

УДК 664.665

DOI: 10.15587/1729-4061.2019.154957

Дослідження можливості використання ферментів, лецитину та білка в технології безглютенового хліба

В. Ф. Доценко, І. М. Медвідь, О. Б. Шидловська, Т. І. Іщенко

Науково обґрунтований комплексний підхід для технології хліба для хворих на целиакию шляхом застосування амілолітичних ферментів, лецитину та сухого яєчного білка.

Встановлено вплив амілолітичних ферментів на накопичення цукрів під час гідролізу крохмалю рисового борошна. Досліджено, що використання ензимів сприяє утворенню моно- та дисахаридів в кількості 5,5–6 %, які необхідні для інтенсифікації перебігу мікробіологічних процесів в тісті. Виявлено покращення газоутворення в тісті із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна при бродінні.

З метою підвищення показників якості тістового напівфабрикату та готових виробів обґрунтовано доцільність використання поверхнево-активних речовин. Визначено закономірності впливу соняшникового знежиреного лецитину на властивості тіста та якісні характеристики хліба з ферментами. Встановлено, що внесення фосфоліпиду в тісто із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна сприяє покращенню газоутворення в ньому та зумовлює зростання питомого об'єму і пористості готових виробів.

Для забезпечення пористої структури м'якушки запропоновано додаткове використання в технології рисового хліба сухого яєчного білка. Встановлено, що попереднє відновлення білка при приготуванні тіста з ферментами та лецитином сприяє його кращому розрихленню, що забезпечує найвищі показники якості готових виробів.

Доведено, що застосування соняшникового знежиреного лецитину та збитого яєчного білка при замішуванні тіста з попередньо проведеним гідролізом крохмалю борошна α -амілазою і глюкоамілазою зумовлює суттєве підвищення його газотримувальної здатності та сприяє збільшенню розпливання. Зважаючи на зниження в'язкості тіста з додаванням обраних сировинних компонентів, рекомендованим є виготовлення формового хліба.

Досліджено вплив застосування ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна, лецитину та яєчного білку на процес клейстеризації водно-борошняних суспензій. Виявлені закономірності дозволяють прогнозувати збільшення терміну зберігання готового хліба

Ключові слова: безглютеновий хліб, рисове борошно, α -амілаза, глюкоамілаза, лецитин, яєчний білок

1. Вступ

Серед різноманітних факторів навколишнього середовища, що впливають на розвиток організму, першочергове значення має харчування, якість якого

впливає на тривалість життя та активність діяльності людини. Одним з дієвих заходів корекції харчового раціону є споживання продуктів спеціального призначення, які рекомендуються для профілактики ряду захворювань населенню з аліментарними порушеннями (залізодефіцитна та йододефіцитна анемії, остеопороз та ін.). До них також відносяться виробни дієтичної спрямованості, що враховують вимоги нутриціології до харчування людей із хворобами, при яких має місце непереносимість певних компонентів їжі (целиакія, фенілкетонурія, цукровий діабет, алергія).

Прогресуючим автоімунним захворюванням являється целиакія (глютеніна ентевропатія), на яку страждають 0,9–1,2 % населення в регіонах Європи, Північної та Південної Америки, Північної Африки і на Індійському субконтиненті [1, 2]. Хворі мають непереносимість деяких білків зернових культур, а саме гліадину і глютеніну пшениці, секаліну жита та гордеїну ячменю [3], які поєднують під загальною назвою «глютен». У хворих на целиакію споживання глютену призводить до атрофії ворсинок та пошкодження слизової оболонки тонкого кишечника, що супроводжується мальабсорбцією важливих поживних речовин. Можна припустити, що істинна частота глютензалежних захворювань є значно більшою, оскільки поширення набувають алергія на злаки і непереносимість глютену без целиакії. Єдиним терапевтичним заходом лікування осіб, які страждають на глютензалежні захворювання є дотримання безглютенінової дієти протягом всього життя [4, 5].

Серед продуктів, які виробляють із зернової сировини, найбільш проблематичним є виготовлення безглютенінових хлібобулочних виробів. Це пов'язано з тим, що основна роль у формуванні їх показників якості належить саме пшеничним білкам, що при замішуванні тіста утворюють клейковину, яка і формує каркас виробу. Потреба населення України в хлібних виробках, що необхідні хворим на целиакію, забезпечується переважно за рахунок продукції іноземного виробництва. Це дає можливість підприємствам хлібопекарської галузі, в тому числі і закладам ресторанного господарства, впроваджувати у виробництво хлібобулочні вироби спеціального призначення. Зважаючи на те, що хліб є продуктом повсякденного вжитку актуальними слід вважати дослідження, спрямовані на удосконалення та розробку технологій безглютенінових хлібобулочних виробів та нових шляхів забезпечення їх високої якості.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Існуючі науково обґрунтовані технології безглютенінового хліба базуються на використанні борошна круп'яних культур (кукурудзяного, гречаного, рисового) [6–8]. Ця сировина не містить клейковинних білків та представлена на світовому ринку в достатньому асортименті. Органолептичний аналіз даних видів борошна показав, що найбільш перспективним для виробництва безглютенінового хліба є рисове борошно, оскільки воно має нейтральні смакові властивості, білий колір та являється гіпоалергенним [9, 10]. Проте, дане борошно має низькі хлібопекарські властивості і не забезпечує утворення тіста з необхідними структурно-механічними характеристиками, що дозволяють отримати хліб високої якості з достатньо розпушеною м'якушкою.

Аналіз існуючих наукових досліджень свідчить про те, що для поліпшення якості хліба з рисового борошна науковцями [11, 12] запропоновано використання гідроколоїдів (ксантанова і гуарова камеді, карбоксиметилцелюлоза, гідроксиметилпропілцелюлоза). Це пов'язано з тим, що завдяки підвищеній водопоглинальній здатності, харчові гідроколоїди впливають на консистенцію безглютенового тіста, підвищуючи його газотримуючу здатність, покращують здатність тістових заготовок утримувати форму в процесі вистоювання і випікання. Однак слід зазначити, що ці добавки можуть здійснювати поліпшувальну дію на структурно-механічні властивості безглютенового тіста в разі наявності в ньому достатньої кількості цукрів, що слугують живленням для дріжджів при бродінні. Рисове борошно характеризується невеликим вмістом моно- та дисахаридів (0,7 %), а також низькою активністю власних α - та β -амілаз. Тому для вирішення цієї проблеми дослідниками [13] обґрунтовано доцільність додавання цукру, внаслідок чого закономірно збільшується сумарний об'єм виділеного вуглекислого газу.

Актуальним напрямком в технології виробництва хлібобулочних виробів для хворих на целиакію являється застосування методів, які дозволяють модифікувати властивості основних хімічних компонентів безглютенового борошна за допомогою ферментів [14]. В дослідженнях [7, 15] запропоновано в якості структуроутворювача в рисовому тісті використовувати трансглютаміназу, додавання якої призводить до зшивання білків, що дозволяє створити подібну до клейковини мережу. Незважаючи на значущість отриманих результатів, для забезпечення цукрами процесу бродіння тіста в роботі [16] також обґрунтовано доцільність внесення сахарози. Проте, як відомо, її молекули під час контакту з водою вкриваються гідратними оболонками, що збільшує міжмолекулярний об'єм та призводить до розрідження тіста за високих концентрацій дисахариду.

В даний час активно розвиваються дослідження в області покращення якості хліба за допомогою ферментів амілолітичної дії, які гідролізують крохмаль борошна. Ферментативна дія на крохмаль сприяє збільшенню кількості цукрів в тісті, що призводить до інтенсифікації процесу його бродіння, покращення газоутворення при дозріванні та на ранніх стадіях випікання. Рисове борошно являється перспективною сировиною для модифікації його вуглеводного складу з використанням даних препаратів, оскільки характеризується високим вмістом цього полісахариду (75...80 %). Вибір ферменту визначається бажаним вуглеводним складом кінцевого продукту. Так, α -амілаза неупорядковано гідролізує α -1,4-глюкозидні зв'язки в молекулі амілози, в результаті чого утворюються мальтоза та продукти неповного гідролізу крохмалю – декстрини. На відміну від α -амілази, яка може розщеплювати тільки нерозгалужені ланцюги молекули крохмалю, глюкоамілаза здатна також каталізувати гідролітичний розклад α -1,6-глюкозидних зв'язків розгалужених ланцюгів амілопектину крохмалю. Вона також перетворює в глюкозу декстрини, які утворюються під дією α -амілази [14, 17]. Очевидно, використання даних амілолітичних ферментів матиме позитивний вплив не тільки на інтенсифікацію мікробіологічних процесів при бродінні тіста, а й на подовження терміну збереження свіжості готового хліба. Це пов'язано з дією α -амілази, яка призводить до накопичення низькомолекуляр-

них декстринів, чого неможливо досягти при додаванні кристалічного цукру. Тому є підстави вважати, що для підвищення кількості цукрів в рисовому тісті, необхідної для забезпечення процесу бродіння, доцільним є застосування ферментів з амілолітичною активністю.

