

**THE RESEARCH OF INFLUENCE
OF AMYLOLITIC ENZYMES
ON MICROBIOLOGICAL PROCESSES
IN THE DOUGH AND QUALITY OF RICE BREAD**

I. Medvid, O. Shydlovska, V. Dotsenko
National University of Food Technologies

Key words:

Celiac disease
Gluten
Rice bread
Amylolytic enzymes
 α -amylase
Glucoamylase

Article history:

Received 01.03.2018
Received in revised form
15.03.2018
Accepted 02.04.2018

Corresponding author:

I. Medvid
E-mail:
medvidrina@gmail.com

ABSTRACT

The influence of α -amylase and glucoamylase on the rice dough maturation and quality of rice bread has been studied in the article. It has been stated, that the use of fermentative modification of starch in the rice flour helps to intensify the course of microbiological processes in the dough that leads to improvement of quality of readymade products.

Expediency of preparation of rice semi-prepared product of 50% of rice flour from its recipe amount and the humidity of 65% with further dough kneading on its basis aiming to hydrolyze the starch more completely has been justified. It was proved, that the increase of saccharides in the dough, that appear as a result of hydrolytic decomposition of starch flour by enzymes, leads to increase of carbon dioxide amount exuded during fermentation. It was determined, that during the process of maturation of dough preparations, made on hydrolyzed rice semi-ready product, activation of acid accumulation process takes place. Basing on the results of the study, recommended duration of dough fermentation of 45—50 minutes was offered, as this period is characterized by the highest intensification of microbiological processes that is confirmed by stabilization of oxidation-reducing dough potential. Positive effect of the use of enzymes of amylolytic action in the rice bread technology on specific volume of the dough and elastic properties of crumb of readymade products has been marked.

It has been studied out, that the use of flour starch hydrolyzation in rice bread production helps to prolong the expiration date of its freshness, as a result of increase the amount of dextrans, formed under the influence of α -amylase. As a result of research, the expediency of elaboration of activities aiming to improve elastic properties of rice flour dough to reduce carbon dioxide losses, formed during fermentation.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АМІЛОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТІСТІ ТА ЯКІСТЬ РИСОВОГО ХЛІБА

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

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив ферментів α -амілази й глюкоамілази на процеси дозрівання рисового тіста та якість готового хліба. Встановлено, що застосування ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна сприяє інтенсифікації перебігу мікробіологічних процесів у тісті, що призводить до поліпшення якості готових виробів.

Обґрунтовано доцільність приготування гідролізованого рисового напівфабрикату з 50% рисового борошна від його рецептурної кількості та вологістю 65% з подальшим замішуванням тіста на його основі з метою проведення більш повного гідролізу крохмалю. Доведено, що підвищення вмісту цукрів у тісті, які утворюються в результаті гідролітичного розкладу крохмалю борошна ферментами, сприяє збільшенню кількості діоксиду вуглецю, виділеного при бродінні. Визначено, що в процесі дозрівання тістових заготовок, приготованих на гідролізованому рисовому напівфабрикаті, відбувається активізація кислотонакопичення. На основі отриманих результатів досліджень запропоновано рекомендовану тривалість бродіння тістових заготовок — 45–50 хв, оскільки цей період характеризується найвищою інтенсивністю мікробіологічних процесів, що підтверджується стабілізацією окисно-відновного потенціалу тіста. Відмічено позитивний вплив використання ферментів амілолітичної дії в технології рисового хліба на питомий об'єм тіста та пружно-еластичні властивості м'якушки готових виробів.

Встановлено, що застосування гідролізу крохмалю борошна при виробництві рисового хліба сприяє подовженню терміну зберігання його свіжості внаслідок підвищення кількості декстринів, утворених під дією α -амілази. В результаті проведених досліджень визначено доцільність розроблення заходів, спрямованих на покращення пружно-еластичних властивостей тіста з рисового борошна з метою зменшення втрат вуглекислого газу, утворюваного при бродінні.

