3,0 кг;
- сіль кухонна харчова – 1,5 кг.

Для розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» як функціональну основу використано суху молочну сироватку, збагачену Mn та Mg (розробка Національного університету харчових технологій, Київ, Україна) [2]. В якості активних складових поліпшувача використовували:

- ферментний препарат Новаміл 1500 MG датської фірми Novozymes;
- карбоксиметилцелюлозу української фірми «Хімпостач»;
- яблучний пектин виробництва України;
- мальтодекстрин польської фірми;
- лецитин знежирений з соняшнику виробництва української фірми «БИОЛЕР»;
- аскорбінову кислоту, вироблену в Китаї.

З найбільших недоліків об'єкту дослідження є черствіння під час зберігання. Інтенсивність перебігу процесів в готовому виробі, що зумовлюють черствіння, залежать від якості сировини, зокрема хлібопекарських властивостей борошна.

Вирішення проблеми подовження свіжості пшеничного хліба можливе використанням нетрадиційної сировини, харчових добавок та комплексних хлібопекарських поліпшувачів.

Зважаючи на синергізм дії харчових добавок необхідно під час використання комплексного хлібопекарського поліпшувача враховувати хлібопекарські властивості борошна та виходячи з їх показників використовувати оптимальне його дозування.

### **3. Мета та задачі дослідження**

*Мета дослідження* – розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» для подовження свіжості хліба з пшеничного борошна з різними хлібопекарськими властивостями.

Для досягнення мети необхідно:

1. Встановити оптимальне співвідношення інгредієнтів у рецептурі комплексного хлібопекарського поліпшувача.

2. Розробити графічні моделі для визначення оптимального дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» в рецептуру хліба «Молочна свіжість» у разі використання борошна з різними хлібопекарськими властивостями.

3. Дослідити вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» на збереження виробами свіжості.

### **4. Дослідження існуючих рішень проблеми**

Комплексні хлібопекарські поліпшувачі – це багатокомпонентні суміші, які складаються з функціональної основи, в якій рівномірно розподілена активна частина [3]. В якості активної частини використовують ферменти, структуроутворювачі, харчові добавки окисної чи відновної дії, емульгатори [4, 5]. В ролі функціональної основи виступають борошно, крохмаль, суха пшенична клейковина [3, 6, 7].

В роботі [7] вказано, що комплексні хлібопекарські поліпшувачі складаються з декількох харчових добавок, які підібрані в оптимальному співвідношенні, що дозволяє одночасно діяти на основні компоненти борошна. Синергізм дії всіх складових комплексних хлібопекарських поліпшувачів [8] сприяє кращому стабілізуванню якості хлібобулочних виробів у разі використання борошна з низькими хлібопекарськими властивостями [9].

Під час розробки комплексних хлібопекарських поліпшувачів вчені роботи [10] рекомендують використовувати як функціональну основу гарбузове борошно, а в якості активної частини – аскорбінову кислоту, фосфоро-кислий кальцій, сірчано-кислий амоній. Отриманий поліпшувач рекомендовано використовувати тільки у разі переробки пшеничного борошна першого та другого сортів середнього або слабкого за силою.

Розроблений у [7] комплексний хлібопекарський поліпшувач складається з сухої пшеничної клейковини, як функціональної основи, а в якості активної частини використані аскорбінова кислота, ферментні препарати амілолітичної та пентазаназної активності, емульгатор. Цей поліпшувач позитивно впливає на збільшення пористості, об'єму, отримання однорідної еластичної м'якушки та подовження свіжості готових виробів. Однак в цій роботі не наведено рекомендацій щодо оптимального дозування у разі переробки борошна з незадовільними хлібопекарськими властивостями.

Автори роботи [11] пропонують для комплексного хлібопекарського поліпшувача в якості функціональної основи використовувати гречаний солод, а в якості активної частини – фосфоро-кислий кальцій, сірчано-кислий амоній. Отриманий поліпшувач рекомендовано використовувати у разі переробки борошна сильного за силою.

Автори роботи [12] рекомендують для комплексного хлібопекарського поліпшувача для подовження свіжості хлібобулочних виробів використовувати композицію з сухої пшеничної клейковини, ферментного препарату амілолітичної дії та суміші ксантанової і гуарової камедей. Розроблений поліпшувач подовжує свіжість хлібобулочних виробів до 72 год зберігання не упакованими. Але в роботі не зазначено рекомендацій щодо оптимального його дозування у разі переробки борошна з різними хлібопекарськими властивостями.

Тому перспективним є розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача для подовження свіжості хлібобулочних виробів у разі переробки борошна з різними хлібопекарськими властивостями. В якості функціональної основи пропонується суха молочна сироватка, збагачена Mn та Mg, яку використовують як додаткову сировину у хлібобулочних виробках [2], та харчові добавки різної направленої дії.