Аналіз літературних даних свідчить про доцільність додаткового застосування в технології хліба з рисового борошна структуроутворювачів [11–13, 15]. В разі приготування безглютенового тіста використання амілолітичних ферментів без внесення добавки структуроутворювальної дії не призведе до суттєвого покращення якості виробів, що пов'язано з низькою газоутримувальною здатністю такого тіста. Одним із шляхів подолання даної проблеми може бути застосування лецитинів, основними технологічними функціями яких у харчових системах є емульгування, комплексоутворення з крохмалем, взаємодія з білками, зміна в'язкості та модифікація кристалів [18]. Крім цього, лецитини являються цінним джерелом фосфоліпідів.

Промислове виробництво лецитину пов'язане в основному з переробленням соєвого фосфатидного концентрату. Враховуючи те, що соя практично вся є генетично модифікованою та може викликати алергічні реакції, актуальним є пошук альтернативної поверхнево-активної речовини (ПАР) природнього походження, яка має статус абсолютно нешкідливої. Широкого застосування в сучасній харчовій промисловості набуває сояшниковий лецитин, який, на відміну від продуктів переробки сої, є екологічно чистим продуктом, не містить генетично модифікованих організмів, фітоестрогенів та речовин, що викликають алергічні реакції. Враховуючи діапазон значень гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) емульгаторів, які є рекомендованими для покращення якості хліба [19], доцільним є використання знежиреного лецитину з показником ГЛБ в межах 7...8. Вибір саме цієї ПАР пояснюється високим вмістом фосфоліпідів (96...97 %), вищим показником ГЛБ, порівняно зі стандартним лецитином та фосфатидним концентратом, а також порошкоподібною консистенцією, що значно полегшує процес дозування. Крім цього, використання знежиреного лецитину не матиме інгібуючого впливу на активність мікроорганізмів в тісті за рахунок відсутності лізоформ фосфоліпідів, які містяться в гідролізованому лецитині.

Одним із шляхів створення необхідної структури хліба, являється також використання механічного способу розпушення тіста. Для покращення показників якості рисового хліба перспективною сировиною являється сухий яечний білок. Використання натуральних яечних продуктів суттєво ускладнює організацію виробництва продукції і різко підсилює мікробіологічну небезпеку. В той час як застосування сухих яечних продуктів дозволяє виключити ряд операцій та суттєво спростити процес підготовки сировини до виробництва [20]. Яечні продукти сприяють піноутворенню, розрихленню тіста і утворенню пористої фіксованої структури готового хліба, а також збагачують вироби повноцінним білком.

Данні щодо впливу амілолітичних ферментів, сояшникового знежиреного лецитину та сухого яечного білка на перебіг мікробіологічних процесів в тісті з рисового борошна, його структурно-механічні властивості та якість готових ви-

робів відсутні. Немає також технологічних рекомендацій відносно кількісного дозування цих інгредієнтів, що обумовлює необхідність проведення досліджень в цьому напрямку.

3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету визначити можливість застосування α -амілази і глюкоамілази для накопичення цукрів для забезпечення бродіння рисового тіста, обґрунтувати доцільність використання знежиреного лецитину та яєчного білку для приготування хліба.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– визначити вплив амілолітичних ферментів на накопичення цукрів під час гідролізу крохмалю рисового борошна та обґрунтувати кількісний склад обраних ензимів для покращення інтенсивності бродіння рисового тіста;

– дослідити вплив соняшникового знежиреного лецитину та сухого яєчного білка на технологічні властивості тістових напівфабрикатів і якість готових виробів, встановити оптимальне дозування даної сировини;

– вивчити структурно-механічні властивості рисового тіста із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна з ПАР і яєчним альбуміном за зміною питомого об'єму та розпливанням тіста під час бродіння. Дослідити вплив обраних поліпшувачів та сировини на його вуглеводно-амілазний комплекс.

4. Матеріали та методи дослідження впливу ферментів, лецитину та білка на якість рисового хліба

4. 1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

Виготовлення безглютенового хліба здійснювали при дотриманні наступної рецептури:

- борошно рисове – 100 кг;
- дріжджі пресовані хлібопекарські – 3 кг;
- сіль харчова – 1,2 кг.

Масова частка вологи в тісті становила 53 %. Тістовий напівфабрикат та хліб, приготований із застосуванням цієї композиції використовували в якості контрольного зразка.

Для проведення гідролізу крохмалю рисового борошна застосовували ферменти амілолітичної дії, а саме α -амілазу грибного походження (активність 5000 SKB/г, оптимальні рН 4,7, температура 37–40 °С) та глюкоамілазу (активність 500 AMG/г, оптимальні рН 3,0–5,5, температура 40–64 °С).

Температурний оптимум для активної життєдіяльності дріжджів при бродінні тіста становить 28–32 °С, що не є ефективним для дії даних ферментів, оскільки це значення не входить в діапазон температур, при якому амілази проявляють свою активність. Виходячи з цього, для забезпечення оптимальних умов дії одночасно α -амілази та глюкоамілази встановлювали температуру середовища 40 °С та рН 4,7. Спочатку готували напівфабрикат-гідролізат з рисового борошна (тобто проводили ферментативну модифікацію крохмалю боро-

шна) при 40 °С, що забезпечує більш глибокий гідроліз полісахариду і дозволяє збагатити середовище цукрами. З метою підтримання відповідних рН умов, використовували лимонну кислоту в кількості 0,065 % до маси борошна. Ферменти попередньо розчиняли у воді температурою 25–30 °С при співвідношенні 1:10. Для проведення ферментативної модифікації готували суміш з рисового борошна, лимонної кислоти, ферментів та води, яку піддавали гідролізу в термостаті при 40 °С до накопичення в ній цукрів 5,5–6 %. Тривалість гідролізу та вологість цього напівфабрикату встановлювали експериментальним шляхом за швидкістю утворення редукувальних цукрів.

На основі попередньо приготованого напівфабрикату-гідролізату з рисового борошна замішували тісто з вологістю 53 % з додаванням дріжджової суспензії, розчину солі та другої частини борошна згідно рецептури. Приготування хліба із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна здійснювали за технологією, описаною в статті [21].

Соняшниковий знежирений лецитин використовували з вмістом фосфоліпідів 96,5 %, який являє собою порошок коричневого кольору з ледве помітним запахом та смаком соняшnikової олії. Емульгатор вносили після ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна, суміш диспергували протягом 2–3 хв, після чого проводили заміс тіста. Для кращого прояву властивостей поверхнево-активної речовини, одночасно з лецитином використовували соняшникову рафіновану олію в кількості 3 % до маси борошна.

В якості структуроутворювача також використовували білок яєчний сухий пастеризований з вмістом білкових речовин не менше 85 %. Дану сировину вносити в сухому вигляді не доцільно, оскільки в процесі замішування тіста при контакті з водою білок набухає і утворює в'язкий колоїдний розчин, який оточує дріжджові клітини, чим погіршує їх живлення. Тому, з метою покращення структурно-механічних показників якості рисового хліба, враховуючи високі піноутворювальні властивості яєчного альбуміну, його застосовували у збитому вигляді. Для цього сухий білок відновлювали водою при співвідношенні 1:7 за температури 30 °С та збивали протягом 5–6 хв до утворення стійкої піни, яку використовували для замішування тіста.

4. 2. Методи досліджень якості рисового хліба з ферментами, лецитином і білком

В ході роботи було досліджено вплив ферментів амілолітичної дії на вміст моно- та дисахаридів у модельних тістових системах з рисового борошна. Загальний вміст цукрів визначали методом Шорля (йодометричним), який базується на визначенні кількості окисної міді до та після відновлення розчину міді цукром. Більш детально даний метод представлений у [21].