Ключові слова: *целякія, глютен, рисовий хліб, амілолітичні ферменти, α -амілаза, глюкоамілаза.*

Постановка проблеми. Хлібобулочні вироби складають основу харчування людини. Їх частка в раціоні населення України становить не менше 15%, тому вони традиційно посідають першочергове місце в споживчому кошику. Хліб не тільки задовольняє фізіологічні потреби в поживних речовинах, а й у деяких випадках вирішує лікувальні та профілактичні завдання [1; 2]. У зв'язку з цим актуальним є розроблення нових видів хлібобулочних

виробів спеціального призначення для хворих на аліментарно залежні захворювання.

Однією з найбільш гострих сучасних проблем є значне розповсюдження хвороб гастроентерологічного характеру. До таких захворювань відносять целиакію (глютеніву ентеропатію), що виникає внаслідок споживання харчових продуктів, до складу яких входить гліадин і глютенін, в генетично схильних осіб та вражає приблизно 1% населення земної кулі. У хворих на целиакію споживання білків, що містять гліадинові фракції, призводить до атрофії ворсинок і пошкодження слизової оболонки тонкого кишечника, що супроводжується мальабсорбцією багатьох важливих поживних речовин. Це може призвести до захворювань, пов'язаних з порушенням травлення, таких як остеопороз, анемія, діабет I типу, розлади шкіри [3; 4]. Виключення подразнюючого фактора в період загострення целиації сприяє нормалізації функціонування кишечника, покращенню засвоєння поживних речовин, поліпшенню загального самопочуття хворого. Єдиним методом лікування цієї хвороби є суворе дотримання безглютенової дієти протягом усього життя людини [5].

Зважаючи на те, що основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів є пшеничне та житнє борошно, яке заборонене для споживання при захворюванні на целиакію, постає необхідність повної заміни борошна з високою концентрацією білкових фракцій сировиною з безглютенівих злаків. Проте з огляду на особливості хімічного складу безглютенівих видів борошна, зокрема відсутності в ньому клейковини, яка відіграє роль структуроутворювача в тісті, хліб «без глютену» має низькі, порівняно з традиційним пшеничним хлібом, органолептичні та структурно-механічні властивості. Тому питання пошуку нових шляхів покращення якості хліба для хворих на целиакію стоїть досить гостро і є актуальним.

Для виробництва хліба досить важливим етапом є бродіння тіста. Саме від процесів, обумовлених життєдіяльністю мікроорганізмів і активацією ферментативної діяльності, які відбуваються при дозріванні, багато в чому залежить якість готових виробів. У технології хліба з пшеничного борошна процес бродіння відбувається за рахунок зброджування власних цукрів сировини. Головну ж частку складає мальтоза, що утворюється при розщепленні крохмалю під дією β -амілази. Інтенсивність бродіння залежить від доступності та кількості поживних речовин, необхідних для розвитку мікрофлори тіста, до яких передусім відносять цукри, що є джерелом живлення для дріжджових клітин [2; 6].

При виробництві безглютенівого хліба альтернативою глютенівмісній сировині є рисове борошно, яке характеризується невеликим вмістом моно- та дисахаридів (до 0,7%), а також низькою активністю власних α - та β -амілаз [7]. Тому його використання як основної сировини для приготування хліба для хворих на целиакію не забезпечує необхідну для розпушення тістових заготовок інтенсивність процесу спиртового бродіння, внаслідок чого випечені з цього борошна вироби мають малий об'єм, низьку пористість і бліду скоринку. Для покращення газоутворювальної здатності безглютенівого тіста науковцями [8] обґрунтовано доцільність додавання 4% цукру, внаслідок чого закономірно збільшується сумарний об'єм виділеного вуглекислого газу. Проте цукор має дегідратаційні властивості, що призводить до розрі-

дження тіста за високих його концентрацій. Молекули сахарози під час контакту з водою вкриваються гідратними оболонками, що збільшує їх міжмолекулярний об'єм, а також знижує швидкість дифузії при набуханні біополімерів.

