

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІСАХАРИДНИХ ТА БІЛКОВИХ ДОБАВОК НА В'ЯЗКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ТІСТА

Шаніна О. М., Гавриш Т. В., Галясний І. В., Мінченко С. М.

### 1. Вступ

Загальноновизнаним є підхід, за яким якість зерна і хліба залежить від кількості та якості клейковини білків. Також на якість впливає ступінь пошкодження крохмальних гранул та стан амілазного комплексу зерна. Останній зазвичай визначають за показником «число падіння» (ЧП). ЧП пшеничного борошна залежно від його якості може змінюватися в широких межах, але Державний стандарт для хлібопекарського пшеничного борошна встановлює його нижню межу як 160–185 с. Оптимальна якість хліба виходить при числі падіння борошна в діапазоні 200–400 с.

Показник ЧП має вирішальне значення для встановлення хлібопекарських властивостей житнього борошна, оскільки якість житнього хліба безпосередньо залежить від стану крохмалю в борошні та активності  $\alpha$ -амілази. Стосовно пшеничного борошна, то якщо активність амілази підвищена, то активність протеолітичних ферментів, що викликають руйнування клейковини, також буде високою.

Все вищевикладене є актуальним в першу чергу для хліба, в якому борошняна сировина містить глютен, тривалість тістоприготування є довготривалою, активність ферментного комплексу борошна є дуже вагомим чинником.

Хлібопекарські вироби, які відносяться до групи безглютенових харчових продуктів, в якості основного сировинного компонента містять борошно кукурудзяне, рисове, соєве, гречане. Крохмаль відповідного ботанічного походження є головним компонентом безглютенового тіста. На тлі відсутності клейковини як визначального технологічного чинника, що формує структуру тіста та готового виробу, роль функціонально-технологічної поведінки крохмалю суттєво зростає. За умов виключення процесу мікробіологічного бродіння в тісті значення показника атакуємості крохмальних зерен під дією амілолітичних ферментів, навпаки, помітно знижується.

При нагріванні, тобто на початковому етапі випікання, однією з важливих задач є забезпечення певного рівня в'язкості тіста і збереження наданого в механічний спосіб ступеня розпушення тіста. Це є вагомим аргументом для дослідження колоїдного стану крохмальних зерен (здатності до клейстеризації, визначення рівня в'язкості борошняних суспензій та тіста в цілому). Також важливим є дослідити вплив на ці показники застосованих добавок-структуроутворювачів.

Таким чином, процес приготування тіста для безглютенового хліба, зокрема з використанням рисового та/або кукурудзяного борошна, характеризується суттєвими відмінностями. При відсутності глютену слід вирішити конкретне технологічне завдання – забезпечити певні реологічні характеристики тіста і потрібний ступінь пористості хліба.

Якщо застосовувати дріжджовий спосіб розпушення, потрібно утримати вуглекислий газ під час короткочасного бродіння безглютенового тіста та на початковому етапі випікання. В разі механічного розпушення бездріжджового безглютенового тіста необхідно забезпечити пінну структуру тіста під час замісу та утримувати її на початковому етапі випікання.

Враховуючи підвищену в'язкість кукурудзяного та рисового борошна, корекція реологічних властивостей тіста за різного способу розпушення тіста має бути різноспрямованою. Вважаємо за доцільне певне зниження показника ЧП борошняної сировини безглютенового дріжджового тіста для поліпшення пружно-еластичних властивостей тіста і наближення їх до таких, що характеризують пшеничне дріжджове тісто. Показник ЧП безглютенового бездріжджового тіста може бути незначно підвищений, щоб забезпечити добру піноутворюючу здатність та стійкість піни.

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

В ході проведення досліджень *об'єктами у роботі* були наступні види борошна:

- рисове ( $B_{\text{рис}}$ ), кукурудзяне тонкого помелу ( $B_{\text{кук}}$ ), гречане ( $B_{\text{греч}}$ ), соргове ( $B_{\text{сорг}}$ ), просяне ( $B_{\text{прос}}$ ), вівсяне ( $B_{\text{вівс}}$ ) згідно діючої нормативної документації;
- борошняна суміш ( $B_{\text{рис}}:B_{\text{кук}}$  відповідно 70 %:30 %);
- борошняні суміші ( $B_{\text{сорг}}:B_{\text{кук}}$  відповідно 5, 10, 20 %:95, 90, 80 %);
- борошняні суміші ( $B_{\text{сорг}}:B_{\text{рис}}$  відповідно 5, 10, 20 %:95, 90, 80 %);
- водно-борошняні суспензії.

В якості матеріалів досліджень були застосовані наступні види рідкої фази:

- вода дистильована;
- молочна сироватка ТМ «Заречье»;
- кефір із вмістом жиру 1 % ТМ «Заречье».
- вода дистильована, молочна сироватка, кефір із вмістом жиру 1 % за умов додавання 0,5 % КМЦ.

Гідротермічні властивості водно-борошняних суспензій визначали на приладі для визначення числа падіння «FN 1700» (Швеція) та амілографі «Brabender» (Німеччина).