Інтенсивність спиртового бродіння в тісті визначали волюмометричним методом на приладі АГ-1 за показником його газоутворювальної здатності, тобто об'ємом виділеного CO₂, см³/100г, при 30 °С за час бродіння тіста.

Загальну (титровану) кислотність тіста визначали на початку та вкінці процесу бродіння титруванням 0,1 моль/дм³ розчином NaOH 5 г тістового напі-

вфабрикату, розтертого з 50 см^3 води, в присутності 1 % спиртового розчину фенолфталеїну до рожевого забарвлення.

Активну кислотність визначали за допомогою лабораторного рН-метру-іономіру «Експерт-001» зануренням електродів (хлор-срібного та скляного) у підготовлену пробу тістового напівфабрикату [22].

В'язко-пластичні властивості тіста оцінювали за зміною діаметра кульки тіста (розпливання) масою 100 г за температури $30 \text{ }^\circ\text{C}$ під час його ферментації.

Газоутримувальну здатність тіста оцінювали за зміною питомого об'єму зразків у мірному циліндрі на 250 см^3 в термостаті за температури $30 \text{ }^\circ\text{C}$ від початку бродіння до моменту опадання тіста і виражали у $\text{см}^3/\text{г}$.

Визначення параметрів процесу клейстеризації крохмалю рисового борошна проводили на амілографі фірми «Brabender» (Швеція). По висоті кривої (амілограми) в'язкості водно-борошняної суспензії, яку фіксує самописець, визначали максимальну в'язкість суспензії. Фіксували також температуру початку клейстеризації (збільшення її в'язкості) [22].

Якість хліба оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, пористість, кислотність) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах). Хліб аналізували не раніше, ніж через 3 год. після випікання.

Методи дослідження якості готових хлібобулочних виробів більш докладно описано в праці [21].

Результати експериментальних досліджень статистично оброблені з використанням стандартного програмного пакету Microsoft Office.

5. Результати досліджень впливу ферментів, лецитину та білка на якість рисового хліба

5.1. Дослідження впливу амілолітичних ферментів на накопичення цукрів в тісті з рисового борошна

Ступінь покращення якості хлібобулочних виробів залежить від співвідношення та кількості доданих амілолітичних ферментів. Існують рекомендації щодо дозування грибної α -амілази та глюкоамілази в якості поліпшувачів для хліба пшеничного [17]. Проте, можна зробити припущення, що дані дозування не будуть ефективними в разі виробництва хлібних виробів з рисового борошна. Це пов'язано з тим, що швидкість розщеплення амілолітичними ферментами крохмалю зерна різних культур відрізняється, що пояснюється різними розмірами і формою крохмальних зерен, а також їх структурними особливостями. Визначення оптимальної кількості ферментів проводили за накопиченням моно- та дисахаридів в модельній тістовій системі з рисового борошна без додавання дріжджів, вологість якої становила 53 %. Тривалість гідролізу складала 3 год при температурі середовища $40 \text{ }^\circ\text{C}$. При цьому α -амілазу вносили в кількості 0,002 %, 0,005 % і 0,007 % до маси борошна, а глюкоамілазу – 0,03 %, 0,04 % і 0,05 % до маси борошна. Не однакове дозування даних ферментів пояснюється їх різною амілолітичною активністю. Результати визначення впливу амілаз на накопичення цукрів в рисовому бездріжджовому тісті наведено на рис. 1.

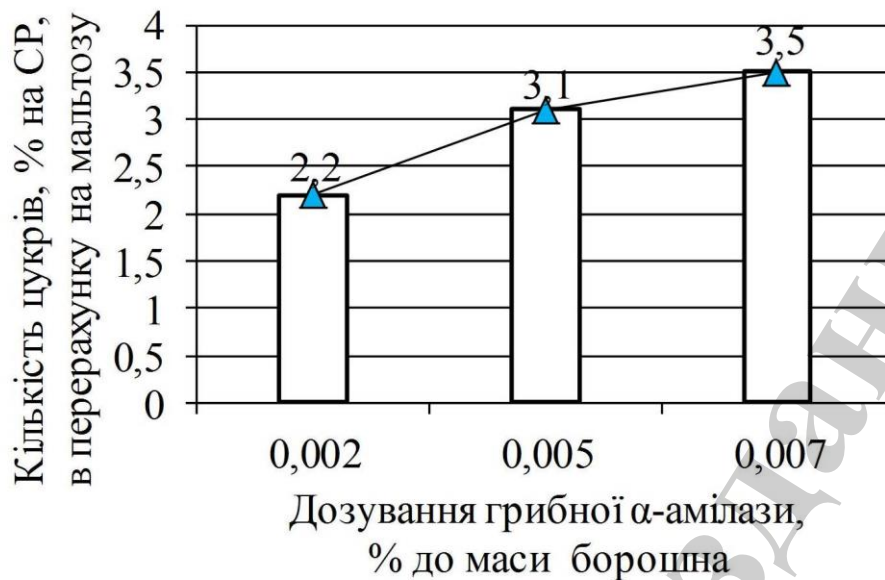


Рис. 1. Вплив ферментів на накопичення цукрів у рисовому тісті:
а – α -амілаза; *б* – глюкоамілаза

За результатами досліджень (рис. 1) встановлено, що додавання α -амілази грибного походження в кількостях 0,005 % і 0,007 % до маси рисового борошна призводить до накопичення цукрів відповідно 3,1 % та 3,5 %, що на 29–37 % більше, ніж при використанні цього ферменту в кількості 0,002 % (рис. 1, *а*). При цьому, підвищення дозування α -амілази більше 0,005 % не призводить до суттєвого зростання кількості утворених продуктів гідролізу крохмалю. Аналіз результатів впливу глюкоамілази на накопичення цукрів в тісті (рис. 1, *б*) показав, що частка утворених сахаридів при її додаванні в кількості 0,04 % та 0,05 % до маси борошна складає 9,6 % і 11,7 % на СР відповідно. Тоді як внесення цього ферменту в кількості 0,03 % до маси борошна призводить до утворення 4,5 % на СР цукрів. Збільшення вмісту моно- та дисахаридів в тістовому напівфабрикаті понад 6 % є технологічно не бажаним, оскільки при цьому пригнічується

життєдіяльність дріжджових клітин, внаслідок підвищення осмотичного тиску в рідкій фазі тіста.

Для визначення оптимального дозування ферментів виходили з того, що на весь цикл приготування хліба необхідно 5,5–6 % цукрів від маси сухих речовин борошна. Слід звернути увагу на те, що використання однієї α -амілази з метою збагачення цукрами тістового напівфабрикату є не доцільним через значну тривалість процесу гідролізу. Так, для накопичення сахаридів до вищезазначеної кількості час ферментації складатиме понад 3 год. Тому, виходячи з отриманих результатів, технологічно обґрунтованим є сумісне використання α -амілази в кількості 0,005 % і глюкоамілази – 0,03 % до маси борошна, що забезпечуватиме їх синергічну дію. Внаслідок цього ферментативна модифікація крохмалю рисового борошна буде більш ефективною, а кількість накопичених продуктів його гідролізу, а саме моно- та дисахаридів, сприятиме інтенсифікації бродіння тіста.

Враховуючи рекомендований температурний та кислотний інтервали дії α -амілази та глюкоамілази, зазначені виробником, оптимальними для обох ферментів є температура 40 °C та рН 4,7. Так як бродіння тіста відбувається при 28–32 °C, внесення ферментів на етапі замісу тіста являтиметься недостатньо ефективним. Тому, з метою накопичення необхідної кількості цукрів на весь цикл приготування хліба, є доцільним готувати напівфабрикат-гідролізат з рисового борошна при 40 °C з наступним замішуванням тіста на його основі.

Існує пряма залежність між вологістю середовища і ефективністю дії амілолітичних ферментів на субстрат. У зв'язку з цим вивчали динаміку ферментативної реакції за накопиченням цукрів у часі при приготуванні напівфабрикату-гідролізату з рисового борошна з різною його вологістю за температури 40 °C (рис. 2). Масова частка вологи встановлювалась з розрахунку використання 100 %, 75 %, 50 % та 25 % рисового борошна за рецептурою та складала 53 %, 56 %, 65 % і 78 % відповідно. З метою створення оптимальних рН умов (4,7) для дії обох ферментів використовували лимонну кислоту в кількості 0,065 % до маси борошна.