Актуальним напрямом для покращення якості безглютенового хліба є використання амілолітичних ферментів, які гідролізують крохмаль борошна, внаслідок чого підвищується вміст зброджуваних цукрів у тісті. Рисове борошно є перспективною сировиною для модифікації його вуглеводного складу, оскільки характеризується високим вмістом цього полісахариду (79,1%), а також зменшеними розмірами крохмальних зерен (5—6 мкм), внаслідок чого вони мають високу атакованість амілазами. Ферментативна дія на крохмаль сприяє збільшенню кількості цукрів у тісті, що призводить до активізації в ньому мікробіологічних процесів, а саме: покращення кислотонакопичення та газоутворення в процесі бродіння. У свою чергу, це призводить до збільшення об'єму виробів, покращення пористості й текстури м'якушки. 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 й 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 [9; 10]. Очевидно, використання амілолітичних ферментів, а саме: α -амілази та глюкоамілази, матиме позитивний вплив не тільки на інтенсифікацію мікробіологічних процесів при бродінні тіста, а й подовження терміну збереження свіжості готового хліба за рахунок накопичення низькомолекулярних декстринів, чого не можливо досягти при додаванні кристалічного цукру.

Отже, проведений аналіз дав змогу виявити перспективність застосування ферментів амілолітичної дії з метою модифікації вуглеводного складу рисового тіста для активізації в ньому мікробіологічних процесів та покращення якості готових виробів.

Метою дослідження є встановлення впливу ферментів з амілолітичною активністю на закономірності перебігу мікробіологічних процесів при дозріванні тіста з рисового борошна та показники якості готових виробів.

Матеріали і методи. Як основну сировину для розробки безглютенового хліба використовували борошно рисове ТМ «World's rice» (ДП «Бест Альтернатива», Україна, ТУ У 15.6-24583590.001-2001) з маркуванням «перекреслений колосок». У дослідженнях застосовували ферменти амілолітичної дії, а саме: α -амілазу грибного походження «Alphamalt VC 5000 SN» (5000 SKB/г, оптимальні рН 4,7—5,8, температура 40—50°C, *Mihlenchemie*, Німеччина) та глюкоамілазу «Glucomil», продуковану *Aspergillus niger* (500 AMG/г, оптимальні рН 3,0—5,5, температура 40—64°C, Німеччина). Також використовували дріжджі пресовані (ПрАТ «Ензим», Україна ДСТУ 4812:2007), сіль кухонну (ДСТУ 3583-97), лимонну кислоту (ГОСТ 908-2004), воду питну (ДСТУ 7525, ДСанПіН 2.2.4-171).

Для забезпечення оптимальних умов дії одночасно α -амілази та глюкоамілази встановлювали температуру середовища 40°C та рН 4,7. Температурний діапазон для активної життєдіяльності дріжджів при бродінні тіста становить 28—32°C, що є не зовсім бажаним для дії ферментів, тому з метою забезпечення більш повного гідролізу крохмалю борошна для збагачення середовища цукрами попередньо готували гідролізований рисовий напівфабрикат з масовою часткою вологи 65% при 40°C. З метою підтримання відповідних рН умов для ферментів 4,7, використовували лимонну кислоту в кількості 0,065% до маси борошна. Для цього з'єднували рисове борошно (50% від його рецептурної кількості), лимонну кислоту, α -амілазу і глюкоамілазу в раніше визначених дозуваннях 0,005% та 0,03% до маси борошна, відповідно, воду за розрахунком. Суміш піддавали гідролізу в термостаті при 40°C протягом 120 хв до накопичення в ній цукрів 5,5—6%. На основі гідролізованого рисового напівфабрикату замішували тісто вологістю 53% з додаванням 3% дріжджів пресованих хлібопекарських, солі та другої частини борошна згідно з рецептурою. Потім формували тістові заготовки та піддавали їх дозріванню за температури 32°C та відносної вологості повітря 85%.

Тісто для контрольного зразка готували без внесення ферментів і лимонної кислоти.

Для дослідження показників, які характеризують перебіг мікробіологічних процесів при бродінні тіста (газоутворювальної здатності, активної та титрованої кислотності, окисно-відновного потенціалу тіста) та якості готових виробів (питомого об'єму хліба, пористості, крихкватості та ступеня деформації м'якушки) використовували загальноприйняті методики [11].