Вважаємо, що у виробництві безглютенового бездріжджового тіста технологічна концепція полягає в наступному. По-перше, необхідно забезпечити максимальну піноутворюючу здатність рецептурної суміші, по-друге – максимальну стійкість такої піни протягом нетривалої обробки тіста (розміщення тіста у форми) та на початковому етапі випікання.

Наразі відсутнє чітке пояснення причини стійкості пінних структур. Дослідники, що займалися цим питанням [1], в якості основної причини брали різні чинники:

- стійкість пінних плівок пояснюється підвищенням поверхневого натягу в місці розтягнення;
- стійкість пінних плівок пояснюється утворенням в них структури;

- стабільність пін пов'язана з розклинюючим тиском в тонких рідких шарах;
- в пінних плівках в'язкість рідини дуже висока, а це сильно уповільнює і практично зупиняє їх потоншення.

Агрегативна стійкість пін пов'язана з їх здатністю зберігати постійний дисперсний склад. Кінетична стійкість пов'язана з витіканням рідини з пінних плівок і каналів Плато-Гіббса. В даний час загально визнано, що поверхнева в'язкість не може бути визначальним фактором стабільності пін, хоча встановлена кореляція між цими властивостями. В'язкість адсорбційного шару і плівки в цілому різко підвищується при додаванні в розчин поверхнево-активних речовин незначних кількостей (тисячних часток відсотка) стабілізатора. Введення поверхнево-активних речовин має в цілому збільшувати здатність рідини до піноутворення. Утворенню стійких пін сприяють збільшення в'язкості рідини, зменшення її летючості, а також механічна міцність піни, яка залежить від явища поверхневої орієнтації молекул [2].

Узагальнюючи вищевикладене, можна стверджувати, що для поліпшення пористої структури безглютенового бездріжджового хліба необхідними є дослідження впливу гідроколоїдів на реологічні властивості водно-борошняних суспензій.

### **3. Мета та задачі дослідження**

*Метою дослідження є визначення впливу різних видів безглютенової борошняної сировини та карбоксиметілцелюлози на реологічні властивості модельних водно-борошняних суспензій з використанням різних рідких фаз.*

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Визначити показник ЧП для різних видів борошна та борошняної суміші ( $B_{\text{рис}}:B_{\text{кук}}$  відповідно 70 %:30 %).
2. Встановити залежність даного показника від застосування різних рідких фаз за умов додавання 0,5 % КМЦ та без нього.
3. Визначити в'язкість водно-борошняних суспензій на основі кукурудзяного та рисового борошна як окремо, так і за умов заміни їх частки борошном із сорго у кількості 5, 10, 20 % відповідно.

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

Відомо, що в рецептурі безглютенового хліба залучають різні види борошна, а саме: рисове, кукурудзяне, соргове, кіноа, амарантове, гречане, соєве [2]. Ці види борошна розрізняються кількістю білка, характеристиками крохмалю (співвідношенням амілози і амілопектину), розподілом часток за розмірами. Встановлено, що сорт кукурудзи або процес подрібнення впливають на фізико-хімічні і сенсорні властивості хліба [3]. Щодо рисового борошна, низький вміст амілози призводить до покращення структури хліба, але воскові сорти (близько 0 % амілози) не підходять самі по собі для безглютенового хліба [4].

Одна з груп добавок, які задовольняють потребу у формуванні в'язко-пружних властивостей тіста для утримання газу під час процесу тістоведення та в печі під час підйому хліба, – це гідроколоїди [5].

Гідроколоїди здатні контролювати реологію водної фази та стабілізувати структуру емульсій, пін, суспензій та багатофазних систем [6]. Гідроколоїди є водорозчинними полісахаридами з різною хімічною структурою, яка залежить від типу і забезпечує широкий діапазон техніко-функціональних властивостей. Вони широко використовуються в якості структуруючих агентів для імітації в'язко-пружних властивостей клейковини.

Гідроколоїди збільшують об'єм тіста, стабілізують його пінну структуру за рахунок збільшення в'язкості, флокуляції та коалесценції. Гідроколоїди також запобігають впливу водної фази на пінну структуру, покращуючи стійкість рідини в плівках, що оточують пухирці газу [7].

Як правило, нейтральні гідроколоїди менш розчинні, в той час як поліелектроліти мають більшу розчинність. Проте, динаміка гідратації залежить від багатьох інших чинників. Карбоксиметілцелюлоза (КМЦ), гуарова і ксантанова камеді мають властивість розчинятись у холодній воді. Карагенан, камедь ріжкового дерева і значна кількість альгінатів потребують гарячої води для ефектної гідратації. Вода утримується у міжмолекулярних і внутрішньо-молекулярних порожнинах та через утворення водневих зв'язків. Ця взаємодія зумовлена водневими зв'язками, тому залежить від температури і тиску, так само, як і формування кластерів води [8].