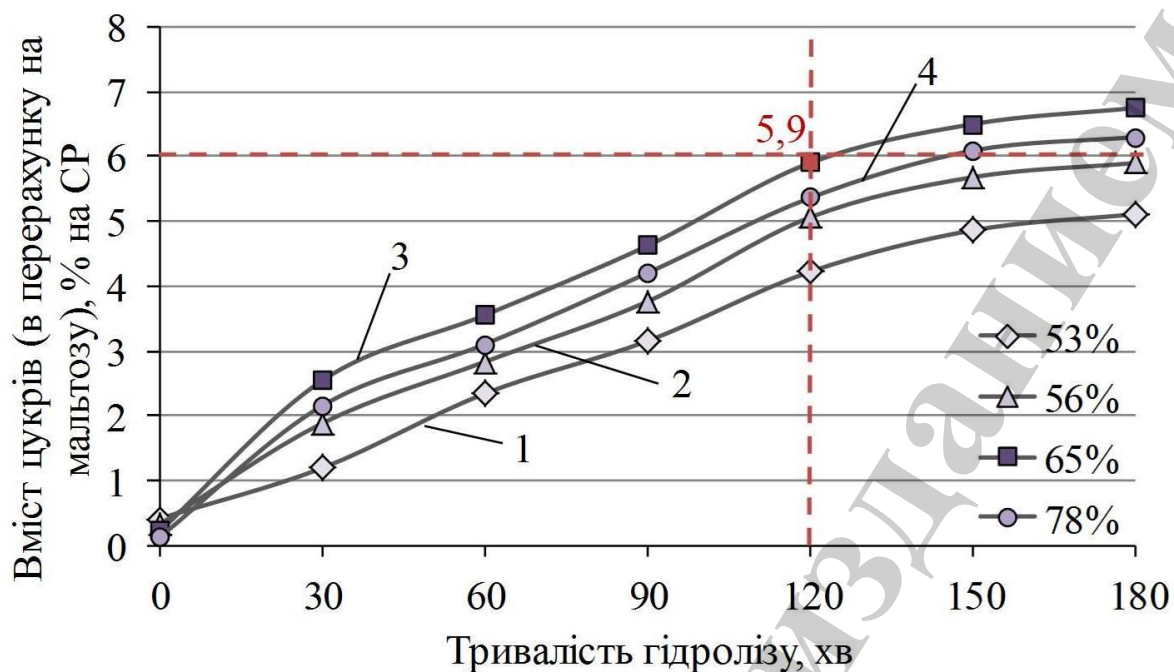


Рис. 2. Накопичення цукрів у напівфабрикаті-гідролізаті в залежності від його вологості при використанні рисового борошна: 1 – 100 %; 2 – 75 %; 3 – 50 %; 4 – 25 % від його загальної маси

Встановлено, що використання 50 % рецептурної кількості борошна для приготування напівфабрикату-гідролізату вологістю 65 % (рис. 2, крива 3) сприяло кращому накопиченню цукрів, ніж при застосуванні 75 % та 100 % борошна (рис. 2, криві 2 і 1). Це пов'язано з тим, що з підвищенням масової частки води зростає швидкість каталізованої ферментами реакції. Проте, слід відмітити ту обставину, що подальше підвищення вологості до 78 % є не доцільним, оскільки при цьому кількість накопичених продуктів гідролізу крохмалю зменшується (рис. 2, крива 4), що, очевидно, пов'язано з порушенням співвідношення фермент-субстрат.

Як відомо, покращення бродильної активності дріжджів та газоутворення в тісті спостерігається при внесенні цукрів до 6 % [14]. Наявність їх більшої кількості підвищує осмотичний тиск у рідкій фазі тіста і спричиняє плазмоліз дріжджових клітин (стиснення тіла живої клітини з відшаруванням оболонки), внаслідок чого уповільнюється спиртове бродіння, знижується газоутворення і, як наслідок, погіршується розпушення тіста. Виходячи з цього, за даними рис. 2 можна визначити, що оптимальна концентрація моно- та дисахаридів для активної життєдіяльності дріжджів та покращення газоутворювальної здатності рисового борошна становить 5,9 % на СР. Для накопичення цієї кількості цукрів в напівфабрикаті тривалість гідролізу складає 2 год (120 хв) при вологості 65 % за умови використання для його приготування 50 % борошна від загальної рецептурної кількості.

5. 2. Визначення впливу соняшникового знежиреного лецитину на показники технологічного процесу та якість рисового хліба із застосування ферментативного гідролізу крохмалю борошна

Цукри, які утворилися внаслідок деполімеризації крохмалю при застосуванні амілолітичних ферментів, являються джерелом живлення для дріжджів-сахароміцетів, що сприятиме покращенню інтенсивності бродіння тіста та, відповідно, показників якості готових виробів. Проте, така тенденція є очікуваною при виробництві хліба з пшеничного борошна, яке містить глютен. В разі приготування рисового тіста, враховуючи повну відсутність клейковини, необхідним є додаткове використання сировинних інгредієнтів, які здатні покращити його структурно-механічні властивості та забезпечити високі якісні показники готових виробів. Для підтвердження даної гіпотези попередньо було проведено пробне випікання для оцінки газоутворення в тісті за час бродіння, а також питомого об'єму готового хліба і його пористості, як основних показників якості. За результатами встановлено, що застосування ферментативної модифікації крохмалю борошна в технології рисового хліба призводить до збільшення питомого об'єму та пористості готових виробів лише на 15,4 % і 12,8 % порівняно з контрольним зразком без добавок, тоді як газоутворення в тісті за час бродіння зростає у 2,5 разів.

Тому, в ході подальших досліджень визначали вплив соняшникового знежиреного лецитину на поліпшення фізико-хімічних властивостей тіста і якості рисового хліба (табл. 1). Для обґрунтування оптимального дозування ПАР проведено пробні лабораторні випікання. Під час досліджень лецитин вносили в кількості 0,5 %, 1,0 % і 1,5 % до маси борошна. В якості контролю використовували зразок із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна.

Таблиця 1

Вплив соняшникового знежиреного лецитину на властивості тіста і якість рисового хліба

Показники	Контрольний зразок (з ферментами)	Зразки з ферментами та з додаванням лецитину, % до маси борошна		
		0,5	1,0	1,5
<i>Тісто</i>				
Газоутворення за 45 хв бродіння, см ³ /100 г тіста	330	419	425	425
Титрована кислотність, град.				
– поч.	2,6	2,6	2,6	2,7
– кінц.	3,2	3,3	3,4	3,4
Активна кислотність, од приладу				
– поч.	4,75	4,74	4,73	4,71
– кінц.	4,20	4,21	4,05	4,04
Питомий об'єм (через 45 хв бродіння), см ³ /г	1,32	1,45	1,55	1,57

	<i>Хліб</i>			
Питомий об'єм, см ³ /г	1,51	1,67	1,80	1,82
Кислотність, град	2,8	2,8	2,9	2,9
Пористість, %	41,4	44,3	47,4	47,6

Виходячи з отриманих результатів можна констатувати наявність позитивного впливу соняшникового знежиреного лецитину на показники якості тістового напівфабрикату та готового хліба з ферментами. Так, газоутворення в рисовому тісті за період його дозрівання підвищується на 21,2–22,4 % при додаванні ПАР порівняно з контролем. Використання лецитину з соняшника позитивно впливає також на накопичення кислотності в тісті. Через 45 хв бродіння тістових заготовок з внесенням емульгатора титрована кислотність зростає на 0,7–0,8 град., тоді як контрольного зразку тіста із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна – на 0,6 град. З підвищенням титрованої кислотності корелює зміна активної, яка закономірно зменшується. Отримані дані, очевидно, пояснюються покращенням доступності цукрів, утворених в процесі гідролізу, до дріжджової клітини за рахунок дії фосфоліпідної складової знежиреного лецитину на оболонку та цитоплазматичну мембрану дріжджів.

Аналізуючи результати дослідження показників якості готових виробів, встановлено, що питомий об'єм хліба збільшується на 9,5 %, 16,2 % і 17,0 % з підвищенням дозування лецитину. Аналогічна закономірність спостерігається і при визначенні впливу ПАР на пористість м'якушки, яка підвищується на 6,5 %, 12,7 % та 13,0 % відповідно в порівнянні з контролем. Таким чином, кращу поліпшувальну дію на якість рисового хліба лецитин проявляє у дозуванні 1 % до маси борошна, тоді як його внесення в кількості 1,5 % не призводить до суттєвого підвищення питомого об'єму та розпушеності м'якушки виробів.