## 5. Методи досліджень

Для розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача проводили пробні лабораторні випікання. Для визначення якості отриманих виробів застосовували балову оцінку та розраховували комплексний показник. Тісто замішували в тістомісильній машині Esher (Італія) протягом 4 хв на першій швидкості та 7 хв – на другій. Тісто готували прискореним способом з масовою часткою вологи тіста – 43 %. Період бродіння було замінено на відлежування, яке тривало 30 хв. Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у вистійній шафі за температури  $38 \pm 2$  °C і відносній вологості  $78 \pm 2$  % до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури  $220\text{--}240$  °C із зволоженням пекарної камери.

Якість хліба оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якушки) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах). Тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки.

Визначали її загальну деформацію через 4, 24 та 48 год зберігання на пенетрометрі АП 4/1 («Файнмасс», Німеччина) [13].

Комплексний показник якості оцінювали за бальною оцінкою якості хлібобулочних виробів [13].

Ступінь черствіння виробів досліджували також за кришкуватістю м'якушки. Кришкуватість визначали за кількістю утворених крихт внаслідок тертя двох шматків м'якушки хліба масою 5 г, вирізаних у формі паралелепіпеда, під час струшування протягом 5 хв. на вібраційному струшувачі ІКА HS 501 digital (ІКА®-Werke GmbH & Co. KG, Німеччина). Кришкуватість виражали як відношення маси крихти до маси наважки хліба у відсотках [14].

Результати експериментальних досліджень піддавали математично-статистичній обробці, реалізованій за допомогою табличного процесора MS Excel та математичного пакету MathCAD.

## **6. Результати досліджень**

Для розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача проводили лабораторні випікання з визначення оптимального дозування кожного інгредієнта у тісто для виготовлення хліба «Молочна свіжість» за комплексним хлібопекарським поліпшувачем. Дозування кожного інгредієнту здійснювали згідно рекомендацій виробника. У якості функціональної основи пропонується використовувати суху молочну сироватку, збагачену Mn та Mg. Для активної складової обрано:

- як вологоутримуючі добавки – карбоксиметилцелюлозу, мальтодекстрин та яблучний пектин;
- в якості ферменту амілолітичної дії (мальтогенної амілази) – ферментний препарат Новаміл 1500 MG;
- в якості поверхнево-активної речовини – лецитин;
- як натуральний окиснювач пропонується використовувати аскорбінову кислоту.

Оцінювали якість готових виробів за такими показниками, як:

- питомий об'єм;
- правильність форми;
- колір скоринки;
- черствіння через 72 год.;
- стан поверхні скоринки;
- колір м'якушки;
- структура пористості;
- формостійкість подового хліба;
- реологічні властивості м'якушки;
- аромат хліба;
- смак хліба,
- розжовуваність м'якушки.

За отриманими даними розраховували комплексний показник якості, отримані дані наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Визначення оптимального дозування рецептурних компонентів комплексного хлібопекарського поліпшувача за комплексним показником якості,  $n=3$ ,  $p \leq 0,95$

Показник	Контроль без добавок	Дозування (%) до маси борошна				
		Суша молочна сироватка, збагачена Mn та Mg				
		0,5	1	1,5	2	2,5
Комплексний показник якості	81,5	83,6	87,1	90,2	93,6	93,1
Комплексний показник якості	81,5	Ферментний препарат Новаміл 1500 MG				
		0,005	0,010	0,015	0,020	0,025
		84,8	88,2	91,2	94,5	93,9
Комплексний показник якості	81,5	Карбоксиметилцелюлоза				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
		83,6	85,9	88,3	90,7	90,2
Комплексний показник якості	81,5	Яблучний пектин				
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
		82,8	84,2	87,9	90,8	90,1
Комплексний показник якості	81,5	Мальтодекстрин				
		0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
		83,2	85,1	87,8	90,6	90,4
Комплексний показник якості	81,5	Лецитин				
		0,12	0,18	0,24	0,30	0,36
		83,5	85,9	89,6	89,6	89,5
Комплексний показник якості	81,5	Аскорбінова кислота				
		0,01	0,015	0,02	0,025	0,03
		81,8	82,6	83,8	83,7	83,4

Встановлено, що за комплексним показником якості оптимальне дозування функціональної основи, а саме сухої молочної сироватки, збагаченої Mn та Mg, становить 2 % до маси борошна, активної частини:

- ферментного препарату Новаміл 1500 MG – 0,02;
- карбоксиметилцелюлози – 0,4;
- яблучного пектину – 0,04;
- мальтодекстрину – 0,08;
- лецитину – 0,24;
- аскорбінової кислоти – 0,02 % до маси борошна.

Під час складання рецептури комплексного хлібопекарського поліпшувача рекомендовано дозування активної частини зменшувати вдвічі відносно оптимального дозування у зв'язку з синергічною дією за умови сумісного внесення [7].

Рецептуру розробленого хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» наведено в табл. 2.

