

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПІНОПОДІБНОЇ СТРУКТУРИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БЕЗДРІЖДЖОВОГО ТІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОКОЛОЇДІВ ТА КОНЦЕНТРАТІВ ТВАРИННИХ БІЛКІВ

*І. В. Галясний, аспір.,*

*Т. В. Гавриш, к.т.н., доц., зав. кафедри,*

*О. М. Шаніна, д.т.н., проф.,*

*Кафедра технологій переробних та харчових виробництв,*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка*

*В технології безглютенових хлібобулочних виробів основною проблемою створення якісної продукції є відсутність у борошняній сировині глютену. Це стає серйозним технологічним викликом і вимагає вирішення низки технологічних питань.*

*Статтю присвячено дослідженню впливу гідроколоїдів та концентратів тваринних білків на формування піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста. Вивчено піноутворювальну здатність та стійкість піни модельних систем на основі яєчного білка за додавання карбоксиметилцелюлози натрієвої солі (КМЦ) та концентрату тваринного білка (Геліос-11) та визначено кількісну оцінку якості піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста з використанням поліпшувачих добавок.*

*Встановлено, що запропоновані добавки в кількостях 0,5...1,0% Геліос-11 та 0,5%-вий розчин КМЦ зумовлюють 100% стійкість піни яєчного білка. При цьому піноутворювальна здатність зростає тільки за додавання Геліос-11 в кількості до 1,0% та знижується за вищої кількості Геліос-11 або в присутності КМЦ. Це можна пояснити підвищенням густоти маси для збивання та здатністю обох добавок загущувати розчини.*

*В присутності добавок пінна структура тіста змінюється. Майже в 4 рази зменшується кількість великих пор (0,7...1,5 мм) та суттєво зростає кількість дрібних і дуже дрібних пор (0,1...0,5 мм).*

**Ключові слова:** *целиакія, безглютенове тісто, концентрат тваринного білка, карбоксиметилцелюлози натрієва сіль, пінна структура*

## RESEARCH OF FOAM-LIKE STRUCTURE OF GLUTEN-FREE NON-YEAST DOUGH WITH USE OF HYDROCOLLOIDS AND CONCENTRATES OF ANIMAL PROTEINS

*I. Haliasnyi, Postgraduate,*

*T. Gavrish, Ph.D., Technics, Associate Professor, Head of Department,*

*O. Shanina, D-r of Sciences, Technics, Professor,*

*Department of Processing and Food Technologies,*

*Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*

*The main problem of creating quality production in the technology of gluten-free bakery products is the lack of gluten in flour raw materials. This becomes a serious technological challenge and requires the solution of numerous technological issues.*

*The article is devoted to investigation of effect of hydrocolloids and concentrates of animal proteins on formation of foam-like structure of gluten-free non-yeast dough. The foam-forming ability and foam stability of model systems based on egg protein were studied by adding sodium carboxymethylcellulose (CMC) and concentrate of animal protein (Helios-11). The quantitative estimation of quality of foam-like structure of gluten-free non-yeast dough with use of improving additives is determined.*

*It has been established that the proposed additives in amounts of 0.5...1.0% Helios-11 and 0.5% CMC solution cause 100% resistance of egg foam. In this case, the foaming capacity increases only with the addition of Helios-11 in an amount up to 1.0% and reduced by the higher*

*amount of Helios-11 or in the presence of CMC. This can be explained by an increase of density of the mass for whipping and the ability of both additives to thicken the solutions.*

*In the presence of additives, foamy texture of dough is changed. The number of large pores (0.7-1.5 mm) decreases in almost 4 times, and the number of small and very small pores (0.1 ... 0.5 mm) increases significantly.*

**Key words:** *celiac disease, gluten-free dough, concentrate of animal protein, carboxymethylcellulose sodium salt, foamy structure*

У світі постійно зростає попит на безглютенові продукти харчування. На жаль, основний рушій попиту на подібні продукти – не тільки мода, а й поширення специфічного захворювання – целиакії, а також низки інших захворювань (аутизм, тощо), виникнення яких викликає глютен. Частку хворих на целиацію в Україні оцінюють в 1%, а в Західній Європі – в 2% і більше. Крім того, в цивілізованих країнах у значної частини населення спостерігається непереносимість глютену – від 0,6 до 7% залежно від країни, а в Австралії їх частка досягає 15%. [1]. Основним способом профілактики даного захворювання є суворе дотримання безглютенової дієти, тобто виключення з раціону харчування клейковинних білків, що містяться в насінні злакових рослин (пшениця, ячмінь, жито)

Асортимент безглютенових борошняних виробів на ринку України формується, в основному, за рахунок імпортової продукції, яка має досить високу вартість. Крім того, більшість доступних в країні безглютенових продуктів є борошняними кондитерськими виробами або сумішами для випічки в домашніх умовах. Зрозуміло, що приготування низки харчових продуктів з виключенням глютену є в першу чергу дієтичним аспектом. Але у виробництві безглютенових хлібобулочних виробів відсутність глютену стає серйозним технологічним викликом і вимагає вирішення низки технологічних питань.

