

## ВПЛИВ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ НА ГАЗОУТВОРЮВАЛЬНУ ТА ГАЗОУТРИМУВАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ РИСОВОГО ТІСТА

**Шаніна О.М., д.т.н., проф., Алексенко В.О., аспірант**  
(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка)

*В статті розглянуто технологічні та наукові аспекти застосування різної рідкої фази та ферменту трансглютаміназа (ТГ) як структуроутворювача безглютенового тіста для хлібобулочних виробів. Встановлено підвищення газоутворюючої та газоутримуючої здатності, що дозволяє дати позитивний прогноз щодо якості готової хлібобулочної продукції.*

### **Постановка проблеми.**

Хлібобулочні вироби в харчуванні населення України поряд з іншими продуктами з зерна складають основу харчування людини. Хліб не тільки задовольняє фізіологічні потреби в харчових речовинах, але в деяких випадках вирішує лікувальні і профілактичні завдання. Для опанування цих завдань необхідно розробляти нові види хлібобулочних виробів спеціального призначення для хворих на аліментарно залежні захворювання.

Сьогодні фахівці все частіше діагностують захворювання, пов'язані з порушеннями обміну речовин та функціонування систем травлення; одним з таких захворювань є целиакія.

Целиакія – спадкове захворювання, пов'язане з порушенням травлення, викликане пошкодженням ворсинок тонкої кишки харчовими продуктами, які містять певний білок – глютен пшениці або близькі до нього білки злакових культур.

Основний спосіб лікування цього захворювання – суворе дотримання безглютенової дієти. Виробництво безглютенових продуктів для харчування цієї категорії населення в Україні майже не розвинено. Адже при розробленні рецептур лікувально-профілактичних виробів необхідно враховувати не тільки медико-біологічні, але й технологічні аспекти їх виробництва.

Створення безглютенових хлібобулочних виробів – складний процес, який залежить від багатьох технологічних чинників. Виключення із складу рецептури пшеничного борошна значно

ускладнює отримання тіста із задовільними показниками якості і в подальшому отримання готового хліба із задовільними органолептичними властивостями.

Бродіння тіста – це важливий етап процесу виробництва хліба, який може складатися з однієї, двох і більшої кількості фаз та займати до 90 % усієї тривалості процесу. Метою процесу бродіння тіста є поліпшення фізичних властивостей тіста (ступеня його розпушення) та накопичення смако-ароматичних продуктів. Під час бродіння тіста відбуваються біохімічні і мікробіологічні процеси, які обумовлені життєдіяльністю мікроорганізмів, активністю біологічних каталізаторів – ферментів, параметрами та умовами технологічного процесу. Основними мікробіологічними процесами є спиртове і молочнокисле бродіння. В технології хліба з пшеничного борошна процеси бродіння відбуваються за рахунок зброджування власних цукрів зерна, які потрапили в борошно. Головну ж частку складає мальтоза, що утворилась при розщепленні крохмалю. Інтенсивність процесу залежить від вмісту цукрів в тісті, від температури, кислотності тіста та наявності в ньому додаткової сировини.

Результати досліджень газоутворювальної здатності безглютенового тіста показано в роботах багатьох авторів. Так, встановлено, що додавання 4 % цукру в рецептуру безглютенового тіста підвищує газоутворювальну здатність у 1,5 рази, при збільшенні вмісту цукру закономірно збільшується сумарний об'єм вуглекислого газу, але це призводить до збільшення вистоювання тістових заготовок [1]. Встановлено, що безглютенові види борошна містять менше власних цукрів, ніж пшеничне борошно, а також мають нижчу цукроутворювальну здатність. Дослідження газоутворювальної здатності рисового борошна показали відсутність або низьку активність аміолітичних ферментів у їх складі, тому внесення у рецептуру цукру в кількості 4 % дозволяє забезпечити процеси спиртового бродіння [2].

Дослідження біохімічних процесів в тісті з безглютенових видів борошна свідчать, що проблем з утворенням вуглекислого газу в безглютеновому тісті практично не існує. Труднощі виникають під час його утримання в тісті через відсутність клейковинного каркасу.