Таблиця 2

## Рецептура комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер»

Сировина	Оптимальне дозування (%) до маси борошна у рецептурі хліба «Молочна свіжість»	Витрата сировини (%) до маси сухої молочної сироватки, збагаченої Mn та Mg
Суша молочна сироватка, збагачена Mn та Mg	2,0	100,0
Ферментний препарат Новаміл 1500 MG	0,01	0,5
Карбоксиметилцелюлоза	0,2	10,0
Яблучний пектин	0,02	1,0
Мальтодекстрин	0,04	2,0
Лецитин	0,12	6,0
Аскорбінова кислота	0,01	0,5

Споживчі властивості хлібобулочних виробів залежать, насамперед, від хлібопекарських властивостей борошна, таких як сила борошна, газоутворювальна та водопоглинальна здатності.

Від сили борошна залежить здатність утворювати тісто, яке має певні структурно-механічні властивості. За силою борошно поділяють на сильне, середнє та слабке. Борошно за силою за показником розпливання кульки із 100 г тіста протягом 3 год ферментації (мм) є: сильним до 83, середнім – 84–96, слабким від 97. Газоутворювальна здатність характеризує здатність борошна забезпечувати цукрами живлення для дріжджів у процесі бродіння та вистоювання тістових заготовок і забарвлення скоринки хлібобулочних виробів. Газоутворювальна здатність борошна може бути (см<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>/100 г): низька до 1300, нормальна 1300–1600 та висока від 1600. Від водопоглинальної здатності залежить здатність борошна зв'язувати певну кількість води. Водопоглинальна здатність (%) може бути: низька до 58, нормальна 59–61, висока від 62 [15].

Доцільно встановити оптимальне дозування розробленого комплексного хлібопекарського поліпшувача у разі переробки борошна з різними комплексами хлібопекарських властивостей.

Інтервали варіювання, нижній і верхній рівень хлібопекарських властивостей для розроблення можливих комбінацій стабілізували за показником сили борошна, представлені в табл. 3.

Таблиця 3

## Діапазон факторного простору

Досліджувані фактори	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
	0	0,5	1	
Борошно слабе за силою				
$X_1$ – сила борошна, мм	83			
$X_2$ – газоутворювальна здатність, см <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /100 г борошна	1300	1450	1600	150
$X_3$ – водопоглинальна здатність, %	58	60	62	2
Борошно середнє за силою				
$X_1$ – сила борошна, мм	90			
$X_2$ – газоутворювальна здатність, см <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /100 г борошна	1300	1450	1600	150
$X_3$ – водопоглинальна здатність, %	58	60	62	2
Борошно сильне за силою				
$X_1$ – сила борошна, мм	97			
$X_2$ – газоутворювальна здатність, см <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /100 г борошна	1300	1450	1600	150
$X_3$ – водопоглинальна здатність, %	58	60	62	2

Для визначення ефективності використання розробленого комплексного хлібопекарського поліпшувача та оптимального його дозування у разі переробки різного за якістю борошна було проведено серію досліджень з реалізацією симплекс-центроїдних планів Шеффе. Побудовано графічні моделі, за якими можна визначати передбачуваний ефект якості хлібобулочних виробів за певного дозування поліпшувача у разі переробки борошна з заданими хлібопекарськими властивостями в вигляді діаграм «склад-властивості».

В якості варійованих факторів були вибрані дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача та хлібопекарські властивості борошна. Функції відгуку (залежна змінна) є комплексний показник якості. Розрахунковий експеримент полягав в отриманні поверхні відгуку за моделлю у разі варіювання значень змінних по всьому факторному простору. Проведена серія опорних експериментів, в яких значення функції відгуку визначені у різних фіксованих дозуваннях комплексного хлібопекарського поліпшувача та різних варіаціях хлібопекарських властивостей борошна.

Згідно отриманої моделі побудовано діаграму «Склад-властивості». Лінії функції відгуку нанесені в площі прямокутника для наочного зображення змін параметрів у разі варіювання комплексного хлібопекарського поліпшувача та хлібопекарських властивостей борошна. Це дозволяє на практиці прогнозувати якість готових виробів у разі використання борошна з певними хлібопекарськими властивостями та різним дозуванням поліпшувача. Отримані