Гідроколоїди і загусники в основному використовуються в безглютеновому хлібі з різних причин, в тому числі для драглеутворення, загущення і розвитку структури [2]. Вони знаходяться у вигляді полісахаридів і/або білків, що походять з різних джерел насіння, плодів; рослинні екстракти, морські водорості і мікроорганізми [9]. Серед крохмалів, традиційно найбільш використовуваних для заміни глютену, слід відзначити, в першу чергу, кукурудзяний і картопляний крохмаль, через їх функціональні характеристики, ціну і доступність. Також застосовують такі зернові крохмалі, як рисовий і сорговий [10].

Встановлено ефективний вплив ксантану, гуару, камеді плодів ріжкового дерева, агару, метілцелюлози (МЦ), КМЦ та гідроксипропілметілцелюлози (ГПМЦ) на пористість безглютенового хліба. Ефективний вплив на пористість також здійснюють суміші гідроколоїдів: ксантан та гуар; ксантан та камедь ріжкового дерева [11]. За ефективністю впливу на еластичність і стійкість до деформації рецептур безглютенового тіста, гідроколоїди утворюють порядок «ксантанова камедь > КМЦ > пектин > агароза» [12]. Доведено взаємодію між ГПМЦ (2–4 г/100 г борошна) і рисовим борошном, яка позитивно впливає на реологічні властивості безглютенового хліба [13]. Але за підвищення рівня гідратації тіста, вплив гідроколоїдів на реологію тіста зменшується. Добру сумісну дію на в'язко-пружні властивості безглютенового тіста демонструє комбінація КМЦ і ГПМЦ [14].

Загалом, в останні роки кількість публікацій у наукових виданнях з питань виробництва безглютенових хлібопекарських виробів стрімко зростає [15]:

- від 10 робіт на рік у 2000-2006 роках;
- від 50 до 70 робіт на рік у 2010-2014 роках;
- до 100 робіт на рік у 2015 році.

Дослідники пропонують різноманітні підходи до вирішення цих питань, а саме, використовувати:

- різні види безглютенового борошна (рисове, кукурудзяне, соргове, соєве, гречане);
- крохмалі (кукурудзяний, картопляний, маниоковий, рисовий, з бобових);
- молочні інгредієнти (казеїнати, сухе знежирене молоко, сухе молоко, сироватка);
- гідроколоїди (гуарова і ксантанова камеді, альгінат, карагінан, ГПМЦ, КМЦ);
- емульгатори та інше.

Власне гідроколоїди використовуються в якості структуруючих агентів, що імітують клейковину та в'язко-пружні властивості безглютенового хліба.

Однак, наукових даних стосовно впливу гідроколоїдів на формування якості безглютенового бездріжджового хліба загалом та на реологічні властивості тістових мас у сучасних інформаційних джерелах не було знайдено. Переважна більшість робіт присвячена актуальним питанням виробництва безглютенового хліба з використанням дріжджів в якості розпушувачів тіста. Інакше кажучи, реологічні властивості таких тістових мас повинні забезпечувати максимальне збереження пухирців газу протягом тривалого бродіння, а також на першому етапі випікання.

## **5. Методи досліджень**

Показник «число падіння» борошна визначали методом Хагберга-Пертена за ГОСТ 30498-97. Сутність методу полягає у визначенні загального часу, з моменту занурення віскозиметричної пробірки в киплячу воду, необхідного для перемішування суспензії шток-мішалкою та для вільного падіння її через цю суспензію із рідкої фази та борошна.

Показник в'язкості для водно-борошняних суспензій на основі рисового та кукурудзяного борошна з додаванням соргового борошна визначали за ДСТУ 4235:2003. Метод заснований на оцінці в'язкості суспензії в ході її клейстеризації при нагріванні з застосуванням амілографа з метою виявлення впливу амілолітичних ферментів і властивостей крохмалю борошна на процес клейстеризації.

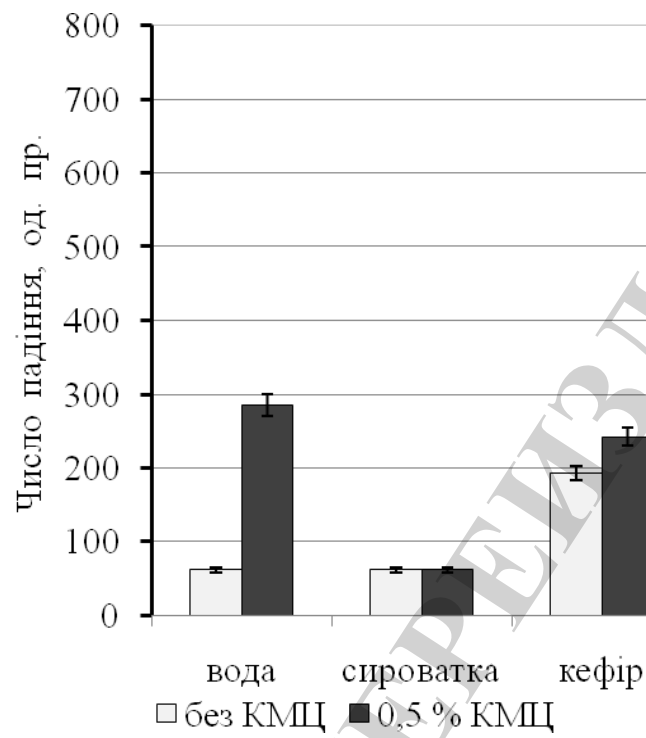
Обробку отриманих експериментальних даних здійснювали з використанням пакету прикладних програм MS Office Excel (США).