Як відомо, використання знежирених лецитинів сприяє створенню та стабілізації емульсії типу «олія у воді», що обумовлюється наявністю в складі їх молекули гідрофільної та гідрофобної груп [23]. Виходячи з цього, за допомогою пробних лабораторних випікань встановлено, що внесення соняшникової олії в кількості 2–3 % до маси борошна при приготуванні рисового хліба з поліпшувачами призводить до збільшення питомого об'єму виробів, покращення структури пористості м'якушки та її еластичності. Так, в присутності олії пористість збільшується на 6,7–8,6 %, питомий об'єм хліба зростає на 7,5–9,4 % в порівнянні зі зразком без її додавання. Тому, в подальших дослідженнях сумісно з емульгатором використовували соняшкову олію в кількості 3 % до маси борошна.

5. 3. Дослідження впливу яєчного білка на показники технологічного процесу та якість рисового хліба з ферментами і лецитином

Пористість хліба залежить від розміру, рівномірності і скупчення повітряної фази, яка утворюється за рахунок накопичення вуглекислого газу при бродінні тіста, а також присутності повітря, що потрапляє під час його замішування. З метою покращення структури пористості та питомого об'єму рисового

хліба використовували сухий яечний білок. Враховуючи високі піноутворювальні властивості яечного альбуміну, його попередньо відновлювали водою та збивали до стійкої піни, яку вносили при замішуванні тіста. Для визначення впливу білка на основні показники якості рисового тіста та хліба було проведено пробні лабораторні випікання (табл. 2). Кількість сухого яечного альбуміну становила 3 %, 4 % і 5 % до маси борошна. Для порівняння використовували зразок із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна з додаванням лецитину в кількості 1 % до маси борошна та рослинної олії.

Таблиця 2

Вплив яечного білку на властивості тіста і якість рисового хліба

Показники	Зразок з ферментами, ПАР і олією	Зразки з ферментами, ПАР, олією та з додаванням яечного білку, % до маси борошна		
		3,0	4,0	5,0
<i>Тісто</i>				
Газоутворення за 45 хв бродіння, см ³ /100 г тіста	422	420	419	417
Титрована кислотність, град.				
– поч.	2,9	3,0	3,1	3,2
– кінц.	3,7	3,8	3,9	3,9
Активна кислотність, од. приладу				
– поч.	4,65	4,16	4,10	4,05
– кінц.	3,78	3,32	3,27	3,23
Питомий об'єм (через 45 хв бродіння), см ³ /г	1,65	2,05	2,11	2,10
<i>Хліб</i>				
Питомий об'єм, см ³ /г	1,97	2,45	2,55	2,53
Кислотність, град.	3,2	3,3	3,3	3,4
Пористість, %	51,5	64,0	66,5	65,0

Аналіз проведених досліджень закономірностей зміни технологічних характеристик тістових напівфабрикатів свідчить про те, що при додаванні яечного альбуміну початкова кислотність тіста підвищується на 0,1–0,3 град. При цьому її накопичення в процесі бродіння відбувається практично однаково у всіх зразках.

Необхідно зазначити, що зі збільшенням дозування яечного альбуміну інтенсивність бродіння в тісті дещо знижується, що підтверджується зменшенням кількості виділеного діоксиду вуглецю за період дозрівання тістових заготовок. Так, загальне газоутворення в зразках з 3 % білка до маси борошна зменшилося на 0,5 %, 4 % – на 0,7 %, 5 % – на 1,2 %, що, очевидно, пояснюється зниженням бродильної активності дріжджів. Це може бути пов'язано з підвищенням в'язкості колоїдного розчину білка, внаслідок збільшення його концентрації, а також погіршенням доступу поживних речовин до дріжджової клітини.

Наведені результати досліджень свідчать про те, що додавання яєчного білка в збитому вигляді справляє більш виражену дію на показники якості готових виробів, ніж соняшниковий знежирений лецитин з рослинною олією без його використання. Встановлено, що внесення альбуміну в кількості 3 % і 4 % до маси борошна сприяє збільшенню питомого об'єму хліба на 24,4 % та 29,4 % відповідно. Пористість м'якушки при такому дозуванні цього сировинного інгредієнта зростає на 24,2 % і 29,1 % порівняно з контрольним зразком. Отримана залежність пояснюється тим, що білкові молекули, маючи у своєму складі гідрофобні та гідрофільні угруповання, проявляють поверхнево-активні властивості, що сприяє підсиленню дії лецитину та призводить до покращення якості готового хліба. Крім того, активізація життєдіяльності мікрофлори на початку випікання забезпечує подальше розпушення тістової заготовки та збільшення її в об'ємі.

У разі збільшення кількості яєчного білка більше 4 % до маси борошна питомий об'єм хліба та пористість дещо погіршувались. Виходячи з отриманих даних, дане дозування являється оптимальним.

Крім фізико-хімічних показників якості, важливими споживчими властивостями продукту є органолептичні. Дослідження органолептичних показників якості свідчать про те, що розроблений хліб з ферментами, лецитином та білком має гладку поверхню без надривів та тріщин, а також рівномірну дрібну, тонкостінну пористість м'якушки. Крім цього, при взаємодії аміногруп білку та амінокислот з карбонільними групами сахаридів проходить реакція Майяра з утворенням меланоїдинів, які надають випеченому рисовому хлібу золотисту скоринку, приємний смак та аромат.

4. 4. Вплив амілолітичних ферментів, соняшnikового знежиреного лецитину і яєчного білка на в'язко-пластичні властивості рисового тіста та його газотримувальну здатність

Результати пробних випікань показали, що хліб, приготований на основі напівфабрикату-гідролізату з рисового борошна та з додатковим використанням ПАР і білка відрізняється за показниками якості від зразка без добавок. Тому, виникла необхідність визначити вплив даної сировини на в'язко-пластичні характеристики безглютенового тіста, уявлення про зміну яких можна отримати за показниками розпливання кульки тіста (рис. 4). Ферменти, соняшниковий знежирений лецитин і сухий яєчний білок вносили в оптимальних кількостях, які обґрунтовані в попередніх дослідженнях.

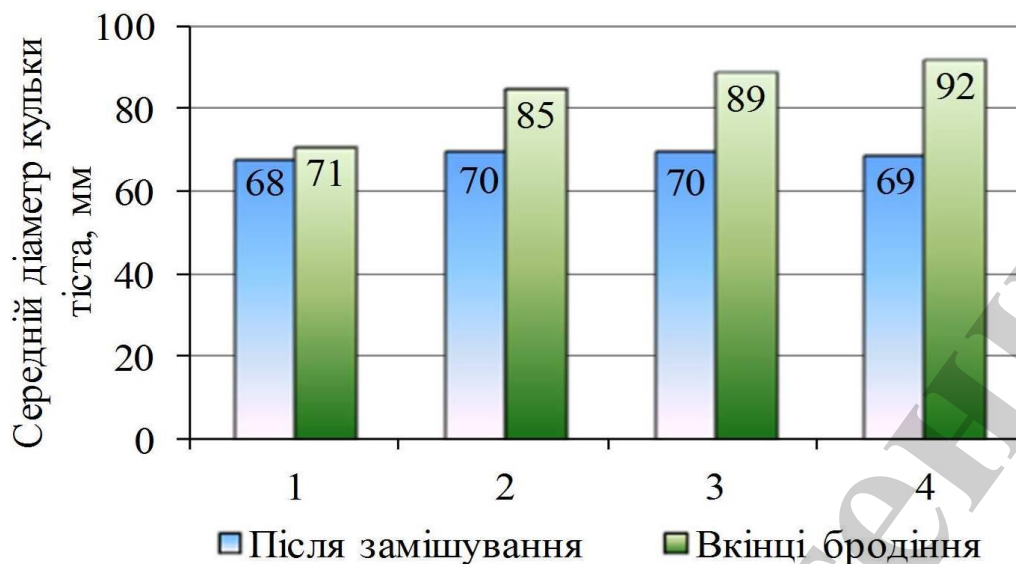


Рис. 4. Розпливання тіста: 1 – контроль (без добавок); 2 – з ферментами; 3 – з ферментами і лецитином; 4 – з ферментами, лецитином і яєчним білком

Результати досліджень свідчать про те, що за період бродіння тіста з використанням поліпшувачів та запропонованої сировини розпливання тістових заготовок збільшується по відношенню до контрольного зразку на 16,5–22,8 %. Це пов'язано з низькою активністю ферментативних процесів у рисовому тісті без добавок, внаслідок чого процес бродіння в ньому проходить із значно меншою інтенсивністю.