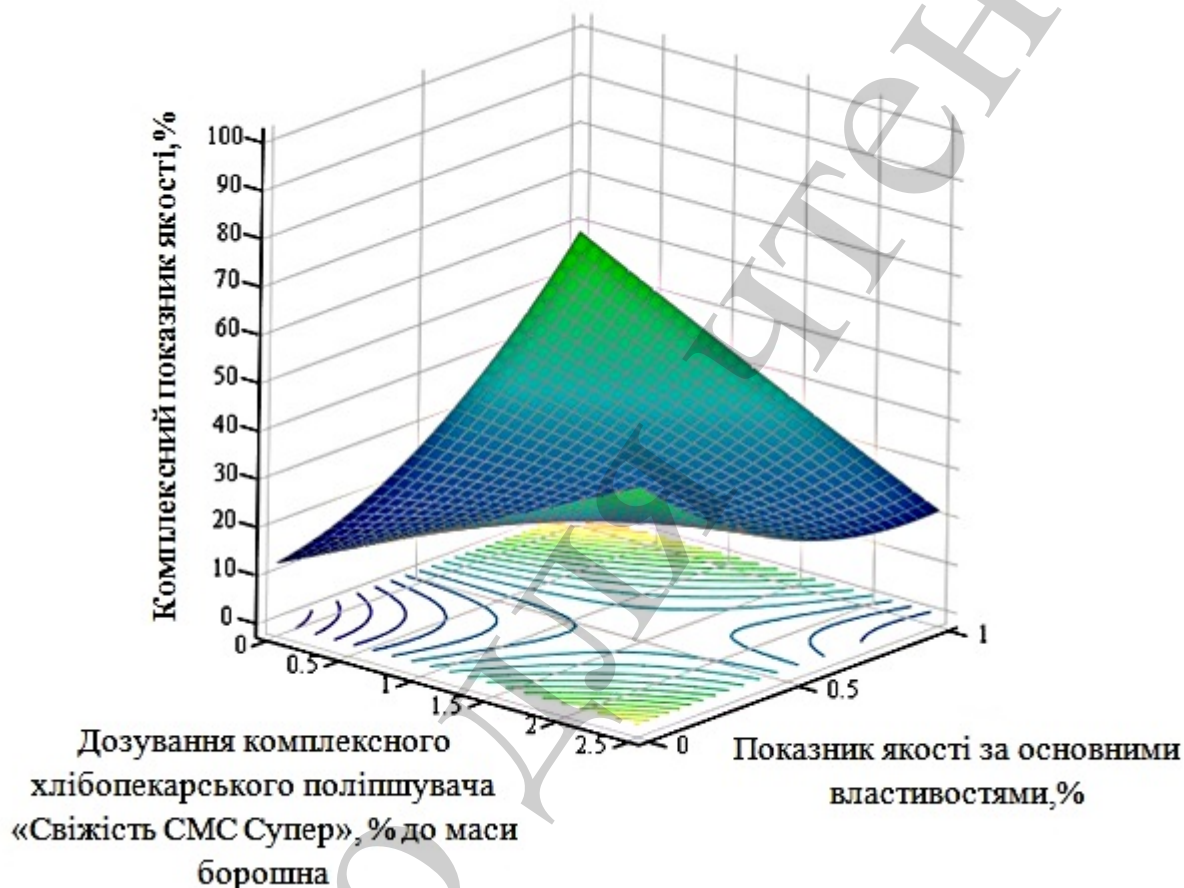


діаграми залежності дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача (КХП) та показників хлібопекарських властивостей борошна:

– у разі стабілізації X1 на нижньому рівні (борошно слабке за силою) наведено на рис. 1;

– у разі стабілізації X1 на середньому рівні (борошно середнє за силою) – на рис. 2;

– у разі стабілізації X1 на верхньому рівні (борошно сильне за силою) – на рис. 3.