Протягом останніх десятиліть було проведено багато досліджень з метою поліпшення якості безглютенового хліба та його поживних властивостей. Проте, й досі залишаються проблеми розробки безглютенового хліба з задовільною структурою, термінами придатності та вартістю [2].

З огляду на вищесказане, зрозумілою стає нагальна необхідність розробки рецептур і технологій виробництва борошняних безглютенових виробів, що мають достатню якість і прийнятну ціну.

Дослідження науковців та фахівців світової харчової галузі спрямовані на пошук безглютенових основних та допоміжних сировинних інгредієнтів – гідроколоїдів, білкових компонентів, крохмалів, псевдозернової сировини та ін. [3, 4], а також на розробку технологічних підходів, що передбачають використання ферментів, застосування високого тиску, проведення гідротермічної обробки, екструдуювання та пророщування зернової та борошняної сировини, заквашування тіста та ін.

В технології безглютенових виробів основною проблемою створення високоякісної хлібобулочної продукції залишається відсутність у борошняній сировині єдиного унікального структуроутворювача – глютену. Через це газоутворювальна здатність тіста суттєво погіршується, особливо протягом тривалого бродіння.

Не зважаючи на достатню активність дріжджів в безглютеновому тісті, ефективність такого способу розпушення тіста є дуже низькою. Всі технологічні зусилля при цьому спрямовані на збереження вуглекислого газу під час тістоведення (бродіння, розробки та ін.). Інакше кажучи, активне протікання процесу збродження цукрів та утворення вуглекислого газу в безглютеновому тісті практично повністю нівелюється. Бо його накопичення в тісті є неефективним, оскільки після максимального розтягування тіста під дією утвореного газу відбувається розрив безперервної мережі і, як наслідок, тісто осідає. Усе це призводить до збільшення втрат сухих речовин тіста, бродіння триває, а газ не утримується.

Використання мікробіологічного (дріжджового) способу розпушення передбачає тривалий процес бродіння. У пшеничному тісті саме довготривалість бродіння зумовлює смак і аромат хліба, а утримання пухирців газу в тісті забезпечує мережа глютену. Проте за відсутності клейковини, бродіння безглютенового тіста протягом чотирьох годин (і менше) є

неефективним кроком, а перспективними виглядають короткотривалі способи розпушення тіста.

Вважаємо за необхідне запропонувати іншу технологічну концепцію для виробництва безглютенового бездріжджового тіста. Необхідно забезпечити, по-перше, максимальну піноутворюючу здатність рецептурної суміші, по-друге, максимальну стійкість такої піни протягом нетривалої розробки тіста (розміщення тіста у форми) та на початковому етапі випікання. Тобто, для поліпшення пористої структури безглютенового бездріжджового хліба актуальним є інший, не мікробіологічний спосіб розпушення.

В досліджених нами інформаційних джерелах інформація з цього питання є вкрай обмеженою. В разі відсутності мікробіологічного розпушувача (дріжджів) можна застосовувати ферментовані препарати. Так, для отримання безглютенового хліба автори [5] пропонують застосовувати безглютеновий інокулят в суміші з безглютеновим борошном (1:1), який слід замішувати з водою (у співвідношенні «інокулят + безглютенове борошно» / вода як 100/70). Стадія ферментації триває близько 15 год. при кімнатній температурі. Інокулят отримують безпосередньо зі звичайного пшеничного дріжджового тіста, яке витримують в джерельній воді протягом 24 год., щоб частина мікроорганізмів дифундувала із закваски до води. Після цього тісто підсушують і разом з водою, збагаченою мікроорганізмами, додають до безглютенової борошняної сировини. Потім тісто ферментують 24 год. при 30 °С. Крок освіження рекомендовано повторювали щодня принаймні п'ять разів. Дане дослідження показує, що з пшеничного зброженого тіста можна отримувати безглютенове тісто, придатне для виробництва хліба без додавання дріжджів або молочнокислих бактерій, оскільки інокулят вже містить живі та життєздатні мікробні штами (молочнокислі та дріжджі). Проте, на наш погляд, називати його бездріжджовим продуктом можна тільки умовно. Такий спосіб виробництва хліба є спорідненим до способу, коли застосовують закваску або опару. До того ж, однією з перешкод щодо широкого впровадження цієї технології є її трудомісткість та довготривалість.