Збільшення розпливання зразків тіста, приготованих на основі напівфабрикату-гідролізату з рисового борошна, пояснюється дегідратаційними властивостями цукрів, утворених в результаті гідролітичного розкладу крохмалю та деполімеризацією складових борошна під час бродіння. Висока гідрофільність моно- та дисахаридів обумовлює наявність в структурі полімерів тіста прошарків концентрованих розчинів цукрів, які знижують внутрішню тертя системи, тобто її в'язкість. Цьому сприяє також здатність рослинної олії, яка вноситься з лецитином, адсорбуючись на поверхні крохмальних зерен та білкових міцел, перешкоджати набуханню даних колоїдів та збільшувати вміст рідкої фази тіста, внаслідок чого воно значно розріджується. Введення яєчного білка в збитому стані в рисове тісто також призводить до зниження його в'язкості. Це можна пояснити утворенням дисперсної системи з газоподібною фазою, яку отримують механічним розподілом повітря в відновленому розчині яєчного білку при збиванні, що призводить до збільшення його поверхні. Завдяки цьому система набуває значного запасу вільної поверхневої енергії та стає нестійкою.

Високі показники якості готових виробів, а зокрема питомий об'єм та пористість м'якушки, в значній мірі залежать від газотримувальної здатності тіста, на яку впливають його структурно-механічні властивості та інтенсивність бродіння. Здатність зразків тіста із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна та досліджуваною сировиною до збереження двоокису вуглецю оцінювали непрямим методом за зміною питомого об'єму тіста в процесі бродіння. Результати визначення представлені на рис. 5.

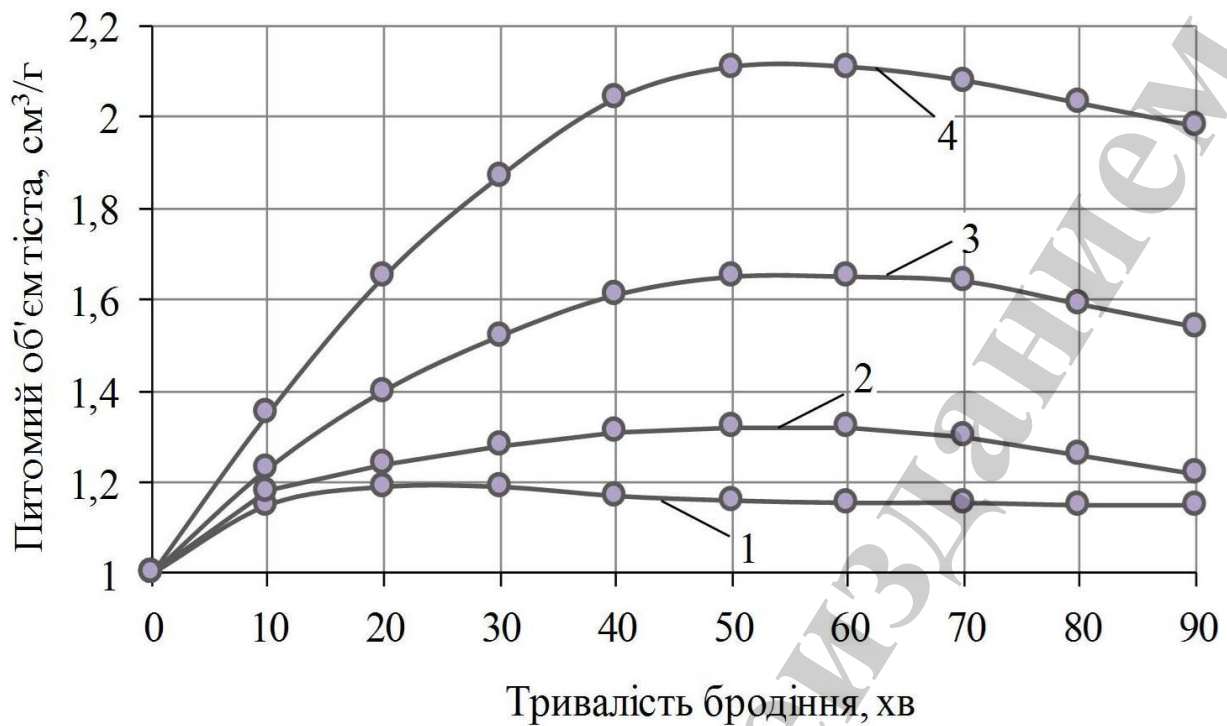


Рис. 5. Зміна питомого об'єму тіста в процесі бродіння:
 1 – контроль (без добавок); 2 – з ферментами; 3 – з ферментами і лецитином; 4 – з ферментами, лецитином і яєчним білком

Встановлено, що максимальний об'єм тістових напівфабрикатів з внесенням лецитину з олією та білка досягається через 45–50 хв бродіння та утримується більш тривалий час порівняно з контролем та зразком з ферментами. Отримані дані свідчать про покращення газотримувальної здатності тіста з ПАР та яєчним альбуміном.

Аналіз результатів дослідження зміни питомого об'єму тіста під час дозрівання підтвердив закономірності, отримані в результаті пробних випікань (табл. 1, 2). Так, питомий об'єм зразка із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна (рис. 5, крива 2) за 45 хв бродіння збільшується на 12 % порівняно з контролем без добавок (рис. 5, крива 1). Проте, дане підвищення не здійснює суттєвого впливу на об'ємний вихід та пористість готових виробів. Така тенденція є очікуваною, так як рисове тісто характеризується відсутністю клейковинного каркасу, що призводить до втрати діоксиду вуглецю під час дозрівання. При додаванні соняшникового знежиреного лецитину з олією до тіста з ферментами його питомий об'єм під час бродіння зростає більш інтенсивно (рис. 5, крива 3) та збільшився 29,7 % порівняно з контрольним зразком. Найбільшим значенням питомого об'єму характеризується тісто з додатковим внесенням збитого яєчного білка (рис. 5, крива 4). Його застосування сприяє збільшенню даного показника на 45 % та забезпечує найвищі показники якості готового хліба.

4. 5. Визначення впливу амілолітичних ферментів, соняшникового знежиреного лецитину і яєчного білка на параметри клейстеризації крохмалю рисового борошна

Важливу роль в забезпеченні якості і структури хлібобулочних виробів відіграють полісахариди борошна, основним з яких являється крохмаль. Його перетворення, а в першу чергу набухання і клейстеризація, зумовлює хід фізико-хімічних та біохімічних процесів в тісті, а також забезпечує формування структури м'якушки при випіканні.

Оскільки тісто є багатокомпонентною системою, у формуванні в'язкості водно-борошняної системи, поряд з крохмалем, приймають участь інші компоненти. Тому, для визначення впливу ферментативної модифікації крохмалю борошна та досліджуваної сировини на хід процесу клейстеризації провели амілографічні дослідження, результати яких представлені на рис. 6.