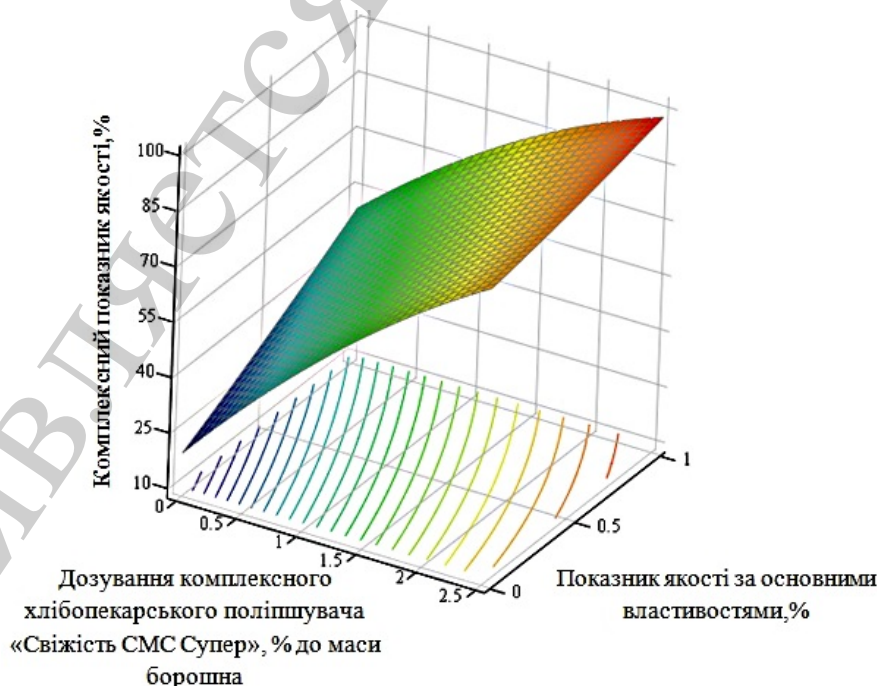
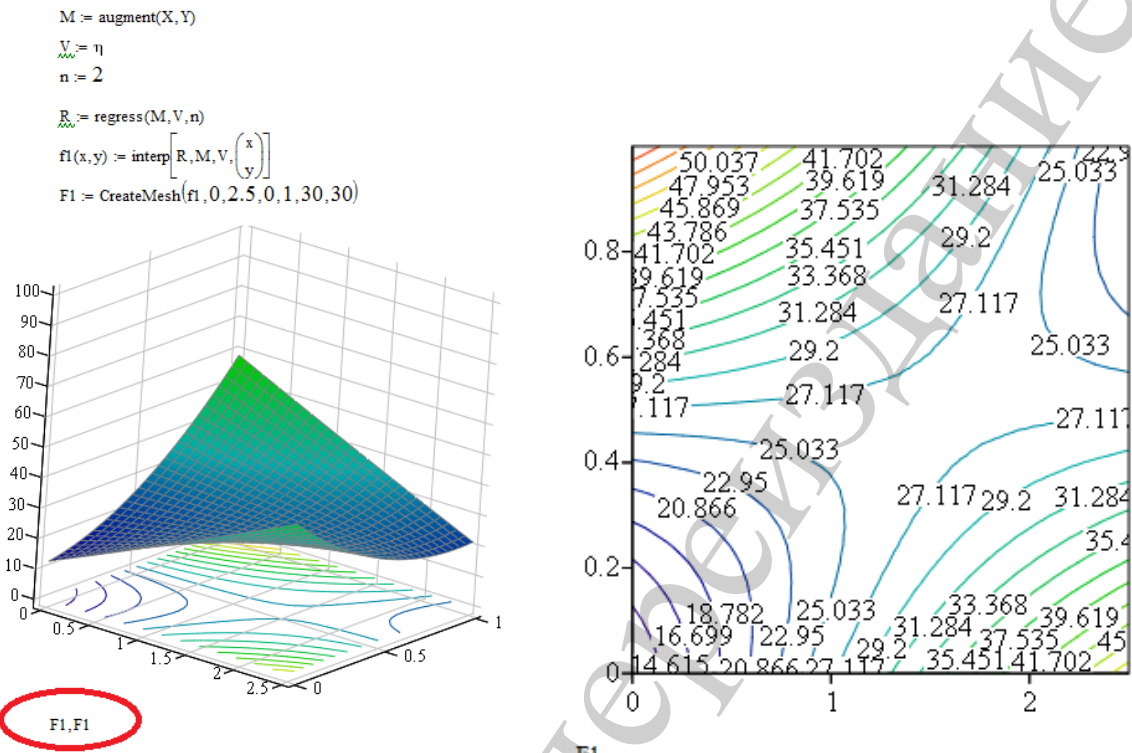
**Рис. 1.** 3D графік залежності комплексного показника якості від дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» та хлібопекарських властивостей борошна слабкого за силою

Моделювання та обробка експериментальних даних виконувались за допомогою математичного пакету MathCad 15. Для оптимізації процесу дослідження було обрано методологію поверхні відгуку за допомогою двовимірної апроксимації експериментальних даних. Отримані рівняння математичних моделей описуються наступним поліномом:

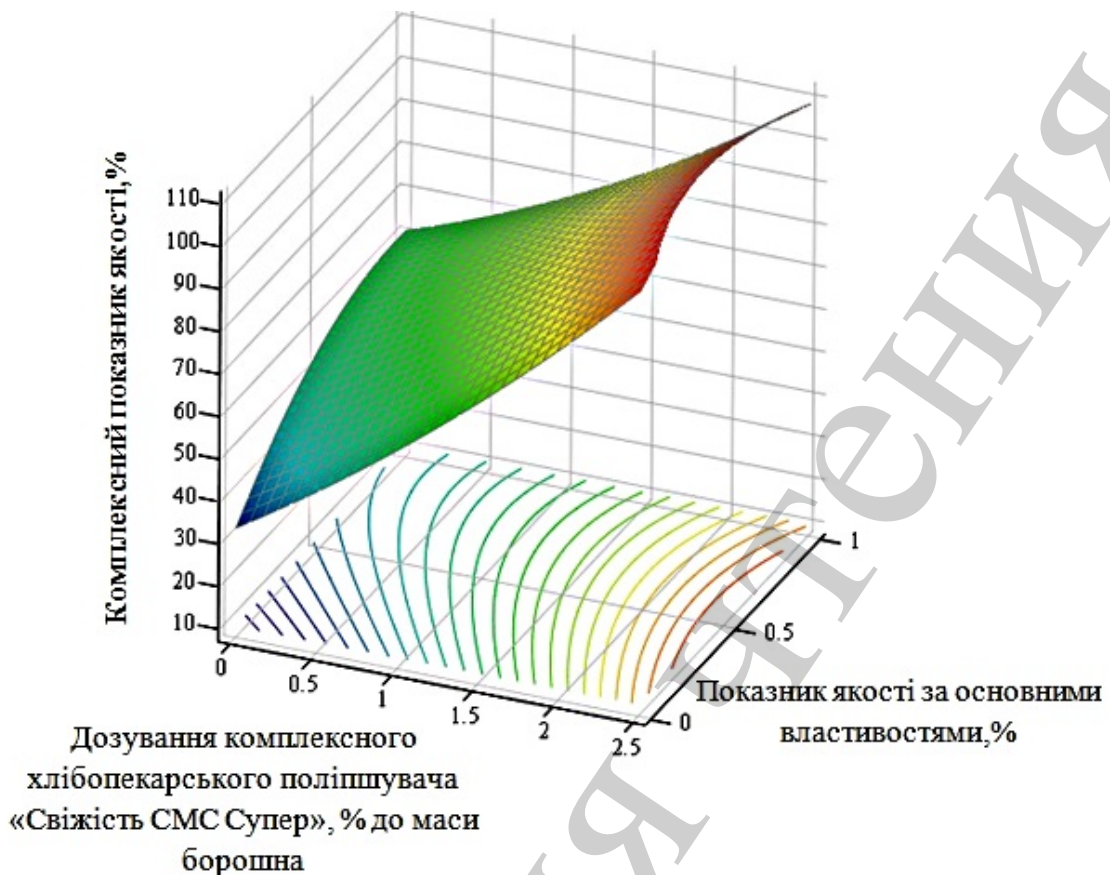
$$\hat{y}(x, b) = b_0 + \sum_{l=1}^n b_l x_l + \sum_{k=1}^n b_k x_k^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j$$

де  $x \in R^n$  – вектор змінних,  $b$  – вектор параметрів.

На рисунках 1-3 представлено, поверхні відгуку та їх контурні графіки, що описуються поліномами другого степеня. Контурні графіки являють собою сукупність ліній, кожна з яких відповідає однаковому значенню функції, що залежить від двох змінних (ізолінії).



**Рис. 2.** 3D графік залежності комплексного показника якості від дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» та хлібопекарських властивостей борошна для борошна середнього за силою



**Рис. 3.** 3D графік залежності комплексного показника якості від дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» та хлібопекарських властивостей борошна для борошна сильного за силою

З графіку, який наведено на рис. 2 встановлено, що оптимальне дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» – 1,5 % до маси борошна. Таке дозування є оптимальним, якщо борошно середнє за силою, має нормальну газоутворювальну здатність, а водопоглинальна здатність в межах 59–61 %.

Основним показником споживчих властивостей хлібобулочних виробів є їх свіжість.

Черствіння хліба в першу чергу пов'язане з процесами зміни стану крохмалю, який під час зберігання з аморфного стану переходить у кристалічний. Відбувається ретроградація крохмалю, яка пов'язана з агрегацією молекул амілопектину та амілози.

Важливу роль в цьому процесі відіграє старіння денатурованої у процесі випікання клейковини, яка віддає вологу і, як наслідок, знижується її гідратаційна здатність, що призводить до ущільнення структури м'якушки.

Із втратою свіжості відбуваються фізико-хімічні зміни м'якушки – зростає опір стисненню, знижується пружність. Тому тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її кришкуватість, набухання, загальну, пружну і

пластичну деформації через 4, 24, 48 і 72 години зберігання на пенетрометрі АП 4/1.

Хлібобулочні вироби готували прискореним способом без добавок і з доданням у тісто комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» в кількості 1,5 % до маси борошна. Визначення проводили через 4, 24, 48 та 72 год після випікання хлібобулочних виробів. Встановлено (табл. 4), що загальна деформація м'якушки виробів з поліпшувачів вища, ніж у контролі.

**Таблиця 4**

Зміна структурно-механічних властивостей м'якушки хліба з комплексним хлібопекарським поліпшувачем