Для отримання пористої структури хліба без застосування дріжджів можна застосовувати операцію збивання. В цьому напрямку низку робіт опубліковано авторами [6]. Так, запропоновано замішувати тісто з борошна цільнозмеленого зерна пшениці, ферментного препарату «GC-106» в кількості 0,008...0,012% до маси борошна, 0,18-0,22% лимонної кислоти, 0,7...1,3% солі та води питної. Замість тіста здійснюють в два етапи: по-перше, все рецептурні компоненти перемішують у збивальній камері протягом 8...10 хв, при 45...55°C, по-друге, в камеру подають атмосферне повітря під тиском 0,35...0,45 МПа і здійснюють збивання тіста 6...10 хв. Формують тістові заготовки при робочому тиску, випічку проводять при температурі 250 ± 2°C. Автори заявляють про збільшення виходу готових виробів, отриманні якісних збитих бездріжджових виробів з високою харчовою і біологічною цінністю, про уповільнення процесу черствіння хліба та інтенсифікації процесу приготування тіста. Аналізуючи таку пропозицію, можна зазначити ускладненість апаратурно-технологічної схеми та застосування в якості зернової сировини зерна пшениці.

Інше спрямування у бездріжджовому хлібопеченні – екструзійні технології. Екструзія часто не використовується для переробки хлібного тіста через високий тиск, який має тенденцію до ущільнення, розриву зсуву тіста, що призводить до поганої якості. Проте, завдяки екструзії може бути запропонований ефективний та економічно ефективний підхід до формування хлібопекарської продукції, якщо екструзійні процеси розроблені таким чином, що вони не поставлять під загрозу якість тіста.

Нова технологія, екструзія надкритичної рідини (SCFX), дозволяє безперервно виробляти бездріжджове тісто шляхом включення надкритичної вуглекислоти (SC-CO<sub>2</sub>). У цьому дослідженні розроблено оптимальне формування тіста, виробництво та випікання. Поєднання вакууму та звичайної випічки визнано таким підходом, який може бути корисним для безперервного виробництва постійно готового печеного тіста та хліба. Загальна тривалість виготовлення тіста становить менше години, і при необхідному обладнанні та належному випіканні весь процес може бути безперервним. Автори вважають, що оскільки немає дріжджів, то не виділяється етанол весь. А це означає відсутність шкідливих летких органічних викидів і відсутність дорогого каталітичного нейтралізатора [7].

Отже, актуальним напрямком досліджень в технології безглютенового бездріжджового хліба є застосування фізичного (збивання), хімічного (використання хімічних хлібопекарських розпушувачів) способів розпушення тіста або їх комбінацій з використанням поліпшуючих добавок, таких як карбоксиметилцелюлоза натрієвої солі та концентрат тваринного білка [8].

Метою роботи є дослідження піноутворювальної здатності (ПУЗ) та стійкості піни (СП) модельних систем – на основі яєчного білка за умов додавання КМЦ та КТБ, а також визначення кількісної оцінки якості піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста.

**Матеріали та методи.** У ході досліджень було використано суміш із борошна рисового ТМ «World's Rice» та борошна кукурудзяного ТМ «Сквирянка» у співвідношенні 70/30% відповідно, яловичий колагеновий білок Геліос-11 ТОВ «Томіг» (КТБ), натрій карбоксиметилцелюлоза СМС 6500 (КМЦ), кефір ТМ «Заречье», цукор-пісок, сіль кухонна харчова, сода харчова, яйцепродукти за ДСТУ 5028:2008, безглютенове бездріжджове тісто різних варіантів замісу:

*Варіант 1.* В якості рідкої фази тіста застосовано кефір. Він містить високоякісний тваринний білок, який добре засвоюється, та збагачує тісто молочною кислотою (оскільки відсутня стадія бродіння за традиційного способу тістоведення, протягом якої утворюються органічні кислоти). В якості борошняної сировини застосовано рисово-кукурудзяну борошняну суміш. В якості розпушувача застосовано яйце куряче та натрій двовуглекислий. Додаткові смакові компоненти – цукор та сіль. Спосіб розпушення тіста – комбінований (механічний та хімічний).

*Варіант 2.* В якості рідкої фази застосовано 0,5%-вий водний розчин КМЦ. Це дозволяє підвищити в'язкість тіста (порівняно з водою) та підвищити його піноутворювальну здатність. Спосіб розпушення тіста – механічний.

*Варіант 3.* Застосовано КТБ як технологічно активний рецептурний компонент. Така добавка володіє добрими піноутворювальною та стабілізуючими властивостями. Спосіб розпушення тіста – механічний.

*Варіант 4.* Сумісне використання КМЦ та КТБ сприятиме покращанню процесу тістоведення безглютенового бездріжджового тіста за рахунок більш розвинутої та стійкої тістової маси. Спосіб розпушення тіста – механічний.