## **6. Результати досліджень**

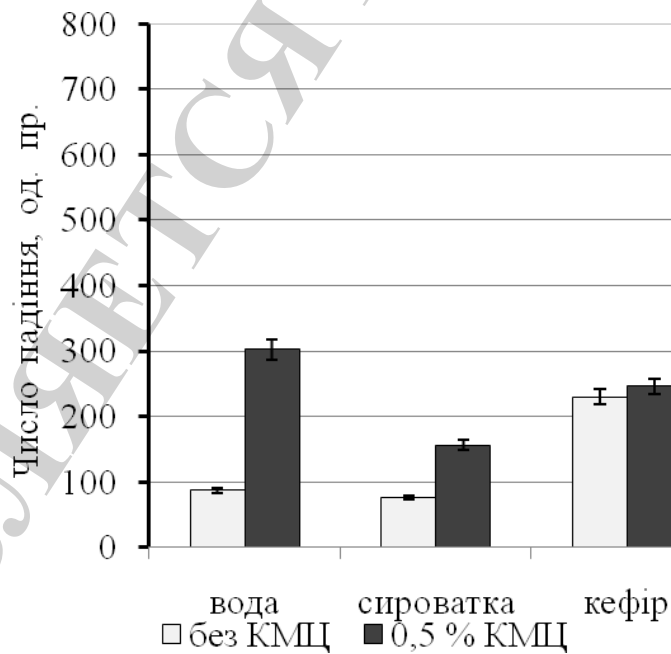
На першому етапі проводили дослідження ЧП різних видів борошна та залежність даного показника від рідкої фази та вмісту КМЦ. Встановлено, що використання різних видів борошна суттєво впливає на досліджуваний показник (рис. 1, 2). Найнижчі значення ЧП відмічено для соргового борошна (в межах 60–65 од. пр. – рис. 1, в) незалежно від виду рідкої фази та присутності КМЦ.

Щодо гречаного та вівсяного борошна, то застосування кефіру призвело до суттєвого зростання показника ЧП – від 60–85 од. пр. до 200–230 од. пр. (рис. 1, а, б). Можна припустити, що суттєве зростання в'язкості системи пов'я-

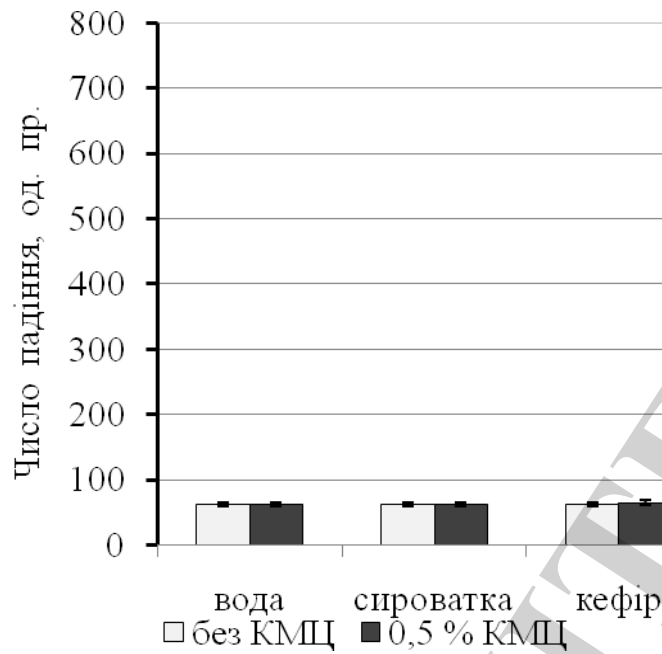
зано з білок-білковими взаємодіями між білками тваринного та рослинного походження. Такі взаємодії переважали, оскільки додавання гідроколоїда (КМЦ) кардинально не збільшує показник ЧП.