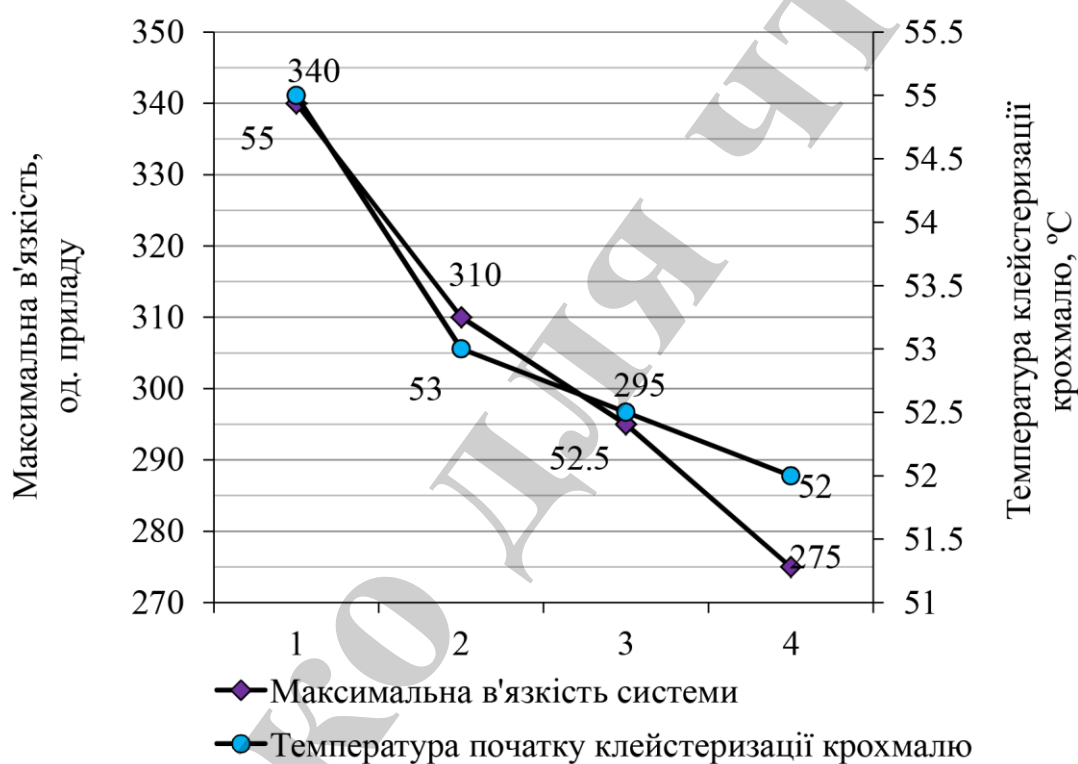


Рис. 6. Показники процесу клейстеризації водно-борошняних суспензій: 1 – контроль (без добавок); 2 – з ферментами; 3 – з ферментами і лецитином; 4 – з ферментами, лецитином і яєчним білком

Наведені результати свідчать, що застосування ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна, ПАР і білка впливає на в'язкість крохмального клейстеру. Активна дія амілолітичних ферментів у системі (рис. 6, 2) сприяє гідролізу крохмалю та, як наслідок, зниженню його здатності підвищувати в'язкість під час нагрівання. Це призводить до зменшення максимальної в'язкості суспензії на 8,8 % порівняно з контрольним зразком (рис 6, 1). Значення даного показника борошняної суспензії з внесенням лецитину (рис 6, 3) знижується на 4,8 % у порівнянні зі зразком з ферментами без ПАР (рис. 6, 2).

Зменшенню максимальної в'язкості системи сприяє олія, що входить до складу зразку з ПАР, яка з'єднується з білками борошна за місцем неполярних груп та частково блокує взаємодію гідрофільних сполук з водою. Внаслідок цього в суспензії підвищується вміст вільної води.

Додавання яєчного альбуміну зменшує максимальну в'язкість суспензії (рис 6, 4) на 11,3 % порівняно зі зразком із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна без поліпшувачів та білка. Отриману закономірність можна пояснити появою у середовищі додаткової кількості вільної води, що утворюється внаслідок денатурації яєчного білка при нагріванні водно-борошняної суспензії. Так, даний процес призводить до зміни просторової структури молекули, глобула білка розкручується, на її поверхні збільшується кількість гідрофобних груп та зменшується кількість внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, тобто знижуються гідрофільні властивості.

Аналіз даних рис. 6 показує, що при застосуванні ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна з внесенням лецитину та яєчного білка, початкова температура клейстеризації знижується в середньому на 4–8 %. Слід зазначити, що зміна температури клейстеризації крохмалю є важливим показником, який характеризує процес його ретроградації. Відомо, що чим нижня температура клейстеризації крохмалю, тим повільніше борошняні вироби черствіють [24]. Це дозволяє припустити, що рисовий хліб з додаванням досліджуваних компонентів дещо довше буде зберігати свіжість.

6. Обговорення результатів дослідження впливу ферментів, лецитину та білка на якість рисового хліба

При визначенні впливу амілолітичних ферментів на процес гідролізу рисового борошна, як витікає з отриманих результатів (рис 1, а, б), закономірним є збільшення кількості утворених цукрів з підвищенням дозування ензимів. Слід зазначити, що для накопичення моно- та дисахаридів в кількості 5,5–6 %, яка є необхідною для інтенсифікації процесу бродіння тіста, є доцільним сумісне використання α -амілази і глюкоамілази. Це обумовлено значною тривалістю процесу гідролізу крохмалю рисового борошна в разі самотійного застосування α -амілази, яка складає більше 3 год, що є економічно не доречним при впровадженні такої технології в закладах ресторанного господарства та міні-пекарнях. Сумісне використання цих ензимів сприяє кращій ефективності процесу ферментативної модифікації крохмалю борошна, внаслідок чого для накопичення необхідної кількості цукрів час гідролізу складає 2 год. При цьому дозування α -амілази становить 0,005 %, а глюкоамілази – 0,03 % до маси борошна. Зіставлення визначеної в результаті досліджень (рис. 1 і 2) кількості ферментів з рекомендованим їх дозуванням в разі застосування в технології пшеничного хліба [17], свідчить про зменшене додавання майже вдвічі. Це пов'язано з розмірами крохмальних зерен, які для рису становлять 5–6 мкм, тоді як пшениці – 25–35 мкм. Зі зменшенням дисперсності крохмальних зерен зростає атакуємість крохмалю, оскільки збільшується їх відносна поверхня контакту з ферментом, що призводить до підвищення кількості продуктів гідролізу. Це означає, що дозування α -амілази і глюкоамілази для проведення ферментативної модифікації

крохмалю борошна залежить від виду та походження субстрату, тобто борошняної сировини.

Дослідження впливу амілолітичних ферментів на питомий об'єм рисового хліба та пористість м'якушки свідчить про не суттєве покращення цих показників якості. Зіставлення отриманих результатів з даними визначення газоутворення в тісті вказує на невідповідність кількості виділеного діоксиду вуглецю за період бродіння якісним характеристикам готового хліба. Пояснити встановлену залежність можна тим, що лише частина вуглекислого газу, який утворюється під час дозрівання, призводить до розпушення тістових заготовок, решта його втрачається та не має технологічного значення. Це обумовлюється відсутністю в рисовому тісті гідратованої клейковинної мережі, що зазвичай формує просторову структуру тіста з пшеничного борошна. Враховуючи це з метою покращення структурно-механічних властивостей тістового напівфабрикату із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна, а зокрема його газоутримувальної здатності, набуває необхідності додаткове застосування поліпшувачів. Це не розходиться з науковими даними, добре відомими з робіт [11–13], автори яких, до речі, теж стверджують про доцільність сумісного використання цукру (сахарози) і структуроутворювачів, здатних імітувати властивості клейковини в тісті. Але, на відміну від результатів досліджень, опублікованих в [11–13], при застосуванні глюкоамілази і α -амілази крім цукрів, які мають позитивний вплив на інтенсивність бродіння тіста, накопичуються також декстрини. Дані сполуки збільшують в м'якушці хліба кількість зв'язаної вологи й забезпечують виражений вплив на уповільнення процесу ретроградації крохмалю, яка обумовлює черствіння.

При внесенні лецитину з олією та білка при замішуванні тіста із застосуванням ферментативного гідролізу борошна покращується його газоутримувальна здатність, що підтверджується дослідженнями зміни питомого об'єму тіста при бродінні (рис. 5). Це пояснюється технологічними функціями даних сировинних інгредієнтів в харчових системах. Так, фосфоліпіди лецитину, завдяки їх дифільній будові, орієнтуються на межі поділу двох фаз, зменшуючи поверхневий натяг, що сприяє хорошему утворенню крапель і захисту їх від коалесценції. Емульсія стає більш стійкою, оскільки коалесценції перешкоджає досить сильний енергетичний бар'єр, що створюється емульсійною плівкою на поверхні краплі води. Емульгатор діє на молекули води та жиру так, що вони відштовхуються один від одного, або створює стабільну систему захисних шарів навколо крапель. В результаті цього процесу фосфоліпіди утворюють на поверхні крапель води своєрідні бар'єри, перешкоджаючи їх з'єднанню, завдяки чому підвищується газоутримувальна здатність тіста. Це призводить до збереження виділеного CO_2 в процесі спиртового бродіння тістових напівфабрикатів. Крім цього, білкові молекули, маючи у своєму складі гідрофобні та гідрофільні угруповання, також можуть проявляти поверхнево-активні властивості.