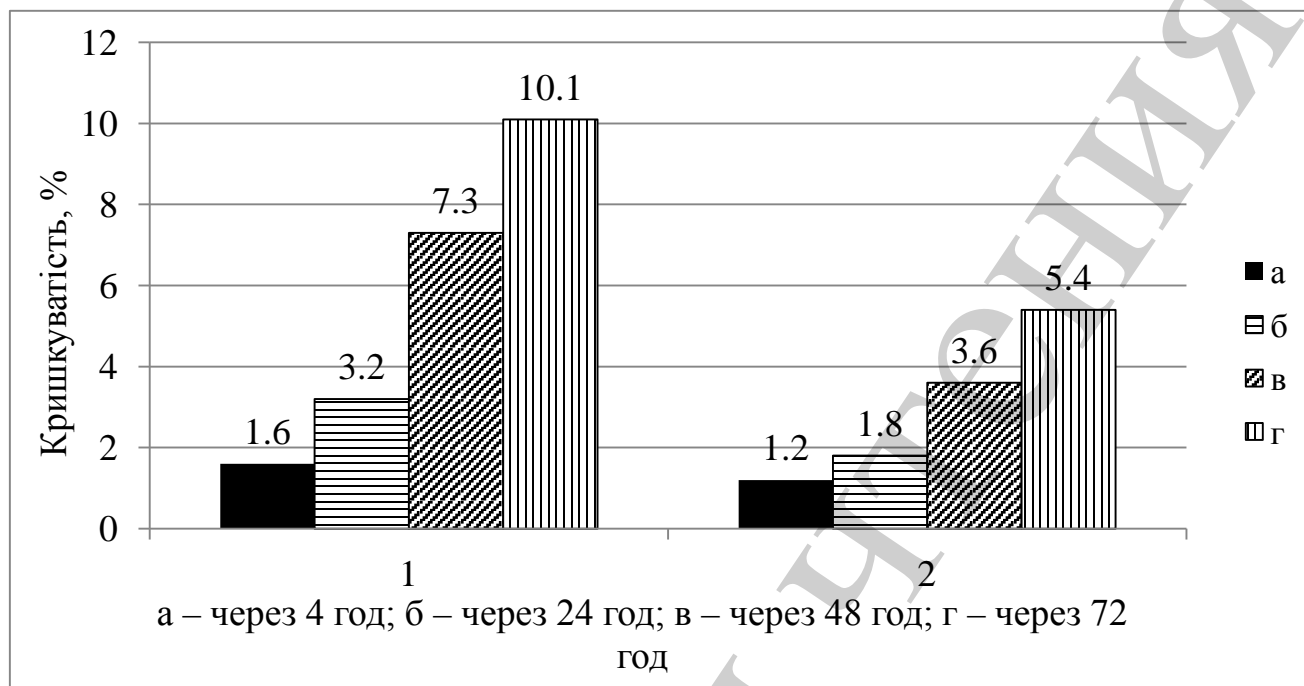
Показники	Контроль без добавок	Внесено 1,5 % до маси борошна комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер»
Деформація м'якушки, од. приладу через 4 години:		
загальна	72	77
через 24 години:		
загальна	50	61
ступінь збереження свіжості, %	69	79
через 72 годин:		
загальна	26	32
ступінь збереження свіжості, %	36	41

В процесі зберігання показники структурно-механічних властивостей м'якушки з комплексним хлібопекарським поліпшувачем знижувалися повільніше, ніж у контрольному. Так, через 24 і 72 год зберігання загальна деформація у контрольного зразка зменшилась на 22 і 36 % відповідно, тоді як зразків з комплексним хлібопекарським поліпшувачем – на 16 та 45 % відповідно.

Уповільнення черствіння хлібобулочних виробів у разі використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» пов'язано з покращанням пружно-еластичних властивостей м'якушки виробу та уповільненням ретроградації крохмалю. Це відбувається за рахунок використання в складі комплексного хлібопекарського поліпшувача вологоутримуючих добавок, а саме мальтодекстрину, карбоксиметилцелюлози та яблучного пектину, які під час зберігання віддають менше зв'язаної води, чим біополімери борошна. Використання мальтогенної  $\alpha$ -амілази призводить до накопичення більшої кількості декстринів, які в свою чергу уповільнюють процес ретроградації крохмалю та меншій віддачі ним зв'язаної осмитичної вологи.

У процесі зберігання змінюються фізико-механічні властивості м'якушки, стінки пор втрачають свою міцність, що супроводжується збільшенням кришкуватості м'якушки. Результати досліджень свідчать (рис. 4), що значення кришкуватості зменшується у разі використання комплексного

хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» порівняно з контролем – на 50–54 % за умови зберігання 24 та 48 год і на 57 % – 72 год.



**Рис. 4.** Кришкуватість %: 1 – контроль; 2 – комплексний хлібопекарський поліпшувач «Свіжість СМС Супер»

Отже, дослідження показали, що використання комплексного поліпшувача «Свіжість СМС Супер» є доцільним, оскільки всі показники тіста і хліба покращуються, і найголовніше – хліб «Молочна свіжість» зберігає свіжість протягом 72 годин.

## 7. SWOT-аналіз результатів досліджень

*Strengths.* Розроблено комплексний хлібопекарський поліпшувач «Свіжість СМС Супер» для подовження свіжості хліба з пшеничного борошна до 72 год зберігання не упакованими. Розроблено також графічні діаграми для визначення оптимального дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» у разі використання борошна з різними хлібопекарськими властивостями.

*Weaknesses.* Використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» зумовить підвищення вартості виробів.

*Opportunities.* Аналіз результатів досліджень свідчить про ефективність використання комплексного хлібопекарського поліпшувача в рецептурі пшеничного хліба та доцільність подальших досліджень щодо:

- поглиблення вивчення впливу комплексного хлібопекарського поліпшувача на процес черствіння хлібобулочних виробів;
- впливу комплексного хлібопекарського поліпшувача на процес інтенсифікації технологічного процесу;



– впливу комплексного хлібопекарського поліпшувача на мікробіологічні показники виробів під час зберігання.