Результати і обговорення. Важливе значення у формуванні якості хліба відіграють мікробіологічні процеси, перебіг яких у тісті визначається станом вуглеводно-амілазного комплексу зерна. Серед процесів, що відбуваються під час дозрівання тіста, головна роль належить спиртовому та молочнокислому бродінню, інтенсивність яких обумовлюється взаємодією мікрофлори тіста і продуктів ферментативного гідролізу біополімерів борошна та інших складових рецептури. Аналіз вуглеводно-амілазного комплексу рисового борошна свідчить про низький вміст власних моно- і дисахаридів (0,7%) та показник цукроутворювальної здатності (164 мг мальтози/10 г борошна) порівняно з пшеничним борошном (290 мг мальтози/10 г борошна), що вказує на невисоку активність амілолітичних ферментів [12]. Тому для підвищення кількості цукрів у тісті, необхідної для забезпечення процесу бродіння, нами було запропоновано введення в тісто ферментів з амілолітичною активністю, а саме: α -амілази та глюкоамілази.

Газоутворення є головним показником, який характеризує інтенсивність спиртового бродіння в тісті. Він відображає активність дріжджових клітин і забезпечення їх поживними речовинами. Від газоутворювальної здатності залежить перебіг процесу бродіння, збільшення питомого об'єму тіста та хліба, розпушеність м'якушки, а також забарвлення скоринки. Тому на першому етапі досліджень визначали вплив амілолітичних ферментів на процес газоутворення в тісті, приготованого на основі гідролізованого рисового напівфабрикату (рис. 1, 2). Як контрольний зразок готували тісто без внесення ферментів.

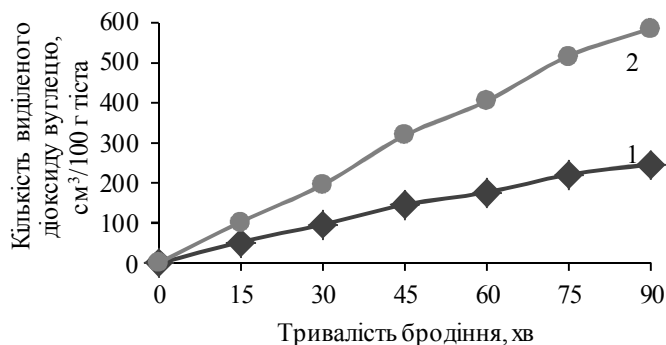


Рис. 1. Газоутворення в рисовому тісті:
1 — контроль (без ферментів); 2 — з ферментами

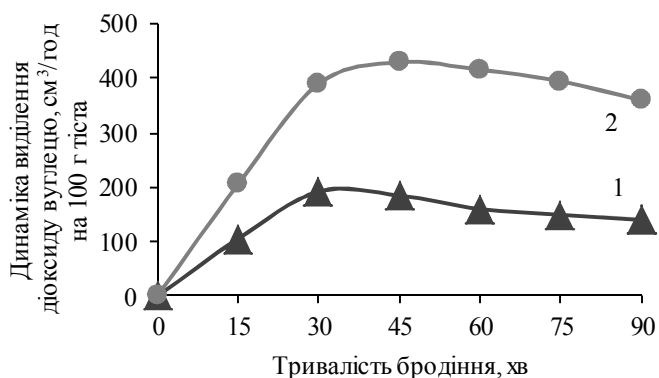


Рис. 2. Динаміка газоутворення в рисовому тісті:
1 — контроль (без ферментів); 2 — з ферментами

Встановлено, що використання ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна за допомогою α -амілази та глюкоамілази сприяє інтенсифікації процесу спиртового бродіння, про що свідчить більш активне накопичення діоксиду вуглецю (рис. 1). При цьому сумарна кількість виділеного вуглекислого газу за 90 хв бродіння рисового тіста збільшується на 56,5% порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється збагаченням тіста цукрами, внесеними з гідролізованим рисовим напівфабрикатом, які утворюються в результаті гідролітичного розкладу крохмалю борошна ферментами.