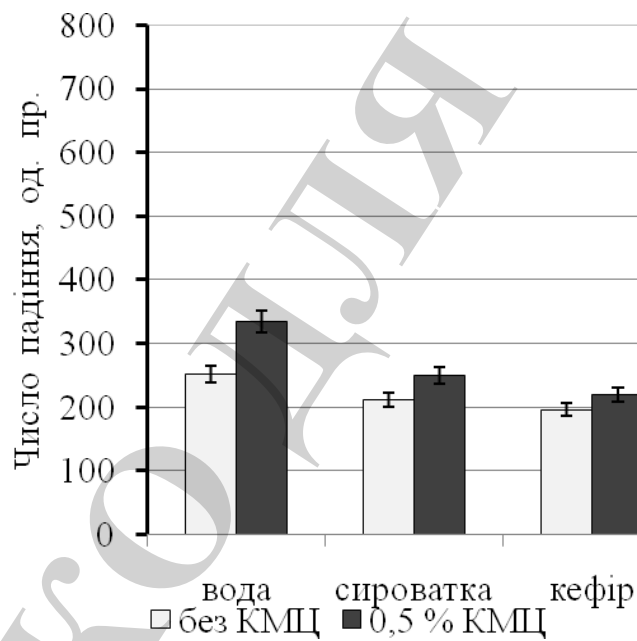
*а*



*б*

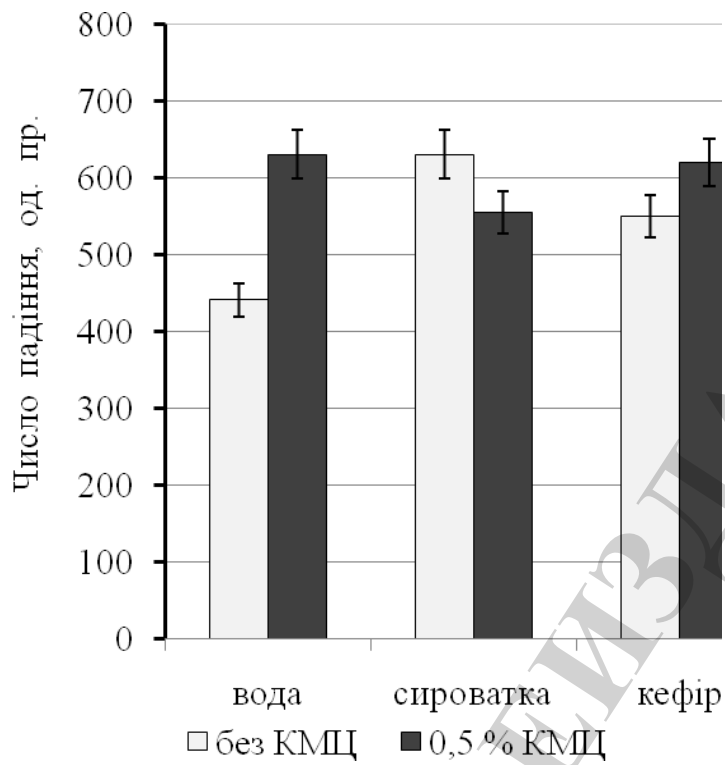


а

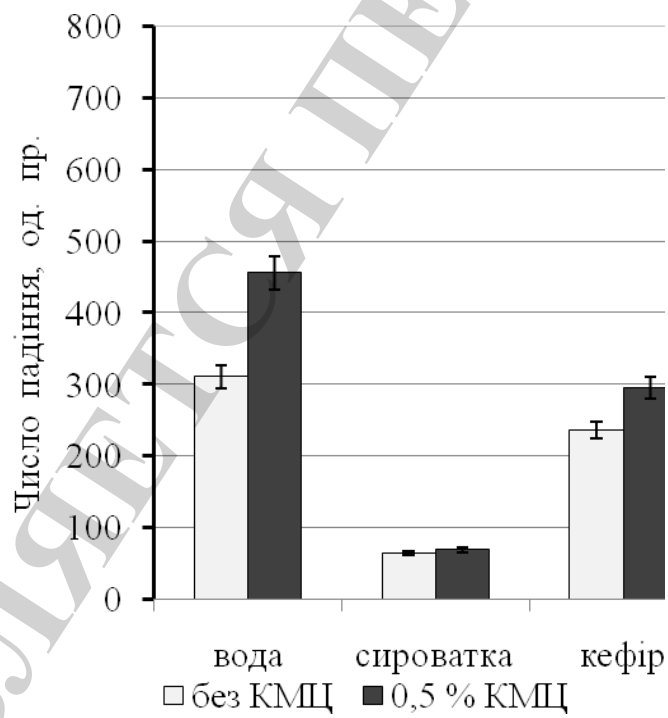


б

**Рис. 1.** Показник «число падіння» водно-борошняних суспензій на основі різних видів борошна: *а* – борошно гречане; *б* – борошно вівсяне; *в* – борошно соргове; *г* – борошно просяне та рідкої фази: води, сироватки, кефіру за умов додавання 0,5 % КМЦ