Впровадження нового хліба «Молочна свіжість» на хлібопекарських підприємствах сприятиме розширенню асортименту виробів з подовженими терміном зберігання.

*Threats.* Зважаючи, на те, що мальтодекстрин виробляють у Польщі, аскорбінову кислоту у Китаї, а ферментний препарат у Данії є вірогідність коливання ціни на ці інгредієнти та вчасність їх поставок. Зазначені форс-мажорні обставини будуть основними факторами, які впливають на стабільність виготовлення комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер».

## 8. Висновки

1. На основі проведених досліджень розроблено комплексний хлібопекарський поліпшувач «Свіжість СМС Супер». За функціональну основу обрано суху молочну сироватку, збагачену Mn та Mg. Активна частина складається з: ферментного препарату Новаміл 1500 MG – 0,5; карбоксиметилцелюлози – 10,0; яблучного пектину – 1,0; мальтодекстрину – 2,0; лецитину – 6,0 та аскорбінової кислоти – 0,5 % до функціональної основи.

2. За допомогою симплекс-центроїдного плану Шеффе розроблено графічні моделі, за якими можна прогнозувати оптимальне дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» у разі використання борошна з різними хлібопекарськими поліпшувачами. Так, якщо борошно середнє за силою, має нормальну газоутворювальну та водопоглинальну здатність в межах 59–61 %, оптимальне дозування комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» становить 1,5 % до маси борошна.

3. Доведено, що внаслідок внесення комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість СМС Супер» подовжується збереження виробами свіжості. Про це свідчить зменшення кришкуватості м'якушки виробів та уповільнення змін структурно-механічних властивостей м'якушки під час зберігання.

## Література

1. Tyurina E. B. Rynok pishchevyh ingredientov dlya hlebopekarnoy promyshlennosti // Pishchevye ingredienty. Syr'e i dobavki. 2010. Issue 1. P. 19.

2. A study of the effect of enriched whey powder on the quality of a special-purpose bread / Ukrainets A. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 2, Issue 11 (80). P. 32–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65778>

3. Impact of Redox Agents on the Extractability of Gluten Proteins during Bread Making / Lagrain B. et. al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. Vol. 55, Issue 13. P. 5320–5325. doi: <https://doi.org/10.1021/jf070639n>

4. Smith E., Benbrook C., Davis D. R. A Closer Look at What's in Our Daily Bread. Grains: An In-depth Study. Part I – Your Daily Bread. The Organic Center, 2012. 17 p.

5. Joye I. J., Lagrain B., Delcour J. A. Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking – A review // Journal of Cereal Science. 2009. Vol. 50, Issue 1. P. 11–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.04.001>

6. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents / A. Imeson (Ed.). Wiley-Blackwell: Oxford, 2010. doi: <https://doi.org/10.1002/9781444314724>

7. Zyuz'ko A. S., Korostova E. V., Bondarenko V. I. Razrabotka kompleksnogo uluchshitelya dlya povysheniya kachestva hleba iz pshenichnoy muki // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya. 2011. Issue 4. P. 24–25.

8. Bread Staling: Updating the View / Fadda C. et. al. // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2014. Vol. 13, Issue 4. P. 473–492. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12064>

9. Effect of antimicrobial agents and dough conditioners on the shelf-life extension and quality of flat bread, as determined by near-infrared spectroscopy / Abu-Ghoush M. et. al. // International Journal of Food Science & Technology. 2008. Vol. 43, Issue 2. P. 365–372. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01625.x>

10. Korshenko L. Stabilization of wheat bread's quality with low baking properties // On-line Journal "Naukovedenie". 2014. Issue 6. doi: <https://doi.org/10.15862/115tvn614>

11. Obosnovanie ispol'zovaniya grechneвого soloda pri razrabotke kompozicii hlebopekarnogo uluchshitelya / Korshenko L. O. et. al. // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2014. Issue 1. P. 49–53.

12. Lazovenko I. A., Stenycheva N. V. Ispol'zovanie fermentnyh preparatov v sostave kompleksnogo uluchshitelya dlya sohraneniya svezhesti hleba // Trudy BGTU. Himiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya. 2015. Issue 4. P. 198–201.

13. Lebedenko T. Ye., Pshenyshniuk H. F., Sokolova N. Yu. Tekhnolohiya khlibopekarskoho vyrobnytstva. Praktykum: navch. pos. Odessa: «Osvita Ukrainy», 2014. 392 p.

14. Tekhnokhimichniy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv: navch. pos. / V. I. Drobot (Ed.). Kyiv: NUKhT, 2015. 902 p.

15. Pashchenko L. P., Zharkova I. M. Tekhnologiya hlebopekarnogo proizvodstva: ucheb. Saint Petersburg: Lan', 2014. 372 p