Збільшення кількості поживних речовин у рисовому тісті із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна сприяє активізації бродильної мікрофлори. Аналіз швидкості газоутворення в ньому (рис. 2) свідчить про неоднаковий час зброджування дріжджами цукрів порівняно з контрольним зразком. При цьому спостерігається одностадійне бродіння, тобто швидкість газоутворення зростає до максимуму один раз, що є наслідком збільшення в тісті кількості глюкози, яка є продуктом розщеплення крохмалю рисового борошна глюкоамілазою. Відомо, що за досягненням максимальної швидкості газоутворення можна визначити загальну тривалість процесу приготування

тіста. Цукри, які утворилися під час амілолізу крохмалю рисового борошна при приготуванні гідролізованого рисового напівфабрикату, активно зброджуються протягом 60 хв дозрівання тіста, а максимум швидкості газотворення досягається через 45 хв, що може свідчити про готовність тіста. В зразку без використання амілолітичних ферментів екстремум цього показника спостерігається через 30 хв дозрівання, що пояснюється низьким вмістом у ньому власних цукрів і цукроутворювальною здатністю рисового борошна.

Під час дозрівання тіста відбувається накопичення кислореагуючих сполук, які утворюються в результаті життєдіяльності молочнокислих бактерій і дріжджів та продуктів гідролізу полімерів тіста, що мають кислу реакцію. Титрована кислотність є об'єктивним показником ступеня готовності напівфабрикатів. У свою чергу, активність дріжджів і ферментів суттєво залежить від рН середовища. У зв'язку з цим вплив амілолітичних ферментів на перебіг мікробіологічних процесів у рисовому тісті під час дозрівання оцінювали за зміною його титрованої та активної кислотності протягом 90 хвилин. Результати дослідження динаміки титрованої кислотності тіста при бродінні представлено на рис. 3.

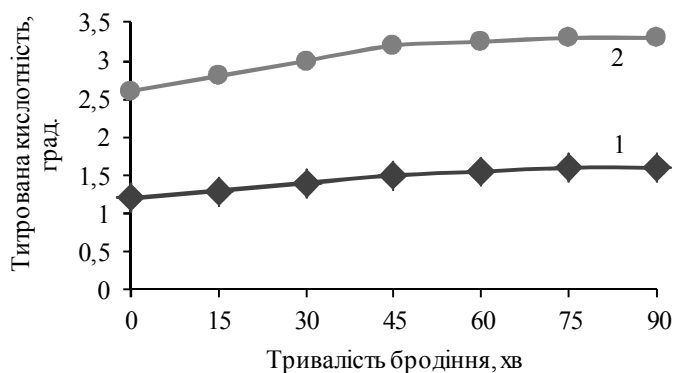


Рис. 3. Зміна титрованої кислотності рисового тіста:
1 — контроль (без ферментів); 2 — з ферментами

Аналіз отриманих даних показав, що при використанні ферментативної модифікації рисового крохмалю за допомогою α -амілази та глюкоамілази спостерігається значно інтенсивніше зростання кислотності при дозріванні тіста в дослідному зразку порівняно з контрольним. Підвищення початкової кислотності тіста, приготованого на основі гідролізованого рисового напівфабрикату, на 1,5 град порівняно з контролем, обумовлено внесенням лимонної кислоти з метою створення оптимальних умов для дії амілаз. Через 90 хв дозрівання тіста із застосуванням модифікації крохмалю рисового борошна за допомогою ферментів кислотність збільшується на 0,7 град, тоді як контрольного зразка лише на 0,4 град. Це, ймовірно, пов'язано з більш активною життєдіяльністю молочнокислих бактерій і дріжджів, яка значною мірою залежить від складу живильного середовища, а також від кількості моно- та дисахаридів. З підвищенням титрованої кислотності протягом усієї тривалості бродіння тіста закономірно знижується його активна кислотність (рис. 4).

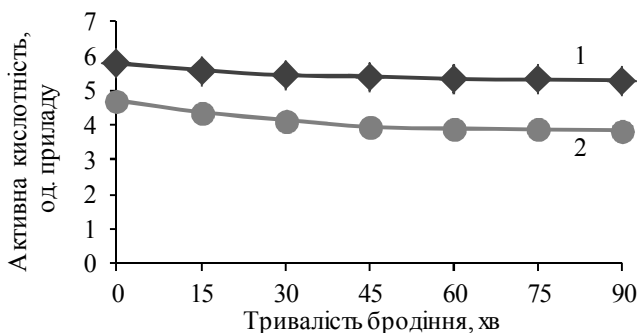


Рис. 4. Зміна активної кислотності рисового тіста:
1 — контроль (без ферментів); 2 — з ферментами

При замішуванні тіста на гідролізованому рисовому напівфабрикаті початкове рН середовища знижується до 4,75...4,70 од. приладу, що обумовлено внесенням лимонної кислоти з метою створення оптимальних умов для дії амілаз. Отримані дані (рис. 4) свідчать про те, що в тісті із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна за допомогою α -амілази та глюкоамілази, величина приросту активної кислотності вища порівняно з контролем. Інтенсивність кислотонакопичення в тісті з ферментами набуває тенденції до зменшення через 45 хв дозрівання, тоді як у контрольному зразку — 30 хвилин.