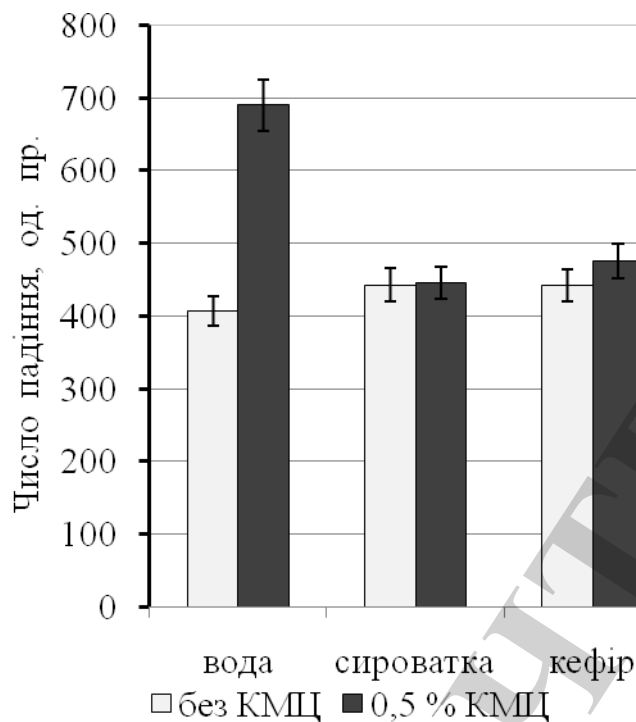


*a*



*б*





в

**Рис. 2.** Показник «число падіння» водно-борошняних суспензій на основі різних видів борошна: *а* – борошно рисове; *б* – борошно кукурудзяне; *в* – борошняна суміш  $B_{\text{рис}}:B_{\text{кук}}$  відповідно 70 %:30 % та рідкої фази: води, сироватки, кефіру за умов додавання 0,5 % КМЦ

Додавання водних розчинів КМЦ до цих видів борошна, очевидно, призводило до зростання ступеню гідратації високомолекулярних речовин; показник ЧП зростав приблизно у 5 разів – до 300 од. пр. Також, не можна виключати виникнення білок-полісахаридних взаємодій, хоча це потребує більш детальних досліджень.

Водно-борошняні суспензії на основі просяного борошна та різних видів рідкої фази характеризувалися показником ЧП в межах 200–250 од. пр. Додавання КМЦ незначно його підвищувало – найбільшою мірою, якщо в якості рідкої фази була вода, тобто за відсутності білків тваринного походження.

В якості застосування борошна рисового, в'язкість систем стрімко зростала – від 440 од. пр. у контрольного зразка (вода) до 550–630 од. пр. (кефір, сироватка) (рис. 2, *а*). Це погоджується з існуючою оцінкою рисового борошна як вискоєфективної сировини для безглютенового хліба з урахуванням якості готового продукту. Додавання КМЦ сприяло подальшому підвищенню досліджуваного показника.

Значення зразка на основі кукурудзяного борошна (рис. 2, *б*) були нижчими порівняно з рисовим борошном. Показники ЧП зразка на основі суміші « $B_{\text{рис}}:B_{\text{кук}}$  відповідно 70 %:30 %» (рис. 2, *в*) мали проміжні значення порівняно з вказаними видами борошна. Проте, особливо значне і найбільше зростання ЧП встановлено для зразка на основі борошняної суміші за додавання 0,5 %-водного розчину

КМЦ – майже до 700 од. пр. Ці дані добре узгоджуються з результатами пробних лабораторних випікань досліджуваних зразків хліба. Добрі результати виявлено для хліба з різної борошняної сировини в присутності 0,5 % КМЦ, в тому числі найкращі – на основі рисово-кукурудзяної борошняної суміші.

На наступному етапі досліджень визначали вплив соргового борошна на в'язкість водно-борошняних суспензій на основі рисового та кукурудзяного борошна. Як відомо, борошно сорго широко застосовується у виробництві оздоровчих продуктів харчування внаслідок високого вмісту незамінних амінокислот. Однак використання його у складі борошняних сумішей для виробництва безглютенового хліба з метою регулювання структурно-механічних властивостей кінцевого продукту потребує більш детального вивчення.

Дослідження в'язкості водно-борошняних суспензій проводили при внесенні соргового борошна в кількості 5, 10 та 20 % окремо до маси борошна рисового та кукурудзяного. В якості контролю використовували борошно кукурудзяне та рисове без добавок. Результати експериментів представлені в табл. 1, 2.

**Таблиця 1**

Вплив соргового борошна на властивості крохмалю кукурудзяного борошна

Зразки тіста	Масова частка добавки, %	Значення показників			
		Час початку клейстеризації крохмалю, хв	Час кінця клейстеризації крохмалю, хв	Максимальна в'язкість суспензії, од. а.	Температура суспензії при максимальній в'язкості, °С
Б <sub>кук</sub>		27	45	720	95
Б <sub>сорг</sub>	5	29	44	680	94
	10	30	40	660	93
	20	31	42	660	90

Аналіз амілограм показав, що внесення в кукурудзяне тісто соргового борошна в кількості 5,0...20,0 % збільшує час початку клейстеризації на 7,4...14,8 %, і зменшує час кінця клейстеризації крохмалю на 2,2...6,6 %.

Показник максимальної в'язкості суспензії при додаванні соргового борошна знижується на 5,5... 8,3 %. Це можна пояснити зниженою кількістю крохмалю в зразках з добавками за рахунок заміни частини кукурудзяного борошна на соргове. Температура суспензії при максимальній в'язкості зменшується від 1,1 до 5,3 %.