Піноутворюючу здатність яєчного білка (ПЗ) і стійкість піни (СП) визначали методом Лур'є [9]: ПЗ як відношення об'єму піни до об'єму розчину перед збиванням, виражене у відсотках; СП як відношення висоти піни після 60-хвилинного вистоювання до первинної висоти, виражене у відсотках.

Дослідження пінної структури тіста проводили наступним чином. Готували зразок тіста згідно рецептури, виливали порцію тіста в кювету, виготовлену з оптичного скла марки К-8 за технологією УФ склеювання з внутрішнім розміром 20 мм. Фотографували зразок в режимі макрозйомки. Отримані фото піддавали обробці за допомогою програми Photo M 1.21, розраховуючи кількість та площу пор певного розміру, загальну площу пор, загальну площу тіста, відношення площі пор до загальної площі тіста, відношення загальної площі пор до загальної площі тіста.

**Результати та обговорення.** Специфіка виробництва бездріжджового безглютенового тіста шляхом збивання полягає в тому, що отримана пінна структура піддається небажаним зовнішнім впливам, що приводять до зниження її стійкості.

До таких факторів варто віднести перемішування збитої суміші з борошном і розміщення тіста у форми. В таких умовах важливо не тільки одержати пінну систему з заданими характеристиками, але й зберегти їх протягом технологічного процесу. Відповідно до цього, на наш погляд, важливо комплексно дослідити піноутворювальну здатність та стійкість піни до руйнування структури.

На першому етапі дослідження вивчали піноутворювальну здатність (ПУЗ) та стійкість піни (СП) модельних систем – на основі яєчного білка за додавання КМЦ та КТБ. Перш, ніж розпочати експериментальні випробування, необхідно було обґрунтувати умови використання розчину КМЦ протягом певного часу дослідження. Для цього проводили

визначення розшарування розчинів різної концентрації протягом 12 годин зберігання (за умови потенційного терміну зберігання такого розчину на виробництві протягом однієї робочої зміни). Результати наведено в табл. 1.

Табл. 1

**Стійкість розчину КМЦ до розшарування протягом 12-годинного зберігання**

Тривалість зберігання, год.	Висота не розшарованого розчину КМЦ, мм, за концентрації			
	0,1%	0,3%	0,5%	0,7%
1	100	100	100	100
2	100	100	100	100
3	<b>100</b>	<b>100</b>	100	100
4	97	98	<b>100</b>	100
5	70	93	99	100
6	42	89	98	100
7	15	85	97	100
8	15	81	96	<b>100</b>
9	15	77	96	99
10	15	74	96	99
11	15	71	95	99
12	15	68	95	99

Як видно з даних табл. 1, стійкість колоїдного розчину залежить від терміну його зберігання та концентрації сухої речовини в розчині. Відмічено таку залежність: чим вище концентрація розчину, тим вище його стійкість до розшарування. Так, 0,1%-вий розчин КМЦ здатний не розшаруватись протягом 3 год., а 0,7%-вий - протягом 8 год. Нами застосовано 0,5%-вий розчин, який гарантовано зберігається упродовж 4 год. Отже, можна рекомендувати приготування розчину КМЦ в умовах виробництва двічі на зміну (протягом 8-годинної роботи) або тричі (протягом 12-годинної роботи).

Збивання яєчно-цукрової маси в технології безглютенових бездріжджових хлібців є однією з окремих операцій, у результаті якої утворюються система, що являє собою кондитерську піну. Згідно варіанту 1 передбачено збивання яєць з цукром, варіантів 2-4 – додатково збивання з добавками (КМЦ та білкових).