В основі бродіння лежать окисно-відновні реакції, тому, крім зміни титрованої кислотності та рН, відбувається також зміна окисно-відновного потенціалу (ОВП) тіста. ОВП визначали через різницю потенціалів між зануреним платиновим електродом та електродом порівняння (хлор-срібним). Його виражали через від'ємний логарифм парціального тиску молекулярного водню rH_2 , який дає уявлення про сумарний окисно-відновний стан середовища. Ступінь зміни величини rH_2 характеризує інтенсивність процесів, що відбуваються при бродінні тіста, причому процес бродіння відбувається тим активніше, чим більш відновлювані умови створюються в тісті. Для тіста величина rH_2 має діапазон зміни від 0 до 40 і характеризує ступінь відновлення (рух до 40) або окиснення (рух до 0) середовища — від насичення її воднем до насичення киснем [11]. Результати дослідження зміни ОВП тіста при бродінні представлено на рис. 5.

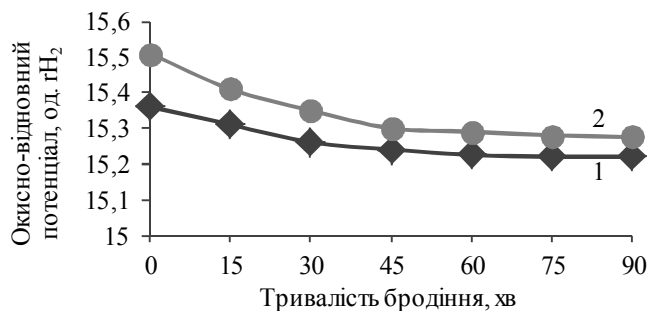


Рис. 5. Зміна окисно-відновного потенціалу (ОВП) рисового тіста:
1 — контроль (без ферментів); 2 — з ферментами

Результати досліджень ОВП рисового тіста свідчать, що в зразку з використанням ферментативної модифікації крохмалю борошна створюються більш відновні умови, що сприяє активізації перебігу в ньому мікробіологічних процесів. Це пояснюється збільшеним вмістом цукрів, утворених при приготуванні гідролізованого рисового напівфабрикату під дією α -амілази та глюкоамілази, які являються відновниками в хлібному тісті. Проте додавання лимонної кислоти, яка виступає окисником, дещо урівноважує систему, що не призводить до суттєвої зміни ОВП. Важливе значення для визначення готовності тіста має період стабілізації значення γH_2 , тобто період, коли швидкість зміни γH_2 близька до нуля. Встановлено, що інтенсивність бродіння тіста з використанням ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна набуває тенденції до зменшення після 45 хв бродіння, що, очевидно, зумовлено виникненням дефіциту зброджуваних цукрів. Отримані дані зміни величини γH_2 в процесі дозрівання тіста корелюють з визначенням його титрованої та активної кислотності. Можна зробити припущення, що тривалість бродіння рисового тіста буде знаходитись в межах 45—50 хв, оскільки саме цей період характеризується найвищою інтенсивністю мікробіологічних процесів, що підтверджується стабілізацією ОВП.

Отже, в результаті підвищення кількості легкодоступного цукру, який асимілюється дріжджовими клітинами, відбувається інтенсифікація процесу спиртового бродіння, внаслідок чого можна очікувати покращення структури пористості та об'єму готового хліба. Якість хлібобулочних виробів значною мірою забезпечується високою газотримувальною здатністю тіста та зниженими втратами утворюваного вуглекислого газу. Ці фактори формують розвиток об'єму дріжджового тіста. З огляду на це на наступному етапі досліджень визначали вплив ферментів на питомий об'єм тіста (рис. 6). Тривалість його бродіння становила 45 хв.