Таким чином, покращення газоутримувальної і газоутворювальної здатності тіста з ферментами, ПАР та яечним білком сприяє поліпшенню показників якості готових виробів, а зокрема питомого об'єму та пористості (табл. 2). Важливу роль у забезпеченні високих якісних характеристик рисового хліба відіг-

рає додавання яєчного білка в збитому вигляді, який покращує розпушеність тістових напівфабрикатів та при випіканні денатурує, частково компенсуючи відсутність клейковинних білків, і в певній мірі виконує роль каркасу тіста. Укріплення білкової мережі в тісті внаслідок денатурації овоальбуміну сприяє фіксації пухирців повітря та CO₂, утвореного при бродінні в тістовій заготовці, внаслідок чого збільшується питомий об'єм і пористість готових виробів.

Зниження в'язкості тіста при застосуванні даних сировинних компонентів, яке встановлено в результаті інтерпретації результатів дослідження розпливання кульки тіста за час бродіння, наведених на рис. 4, можна відмітити як поліпшувачий ефект. Внаслідок меншої в'язкості тіста пухирці повітря, що входять до складу дисперсної фази, при випіканні розширюються сильніше. При цьому напівфабрикат при випіканні менше осідає і характеризується більшими значеннями питомого об'єму та пористості, що підтверджується показниками якості готових виробів (табл. 2). Слід відмітити доречність випікання формового хліба при застосуванні цих технологічних заходів.

Особливий інтерес представляють результати амілографічних досліджень (рис. 6), згідно з якими застосування ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна та внесення лецитину з олією та яєчного білка сприяє зниженню початкової температури клейстеризації крохмального полісахариду. Отримані дані дозволяють припустити, що готовий хліб буде дещо довше зберігати свіжість за рахунок уповільнення процесу ретроградації крохмалю. Це припущення дозволяє встановити напрям подальших досліджень, які будуть орієнтовані на визначення зміни показників якості виробів в процесі зберігання та виявлення форм зв'язку вологи в м'якушці.

7. Висновки

1. В результаті проведених досліджень встановлено доцільність проведення гідролізу крохмалю рисового борошна за допомогою амілолітичних ферментів в технології безглютенового хліба. Визначено, що дозування α -амілази в кількості 0,005 % та глюкоамілази – 0,03 % до маси борошна сприяє накопиченню цукрів у кількості 5,5–6 %, які необхідні для інтенсифікації перебігу процесу бродіння тіста. Для проведення більш повного гідролізу крохмалю борошна обґрунтовано доречність приготування напівфабрикату-гідролізату вологістю 65 % з 50 % рисового борошна від його рецептурної кількості з подальшим змішуванням тіста на його основі.

2. Встановлено, що внесення лецитину в кількості 1 % та сухого яєчного білка – 4 % до маси борошна в тісто з ферментативною модифікацією крохмалю борошна здійснює позитивний вплив на якість хліба. Враховуючи наявність гідрофобної групи в складі молекули лецитину, вказано доречність внесення ПАР в тісто сумісно з соняшниковою олією в кількості 3 % до маси борошна.

3. Доведено, що покращення якості хліба з додатковим використанням лецитину з олією та збитого яєчного білка обумовлено суттєвим підвищенням газоутримувальної здатності тіста та зменшенням його в'язкості. Дослідженнями стану вуглеводно-амілазного комплексу рисового тіста встановлено зниження початкової температури клейстеризації крохмалю, що може бути передумовою

подовження терміну зберігання свіжості хліба із застосуванням даних технологічних заходів та обраної сировини.

Література

1. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour / Elgeti D., Nordlohne S. D., Föste M., Besl M., Linden M. H., Heinz V. et. al. // *Journal of Cereal Science*. 2014. Vol. 59, Issue 1. P. 41–47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.010>

2. Laureati M., Giussani B., Pagliarini E. Sensory and hedonic perception of gluten-free bread: Comparison between celiac and non-celiac subjects // *Food Research International*. 2012. Vol. 46, Issue 1. P. 326–333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.020>

3. Comparison of rheological, fermentative and baking properties of gluten-free dough formulations / Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Gończy M., Pietrowska K., Przybylska A., Szychalska K. // *European Food Research and Technology*. 2008. Vol. 227, Issue 5. P. 1523–1536. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0875-1>

4. Rémésy C., Leenhardt F., Fardet A. Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et preventive // *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2015. Vol. 50, Issue 1. P. 39–46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2014.07.005>

5. Передерий В. Г., Губская Е. Ю. Целиакия – самое частое заболевание тонкой кишки. Как заподозрить, диагностировать и вылечить? В вопросах и ответах гастроэнтеролога врачам всех специальностей и пациентам: монография. Киев: Вистка, 2013. 112 с.

6. Грищенко А. М., Дробот В. І. Технологічні властивості безглютенових видів сировини // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. Т. 1, Вип. 46. С. 162–166.

7. Renzetti S., Dal Bello F., Arendt E. K. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase // *Journal of Cereal Science*. 2008. Vol. 48, Issue 1. P. 33–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.07.011>

8. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters / Nunes M. H. B., Moore M. M., Ryan L. A. M., Arendt E. K. // *European Food Research and Technology*. 2008. Vol. 228, Issue 4. P. 633–642. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0972-1>

9. Кулініч В. І., Гавриш А. В., Доценко В. Ф. Рисове борошно – перспективна сировина для безглютенових продуктів // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2013. Т. 1, Вип. 44. С. 175–178.

10. Hatta E., Matsumoto K., Honda Y. Bacillolysin, papain, and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread // *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 61. P. 41–47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.004>

11. Дослідження структурно-механічних властивостей безбілкового тіста з камедями гуару і ксантану / Грищенко А. М., Удворгелі Л. І., Михонік Л. А., Ковалевська Є. І. // *Харчова наука і технологія*. 2010. № 1 (10). С. 63–65.

12. Дробот В. І., Михонік Л. А., Грищенко А. М. Вплив структуроутворювачів на якість безглютенового хліба із суміші рисового та кукурудзяного борошна // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. Т. 23, № 6. С. 169–175. doi: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-6-21>
13. Михонік Л. А., Грищенко А. М. Використання рисового борошна в технології безглютенового хліба // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. Т. 23, № 2. С. 241–247.
14. Капрельянц Л. В. Использование ферментов в хлебопечении // Харчова наука і технологія. 2009. № 1 (6). С. 34–38.
15. Шаніна О. М., Лобачова Н. Л., Зверев В. О. Вплив ферменту трансглютаміназа на властивості білків борошна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 5, № 11 (71). С. 28–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.27573>
16. Кучерук З. І., Цуканова О. С. Використання полісахаридів рослинного і мікробного походження в технології безбілкового хліба: монографія. Харків: ХДУХТ, 2014. 131 с.
17. Поппер Л. Ферментная обработка муки // Хлебопродукты. 2009. № 6. С. 46–49.
18. Інноваційні підходи в технології хлібобулочних виробів з сухою молочною сироваткою / Бортнічук О. В., Гавриш А. В., Неміріч О. В., Доценко В. Ф. // Харчова наука і технологія. 2015. № 2 (31). С. 97–102. doi: <https://doi.org/10.15673/2073-8684.31/2015.44282>
19. Полодюк В. С., Арсеньєва Л. Ю., Доценко В. Ф. Ефективність використання лецитину в хлібопеченні // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2004. № 15. С. 35–38.
20. Мельник Е. Применение сухих яичных продуктов при производстве мучных изделий // Хлебопродукты. 2009. № 1. С. 52–53.
21. Medvid I., Shydlovska O., Dotsenko V. Influence of fermentative modification of rice flour starch on bread quality for patients with celiac disease // Ukrainian Food Journal. 2017. Vol. 6, Issue 4. P. 632–647. doi: <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2017-6-4-5>
22. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. пос. / за ред. В. І. Дробот. Київ: НУХТ, 2015. 902 с.
23. Гордієнко Л. В., Жидецька І. В. Вплив співвідношення рецептурних компонентів на реологічні властивості емульсії для пісочного тіста // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2010. Т. 1, Вип. 38. С. 214–217.
24. Исследование возможности использования плодовых порошков в технологии бисквитных полуфабрикатов / Доценко В. Ф., Мирошник Ю. А., Шидловская Е. Б., Медвидь И. Н. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 3, № 10 (69). С. 64–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24885>