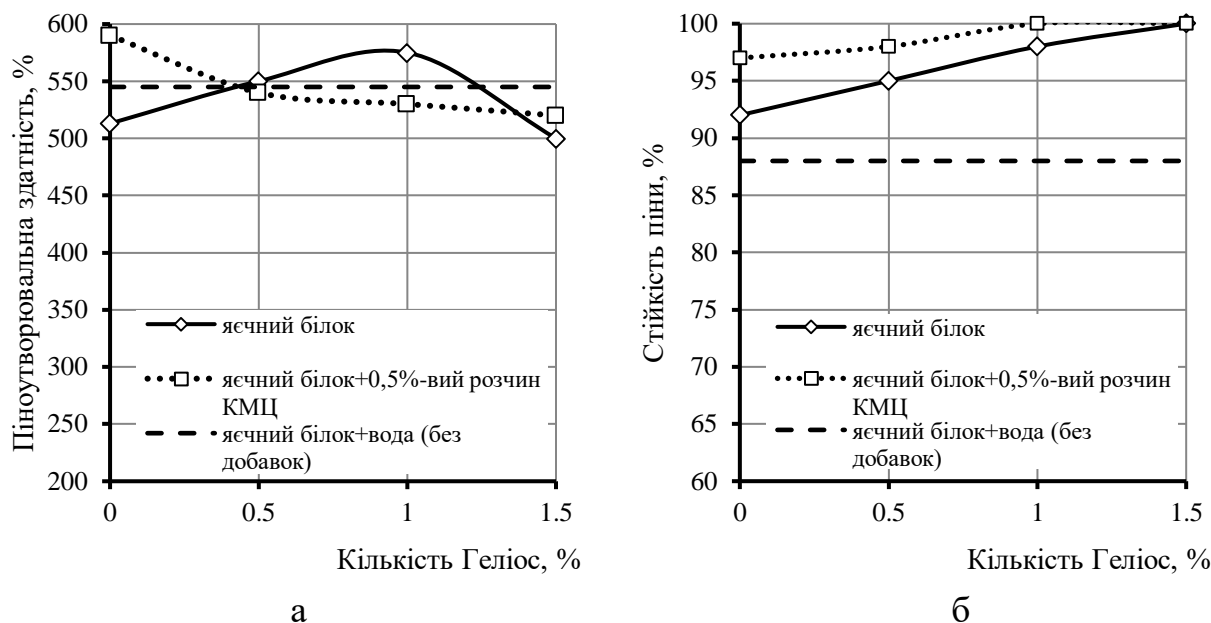
На утворення густої піни позитивно впливає поверхнева активність полярних молекул яєчного білку, а помітну стабілізуючу дію має присутній у суміші цукор. В результаті навколо повітряних пухирців утворюються тверді плівки, що зміцнюють стійкість піни. Підсилює відзначений ефект зростаюча при додаванні цукру в'язкість рідини.

Слід зазначити, що на відміну від традиційної кондитерської піни (наприклад, при приготуванні бісквітного напівфабрикату, де кількість цукру є значно вищою), в рецептурі хлібців його кількість значно нижче. Тому питання ефективного піноутворення є надзвичайно актуальним.

Поряд з рецептурними компонентами на обсяг піни і її дисперсність, на піноутворюючу здатність і стійкість піни вплив чинять тривалість збивання і швидкість обертання робочих органів. Зі збільшенням часу збивання обсяг піни також збільшується; швидкість збивання прямо пропорційна дисперсності піни. Нами обрано традиційний режим (спочатку на низьких, а потім на високих обертах) збивання піни.

Запропоновані добавки в технології безглютенового хліба призначені поліпшувати властивості білкових речовин борошна за відсутності клейковинних білків. Для вивчення їх дії досліджували вплив кількості КТБ на піноутворювальну здатність та стійкість піни яєчного білка без добавок та з додаванням 0,5%-го розчину КМЦ (в кількості 10% від маси яєчного білка) при фіксованих режимах збивання та температурі 20 °С. Одночасно досліджували ПУЗ та СП для модельної системи «яєчний білок + вода» (в кількості 10% від маси яєчного білка). Зазвичай додавання близько 10% води до маси яєчного білка призводить до поліпшення піноутворювальної здатності тіста. Тому саме таку кількість обрано для контрольного зразка, аби нівелювати вплив води та довести конкретний вплив добавки КМЦ.

Для підтвердження ефективного впливу КМЦ, очікували поліпшення показників ПУЗ і СП в системі «яєчний білок+ 0,5%-вий розчин КМЦ» порівняно із зразком «яєчний білок + вода». Експериментальні дані представлені на рис. 1.