Аналогічні дослідження були проведені на водно-борошняних суспензіях на основі рисового борошна (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив соргового борошна на властивості крохмалю рисового борошна

Зразки тіста	Масова частка добавки, %	Значення показників			
		Час початку клейстеризації крохмалю, хв	Час кінця клейстеризації крохмалю, хв	Максимальна в'язкість суспензії, од. а.	Температура суспензії при максимальній в'язкості, °С
Б <sub>рис</sub>		32	47	760	93
Б <sub>сорг</sub>	5	30	45	500	92
	10	30	43	480	91
	20	31	39	400	89

Результати дослідження сумішей рисового борошна з сорговим показують схожу тенденцію. При внесенні соргового борошна в кількості від 5,0 до 20,0 % також збільшується час початку клейстеризації на 3,1...6,25 %, і зменшується час кінця клейстеризації крохмалю на 4,25...17 %.

Максимальна в'язкість суспензії знижується більш суттєво, а саме на 34,2...47,3 % відповідно при внесенні від 5 до 20 % соргового борошна. Можливо така тенденція спричинена тим, що в складі соргового борошна значну частину займають харчові волокна, що здатні поглинати суттєво меншу кількість вологи.

Крім того, варто відзначити, що зниження температури при максимальній в'язкості може бути передумовою до уповільнення процесу черствіння готових виробів, оскільки існує думка про те, що зниження температури клейстеризації може сприяти уповільненню процесу ретроградації крохмалю [16].

## 7. SWOT-аналіз результатів дослідження

*Strengths.* Серед сильних сторін даного дослідження необхідно відмітити те, що отримані дані вказують на позитивний вплив гідроколідів та борошняних добавок на вуглеводно-амілазний комплекс безглютенового тіста. Внесення КМЦ сприяє збільшенню показника ЧП водно-борошняних суспензій, що вказує на утворення більш стійких систем для поліпшення пористої структури безглютенового бездріжджового хліба. Крім того, внесення борошняних добавок (соргового борошна) дозволяє скоректувати час початку та кінця клейстеризації крохмалю у водно-борошняних суспензіях для безглютенового дріжджового хліба, що призводить до подовження терміну зберігання продукту.

*Weaknesses.* Слабкі сторони даного дослідження пов'язані з одночасним використанням декількох рецептурних компонентів та забезпеченням безперервного збивання тіста для отримання пористої структури безглютенового хліба. Це може призвести до незначного підвищення собівартості продукції, оскільки

виробництво безглютенової продукції передбачає залучення додаткового технологічного обладнання.

*Opportunities.* Як відомо, у процесі зв'язування вологи у тісті беруть участь не лише полісахариди, але і білки. Тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на встановлення білок-полісахаридних взаємозв'язків між гідроколюдами та білками борошна.

В розвиток цього напрямку досліджень необхідно визначити вплив КМЦ, рідкої фази тіста на гідротермічні властивості крохмалів різної борошняної сировини та в'язкість хлібного тіста. Розуміння закономірностей білок-полісахаридних взаємодій сприятиме стабілізації якості безглютенового хліба, скорочення часу технологічного процесу виробництва, а також розширенню асортименту продукції підприємства.

*Threats.* Складнощі у впровадженні отриманих результатів можуть бути пов'язані з тим, що підприємства в основному орієнтовані на виробництво хлібопекарської продукції для масового споживання з пшеничного борошна, що містить глютен. Наявність глютену, а також його залишків у безглютеновому хлібі, не допускається. Тому виробникам для виробництва безглютенової продукції необхідно застосовувати окреме технологічне обладнання (лінії), що тягне за собою додаткові економічні витрати.

## 8. Висновки

1. Визначено, що використання різних видів борошна та борошняної суміші суттєво впливає на показник ЧП. Так, найнижчі значення ЧП відмічено для соргового борошна (в межах 60–65 од. пр.) незалежно від виду рідкої фази, найвищі – для рисового (в межах від 440 од. пр. у контрольного зразка на воді до 550–630 од. пр. у зразках на кефірі та сироватці).

2. Встановлено, що додавання розчинів КМЦ до різних видів борошна, окрім соргового, призводило до зростання ступеню гідратації високомолекулярних речовин. Показник ЧП зростав в порівнянні із контрольними зразками. Особливо значне і найбільше зростання ЧП встановлено для зразка на основі борошняної суміші (Б<sub>рис</sub>:Б<sub>кук</sub> відповідно 70 %:30 %) за додавання 0,5 %-водного розчину КМЦ – майже до 700 од. пр.

3. Доведено, що показник максимальної в'язкості суспензії при додаванні 5...20 % соргового борошна до кукурудзяного знижується на 5,5...8,3 % у порівнянні з контролем. Максимальна в'язкість суспензії при внесенні 5...20 % соргового борошна до рисового знижується більш суттєво, а саме на 34,2...47,3 % у порівнянні з контролем. Можливо така тенденція спричинена тим, що в складі соргового борошна значну частину займають харчові волокна, що здатні поглинати суттєво меншу кількість вологи.