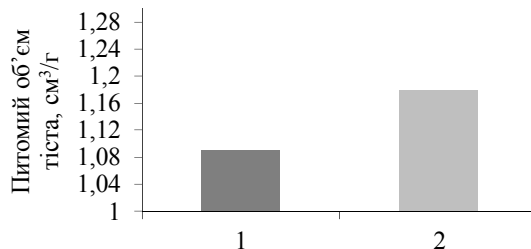


Рис. 6. Питомий об'єм рисового тіста:
1 — контроль (без ферментів); 2 — з ферментами

Аналіз отриманих результатів показує, що питомий об'єм тіста, приготованого на основі гідролізованого рисового напівфабрикату, після 45 хв бродіння збільшується майже вдвічі порівняно з контрольним зразком. Проте тісто з рисового борошна характеризується відсутністю клейковинного каркасу, внаслідок чого накопичення діоксиду вуглецю в ньому є неефективним. Вуглекислий газ, який утворюється при спиртовому бродінні утворює тиск у

тістовій заготовці, в результаті цього на її поверхні з'являються тріщини, через які відбуваються втрати CO₂ при дозріванні та на початку випікання і, як наслідок, об'єм тіста зменшується, що не дає змогу отримати хліб з високим об'ємним виходом. У ході подальших досліджень було визначено вплив застосування ферментативної модифікації крохмалю рисового борошна на показники якості готових виробів (табл. 1).

Таблиця 1. Показники якості рисового хліба

| Показник | Характеристики показників якості хліба | |
|---|--|--------------|
| | Контроль (без ферментів) | З ферментами |
| Питомий об'єм, см ³ /г | 1,27 | 1,44 |
| Кислотність, град | 1,3 | 2,8 |
| Пористість, % | 36,7 | 41,4 |
| Крихкуватість, % | | |
| через 3 год | 2,50 | 1,30 |
| через 24 год | 6,95 | 2,60 |
| Деформація м'якушки хліба, од. пенетрометра | | |
| через 3 год | 48 | 59 |
| через 24 год | 34 | 46 |

Результати досліджень свідчать про позитивний вплив застосування гідролізу крохмалю рисового борошна на зміну структурно-механічних властивостей готових виробів. Інтенсифікація мікробіологічних процесів у тісті із застосуванням α -амілази та глюкоамілази обумовлює покращення питомого об'єму та пористості готового хліба внаслідок підвищення кількості вуглекислого газу, виділеного при бродінні тістових заготовок. Проте аналіз отриманих результатів показує, що питомий об'єм і пористість рисового хліба, приготованого на основі гідролізованого напівфабрикату, збільшується лише на 13,4% і 12,5% порівняно з контрольним зразком, що не дає змогу значно покращити якість готових виробів, тоді як газоутворення за 45 хв бродіння зростає на 54,3% (рис. 1). Пояснити встановлену залежність можна тим, що лише частина вуглекислого газу, який утворюється під час дозрівання, призводить до розпушення тістових заготовок, решта CO₂ втрачається та не має технологічного значення. Це обумовлюється відсутністю в рисовому тісті гідратованої клейковинної мережі, що зазвичай формує просторову структуру тіста з пшеничного борошна.

Встановлено, що проведення гідролізу крохмалю рисового борошна за допомогою α -амілази та глюкоамілази при виробництві хліба призводить до зменшення крихкуватості в 1,9 раза порівняно з контролем для свіжовипечених виробів. Дослідження зміни ступеня деформації м'якушки хліба, приготованого на основі гідролізованого рисового напівфабрикату, показує, що через 3 год зберігання цей показник збільшується на 18%, а після 24 год — на 26%. При цьому зменшення ступеня penetрації хліба із застосуванням ферментативної модифікації крохмалю борошна відбувається менш інтенсивно, ніж контрольного зразку. Це можна пояснити накопиченням низькомолеку-

лярних декстринів в тісті під дією грибною α -амілази, що забезпечує більш тривалий час зберігання свіжості готових виробів.