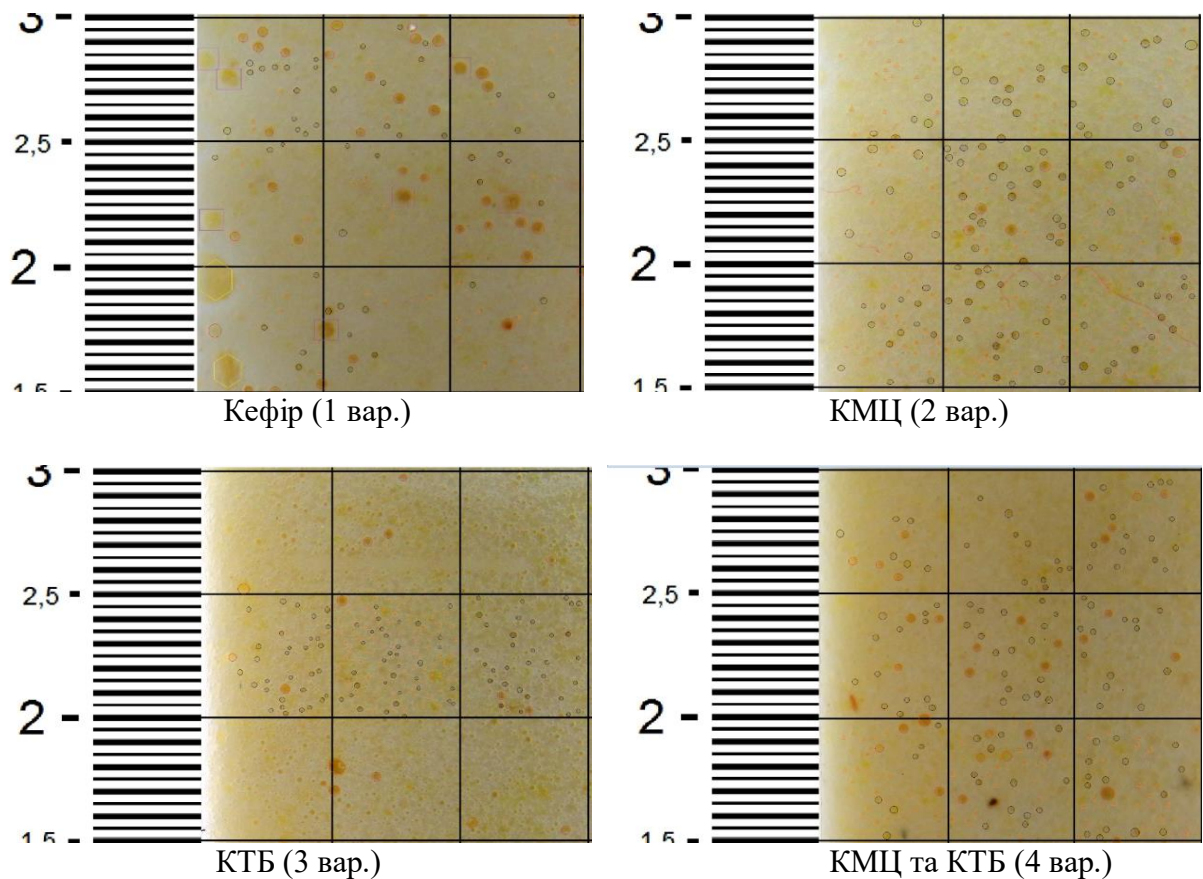


**Рис. 1. Вплив кількості КТБ на піноутворювальну здатність (а) та стійкість піни (б) яєчного білка без добавок та з додаванням 0,5%-го розчину КМЦ (10% від маси яєчного білка)**

Графіки показують, що додавання Геліос в концентраціях від 0,5 до 1,5% сприяє підвищенню піноутворюючої здатності (ПУЗ) яєчного білка, проте, вплив має екстремальний характер, а саме: в кількості до 1,0% добавки піноутворювальна здатність зростає – на 10-15%, при збільшенні кількості Геліос до 1,5% показник ПУЗ знижується до значень контролю.

В присутності 0,5%-го розчину КМЦ вплив Геліос-11 на ПУЗ змінюється на протилежний – показник поступово знижується зі збільшенням кількості добавки Геліос-11, сягаючи ПУЗ 520% (що дорівнює 88% від значення контролю – яєчного білка з 0,5% КМЦ). Стійкість піни покращується за додавання Геліос-11 окремо та в присутності КМЦ, наближаючи значення до 100% при 1,0% Геліос та 0,5% КМЦ. Пояснити тенденцію зниження ПУЗ яєчного білка можна підвищенням густоти маси для збивання через здатність обох добавок (КМЦ та КТБ) загущувати розчини. Оскільки певне розрідження колоїдного розчину яєчного білка (наприклад, за додавання 10% води) ПУЗ системи підвищується, сягаючи 545% порівняно з нативним білком – 500%; хоча стійкість піни знижується при цьому до 88%).

На наступному етапі дослідження визначали кількісну оцінку якості піноподібної структури тіста. Зовнішній вигляд зразків тіста представлено на рис. 2, результати їх математичної обробки – в табл. 2 та на рис. 3. Аналіз свідчить, що в присутності будь-якої добавки структура піни/тіста змінюється, а саме: зменшується кількість великих пор (близько 1 мм або більше) – майже вчетверо.