Таким чином, експериментальними дослідженнями підтверджено обґрунтованість і доцільність застосування в рецептурі безглютенового бездріжджового хлібного тіста водних розчинів КМЦ як потенційного розпушувача структури тіста. Це пов'язано, у тому числі, із суттєвим зростанням в'язкості тіста в присутності цього рецептурного компоненту.

Крім того, доцільно використовувати борошняні суміші на основі рисового та кукурудзяного борошна з борошном сорго для виробництва безглютенового хліба. Це позитивно впливає на процес клейстеризації крохмалю та уповільнює черствіння готових виробів.

### Література

1. Ivanov, I. B. Kolloidy [Text] / I. B. Ivanov, D. N. Platikanov; ed. by D. A. Fridrikhsberg. – Leningrad: Khimiya, 1975. – 152 p.
2. Aguilar, N. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread [Text] / N. Aguilar, E. Albanell, B. Minarro, M. Capellas // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 62, № 1. – P. 225–232. doi:10.1016/j.lwt.2014.12.045
3. Brites, C. Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality [Text] / C. Brites, M. J. Trigo, C. Santos, C. Collar, C. M. Rosell // Food and Bioprocess Technology. – 2010. – Vol. 3, № 5. – P. 707–715. doi:10.1007/s11947-008-0108-4
4. Cornejo, F. Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality [Text] / F. Cornejo, C. M. Rosell // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 62, № 2. – P. 1203–1210. doi:10.1016/j.lwt.2015.01.050
5. Mir, S. A. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads [Text] / S. A. Mir, M. A. Shah, H. R. Naik, I. A. Zargar // Trends in Food Science & Technology. – 2016. – Vol. 51. – P. 49–57. doi:10.1016/j.tifs.2016.03.005
6. Li, J.-M. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods [Text] / J.-M. Li, S.-P. Nie // Food Hydrocolloids. – 2016. – Vol. 53. – P. 46–61. doi:10.1016/j.foodhyd.2015.01.035
7. Dickinson, E. Food emulsions and foams: Stabilization by particles [Text] / E. Dickinson // Current Opinion in Colloid & Interface Science. – 2010. – Vol. 15, № 1-2. – P. 40–49. doi:10.1016/j.cocis.2009.11.001
8. Anton, A. A. Hydrocolloids in gluten-free breads: a review [Text] / A. A. Anton, S. D. Artfield // International Journal of Food Science and Nutrition. – 2007. – Vol. 59, № 1. – P. 11–23. doi:10.1080/09637480701625630
9. Lamacchia, C. Cereal-Based Gluten-Free Food: How to Reconcile Nutritional and Technological Properties of Wheat Proteins with Safety for Celiac Disease Patients [Text] / C. Lamacchia, A. Camarca, S. Picascia, A. Di Luccia, C. Gianfrani // Nutrients. – 2014. – Vol. 6, № 2. – P. 575–590. doi:10.3390/nu6020575
10. Mollakhalili Meybodi, N. Effect of dispersed phase volume fraction on physical stability of oil-in-water emulsion in the presence of gum tragacanth [Text] / N. Mollakhalili Meybodi, M. A. Mohammadifar, K. H. Abdolmaleki // Journal of Food Quality and Hazards Control. – 2014. – Vol. 1, № 4. – P. 102–107.
11. Demirkesen, I. Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography [Text] / I. Demirkesen, S. Kelkar, O. H. Campanella, G. Sumnu, S. Sahin, M. Okos // Food Hydrocolloids. – 2014. – Vol. 36. – P. 37–44. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.09.002

12. Lazaridou, A. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations [Text] / A. Lazaridou, D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc, C. G. Biliaderis // Journal of Food Engineering. – 2007. – Vol. 79, № 3. – P. 1033–1047. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032
13. Mancebo, C. M. Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water [Text] / C. M. Mancebo, M. A. San Miguel, M. M. Martinez, M. Gomez // Journal of Cereal Science. – 2015. – Vol. 61. – P. 8–15. doi:10.1016/j.jcs.2014.10.005
14. Cato, L. Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums [Text] / L. Cato, J. J. Gan, L. G. B. Rafael, D. M. Small // Food Australia. – 2004. – Vol. 56, № 3. – P. 75–78.
15. Masure, H. G. Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research [Text] / H. G. Masure, E. Fierens, J. A. Delcour // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 67. – P. 92–111. doi:10.1016/j.jcs.2015.09.009
16. Limpisut, P. Comparison of Rice Flour Pasting Properties using Brabender Viscoamylograph and Rapid Visco Analyser for Evaluating Cooked Rice Texture [Text] / P. Limpisut, V. K. Jindal // Starch-Stärke. – 2002. – Vol. 54, № 8. – P. 350–357. doi:10.1002/1521-379x(200208)54:8%3C350::aid-star350%3E3.0.co;2-r