Одним із важливих чинників стабілізації процесу утримання пухирців діоксиду вуглецю, утворених у тісті, є його висока газотримувальна здатність, яка є комплексним показником у формуванні об'єму тістової заготовки та, відповідно, питомого об'єму випеченого хліба. Тому подальші дослідження будуть пов'язані з розробленням заходів, спрямованих на покращення пружно-еластичних властивостей тіста з рисового борошна з метою зменшення втрат утворюваного при бродінні вуглекислого газу. Одним із шляхів покращення якості безглютенового хліба може бути використання поверхнево-активних речовин.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що використання амілолітичних ферментів у технології рисового хліба сприяє більш інтенсивному перебігу мікробіологічних процесів у тісті, що виявляється в активізації в ньому газо- та кислотонакопичення, зміні окисно-відновного стану середовища. Це зумовлено збільшенням у тістових заготовках кількості поживних для бродильної мікрофлори цукрів, що утворюються внаслідок гідролізу крохмалю рисового борошна під дією α -амілази та глюкоамілази. На основі отриманих даних з визначення впливу модифікації крохмалю борошна амілазами на перебіг мікробіологічних процесів у тісті рекомендовано встановити тривалість бродіння тістових заготовок 45—50 хв. Використання ферментів у технології рисового хліба позитивно впливає на питомий об'єм тіста та сприяє покращенню пружно-еластичних властивостей м'якушки готових виробів. Крім того, виробництво хліба за запропонованою технологією дає змогу отримати вироби з подовженим терміном збереження свіжості.

Література

1. Олійник С.Г. Продукти переробки зародків вівса та кукурудзи як перспективна сировина в технології хлібобулочних виробів / С.Г. Олійник, Г.В. Степанькова, О.І. Кравченко // Харчова наука і технологія. — 2015. — № 9(3). — С. 62—68.
2. Шаніна О.М. Вплив трансклятамінази на газоутворювальну та газотримувальну здатність рисового тіста / О.М. Шаніна, В.О. Алексенко // Вісник Харківського національного технічного університету та сільського господарства ім. Петра Василенка. — 2014. — Вип. 152. — С. 341—349.
3. Lamireau T. Epidemiologie de la maladie coeliaque / T. Lamireau, H. Clouzeau // Pathologie Biologie. — 2013. — # 61(2). — P. 1—4.
4. Hatta E. Bacillolysin, papain, and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread / E. Hatta, K. Matsumoto, Y. Honda // Journal of Cereal Science. — 2015. — # 61. — P. 41—47.
5. Дробот В.І. Дослідження впливу способу приготування тіста на показники якості безглютенового хліба / В.І. Дробот, А.М. Грищенко // Харчова наука і технологія. — 2012. — № 1(18). — С. 77—78.
6. Артамонов А.А. Исследование влияния инулина на микробиологические процессы, происходящие при тестоведении / А.А. Артамонов, А.Ю. Крыницкая // Вестник технологического университета. — 2017. — Т. 20, № 5. — С. 122—124.

7. Красина И.Б. Углеводно-амилазный комплекс вторичных продуктов переработки риса-зерна / И.Б. Красина, Т.Н. Прудникова, А.С. Зюзько // Известия вузов. Пищевая технология. — 2008. — № 2—3. — С. 32—33.

8. Грищенко А.М. Використання цукру в технології безбілкового та безглютенowego хліба / А.М. Грищенко, Л.А. Михонік, В.І. Дробот // Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодні та перспективи: Міжнар. наук.-практ. конференції, 27—28 вересня 2010 р.: тези доп. — 2010. — Ч. 1. — С. 17—18.

9. Капрельянц Л.В. Использование ферментов в хлебопечении / Л.В. Капрельянц // Харчова наука і технологія. — 2009. — № 1(6). — С. 34—38.

10. Поптер Л. Ферментная обработка муки / Л. Поптер // Хлебопродукты. — 2009. — № 6. — С. 46—49.

11. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навчальний посібник / за ред. чл.-кор. НААН В.І. Дробот. — Київ : Кондор-Видавництво, 2015. — 972 с.

12. Грищенко А.М. Технологічні властивості безглютенових видів сировини / А.М. Грищенко, В.І. Дробот // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. — 2014. — Т. 1, Вип. № 46. — С. 162—166.