**Рис. 2. Фрагменти дослідних зразків безглютенового бездріжджового тіста, виготовлених за різними варіантами замісу тіста**

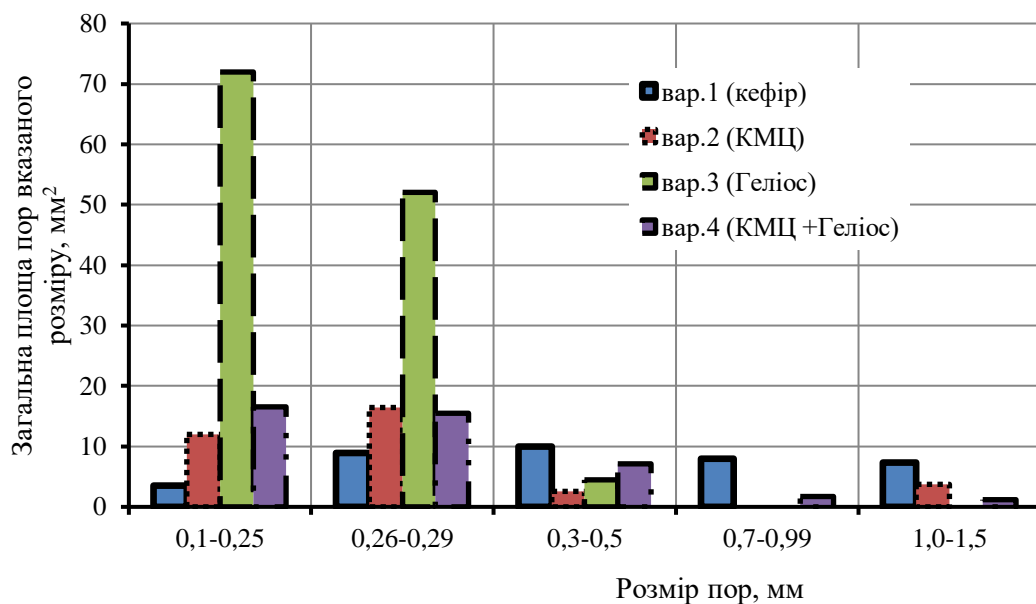
Табл. 2

**Результати математичної обробки для кількісної оцінки піноподібної структури тіста різного рецептурного складу**

Показники	Діаметр пор, мм				
	0,1...0,25	0,26...0,29	0,3...0,5	0,7...1,0	1,1...1,5
1	2	3	4	5	6
<b>Варіант 1 (кефір)</b>					
Кількість пор в полі зору, шт.	117	127	77	14	6
Загальна площа пор, мм <sup>2</sup>	3,51	8,89	10,01	7,98	7,38
Загальна площа тіста, мм <sup>2</sup>	600	600	600	600	600
Відношення площі пор до загальної площі тіста, %	0,59	1,48	1,67	1,33	1,23
Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, %	6,3				
<b>Варіант 2 (КМЦ)</b>					
Кількість пор в полі зору, шт.	400	235	20	0	3
Загальна площа пор, мм <sup>2</sup>	12	16,45	2,6	0	3,69
Загальна площа тіста, мм <sup>2</sup>	600	600	600	600	600
Відношення площі пор до загальної площі тіста, %	2	2,74	0,43	0	0,62
Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, %	5,79				
<b>Варіант 3 (КТБ)</b>					
Кількість пор в полі зору, шт.	2400	744	34	0	0
Загальна площа пор, мм <sup>2</sup>	72	52,08	4,42	0	0
Загальна площа тіста, мм <sup>2</sup>	600	600	600	600	600
Відношення площі пор до загальної площі тіста, %	12	8,68	0,74	0	0
Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, %	24,42				

1	2	3	4	5	6
Варіант 4 (КМЦ + КТБ)					
Кількість пор в полі зору, шт.	552	221	55	3	1
Загальна площа пор, мм <sup>2</sup>	16,56	15,47	7,15	1,71	1,23
Загальна площа тіста, мм <sup>2</sup>	600	600	600	600	600
Відношення площі пор до загальної площі тіста, %	2,76	2,58	1,19	0,29	0,21
Відношення загальної площі пор до загальної площі тіста, %	7,02				

Так, загальна площа великих пор розміром 0,7...1,5 мм у зразка тіста за варіантом 1 (без добавок) дорівнює 15,36 мм<sup>2</sup> в полі зору, а у дослідних зразків варіант 2 та 4 складає 3,69 та 2,94 мм<sup>2</sup> відповідно, варіант 3 дорівнює нулю. Одночасно суттєво зростає кількість дрібних і дуже дрібних пор (менше 0,5 мм), найбільше – у зразка з додаванням Геліос-11 (варіант 3). Отримані дані корегують з даними щодо піноутворювальної здатності, яка є найбільшою за додавання Геліос-11 (рис. 1, а).



**Рис. 3. Характеристика пористості безглютенового бездріжджового тіста різного рецептурного складу (варіанти 1, 2, 3 та 4)**

Вищевикладене свідчить, що запропоновані добавки для поліпшення безглютенового бездріжджового тіста, сприяють поліпшенню пористості піноподібної структури, утворюючи дрібнопористу рівномірну піну. Вказаний вплив зумовлений здатністю добавок покращувати піноутворювальну здатність та стійкість піни до руйнування.

#### Висновки

Встановлено, що запропоновані добавки в певних кількостях (0,5...1,0% Геліос-11 та 0,5% КМЦ) зумовлюють 100% стійкість піни яєчного білка. При цьому піноутворювальна здатність зростає тільки за додавання КТБ в кількості до 1,0% та знижується за вищої кількості КТБ або в присутності КМЦ. Це можна пояснити підвищенням густоти маси для збивання та здатністю обох добавок загущувати розчини.

В присутності добавок піноподібна структура тіста змінюється – майже в 4 рази зменшується кількість великих пор (0,7...1,5 мм), суттєво зростає кількість дрібних і дуже дрібних пор (0,1...0,5 мм).

Необхідно зазначити, що отримання добре розпушеної структури тіста є першим, але не єдиним технологічним завданням. Важливим також є питання збереження утвореної структури, що зумовлює відповідні реологічні властивості тіста.



### **Використані джерела**

1. Epidemiology and clinical presentations of celiac disease / N. R. Reilly, P. H. Green // In *Seminars in immunopathology*, Springer-Verlag. – 2012. – Pp. 473-478.
2. Gluten-free Baked Products / L. C. Jeffrey, W. A. Atwell // AACC international, Inc. – 2014. – 88 p.
3. Gluten-Free Bakery Products and Pasta / M. Gymez, L. S. Sciarini // *Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods*. – 2015. – Pp. 565-604.
4. Analysis of ingredient lists of commercially available gluten-free and gluten-containing food products using the text mining technique / A. Nascimento, G. Fiates, A. Anjos, E. Teixeira // *Int. J. Food Sci. Nutr.* – 2013. – Vol. 64(2). – Pp. 217-222.
5. From wheat sourdough to gluten-free sourdough: a nonconventional process for producing gluten-free bread / A. Marti, G. Bottega, L. Franzetti, F. Morandin, L. Quaglia, M. A. Pagani // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 50. – Pp. 1268-1274.
6. Магомедов, Г. О. Способ производства сбивных мучных изделий / Г. О. Магомедов, Е. И. Пономарева, И. А. Алейник // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – № 1 – С. 71-72.
7. Properties of yeast free bread produced by supercritical fluid extrusion (SCFX) and vacuum baking / K. Ruttarattanamongkol, M. E. Wagner, S. S. H. Rizvi // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2011. Vol. 12(4). – Pp. 542-550.
8. Research of surface properties of water-flour suspensions in the presence of hydrocolloids and protein supplements / I. Haliasnyi, T. Gavrish, O. Shanina // *Technology audit and production reserves*. – 2018. – Vol. 1, № 3(39). – Pp. 58-63.
9. Тихомиров, В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 264 с.

### **Reference**

1. Reilly, N. R., and P. H. Green. 2012. Epidemiology and clinical presentations of celiac disease. In *Seminars in immunopathology*, Springer-Verlag: 473–478.
2. Jeffrey, L. C., and W. A. Atwell. 2014. *Gluten-free Baked Products*. AACC international, Inc.:88.
3. Gymez, M., and L. S. Sciarini. 2015. *Gluten-Free Bakery Products and Pasta*. *Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods*: 565–604.
4. Nascimento, A., G. Fiates, A. Anjos, and E. Teixeira. 2013. Analysis of ingredient lists of commercially available gluten-free and gluten-containing food products using the text mining technique. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 64(2):217–222.
5. Marti, A., G. Bottega, L. Franzetti, F. Morandin, L. Quaglia, and M. A. Pagani. 2015. From wheat sourdough to gluten-free sourdough: a nonconventional process for producing gluten-free bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 50:1268–1274.
6. Magomedov, G. O, I. A. Alejnik, and E. I. Ponomareva. 2008. Sposob proizvodstva sbivnyh muchnyh izdelij – Method of manufacturing aerated flour products. *Fundamental'nye issledovanija – Fundamental Research*. 1:71–72 (in Russian).
7. Ruttarattanamongkol, K., M. E. Wagner, and S. S. H. Rizvi. 2011. Properties of yeast free bread produced by supercritical fluid extrusion (SCFX) and vacuum baking. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 12(4):542–550.
8. Haliasnyi, I., T. Gavrish, and O. Shanina. 2018. Research of surface properties of water-flour suspensions in the presence of hydrocolloids and protein supplements. *Technology audit and production reserves*. 1(3(39):58–63.
9. Tihomirov, V. K. 1975. *Peny. Teoriya i praktika ih poluchenija i razrushenija – Foams. Theory and practices of their forming and distruction*. M.:Himija: 264 (in Russian).