Для поліпшення газоутворювальної здатності безглютенового тіста існує значна кількість наукових рекомендацій, серед яких – використання різноманітних загусників (камедей, карагенану, альгілату, ксантану, желатину та ін.) та стабілізаторів (найчастіше -

модифікованих крохмалів) [2]. Враховуючи відсутність клейковини в безглютенових видах борошна для забезпечення структуроутворення в тісті пропонують додавати камеді гуару і ксантану в кількості 1 %. Встановлено, що оптимальним співвідношенням в рецептурі камедей гуару і ксантану є 70:30 [3]. Запропоновано використання в якості структуроутворювача суміші гуарової і ксантанової камедей, а для підвищення дії структуроутворювачів додаткове внесення пектину. Співвідношення ксантанової та гуарової камедей складає 1:1 в загальній кількості 0,02 % до маси кукурудзяного крохмалю [4]. Використання ферментних препаратів як структуроутворювача при виготовленні безглютенових хлібобулочних виробів є вкрай рідким.

Новий ферментний препарат для хлібопекарського виробництва – транsgлютаміназа (ТГ) – сприяє утворенню поперечних зв'язків між молекулами білка і таким чином покращує реологічні властивості тіста в процесі теплової обробки. Зокрема, транsgлютаміназа підсилює білок та сприяє формуванню оптимальних характеристик безглютенового тіста.

Метою дослідження було вивчення впливу рідкої фази та ферментного препарату транsgлютамінази на газоутворюючу та газотримуючу здатність безглютенового тіста.

#### **Матеріали і методи дослідження.**

Об'єктами дослідження обрано наступні види досліджуваної сировини: борошно рисове, сухі дріжджі «Саф-момент», воду питну, молоко, сироватку, ферментний препарат транsgлютаміназа «Sargona RWF».

Газоутворювальну здатність визначали на приладі Яго-Островського протягом 5 годин, тісто готували безопарним способом з вологістю 52 % за рецептурою: рисове борошно – 100 г; сухі дріжджі – 1 г, рідка фаза – за розрахунком. Для вивчення газотримувальної здатності зразків тіста з добавками та без них вивчали стандартним методом за піднімальною силою тіста в циліндрі.

#### **Результати дослідження.**

На першому етапі досліджували вплив рідкої фази та ферменту транsgлютамінази на газоутворювальну здатність безглютенового тіста (табл. 1). Результати впливу рідкої фази на газоутворювальну та газотримувальну здатність представлено на рис. 1, впливу ферментного препарату транsgлютамінази представлено на рис. 2.

Таблиця 1

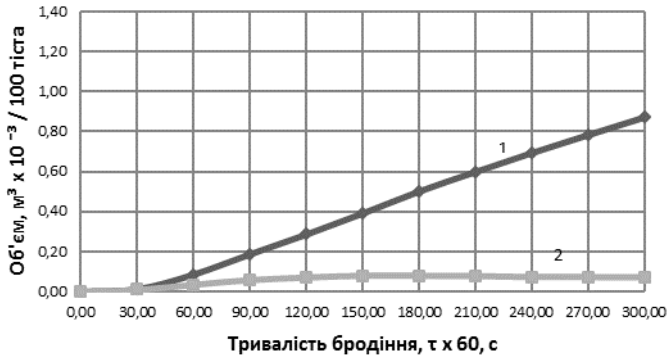
Дослідження впливу рідкої фази та ферменту ТГ на газоутворювальну здатність безглютенового тіста

Зразки	Газоутворювальна здатність, об'єм $\text{CO}_2 \cdot 10^{-3}$ , м <sup>3</sup>	
	без ТГ	з ТГ
Борошно рисове, вода	0,871	0,792
Борошно рисове, молоко	0,741	0,679
Борошно рисове, сироватка	1,251	1,230

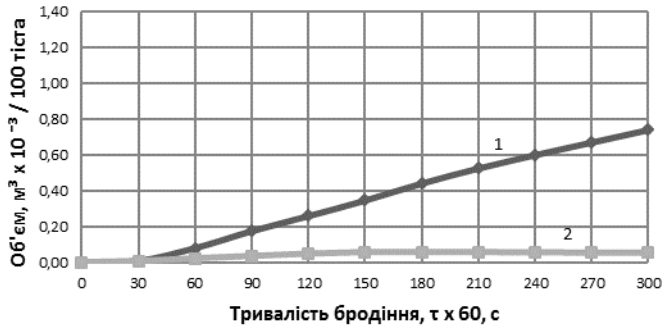
При заміні води на молоко загальний об'єм діоксиду вуглецю зменшується на  $0,131 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. При використанні сироватки загальний об'єм збільшується на  $0,380 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> відносно контрольного зразка (борошно рисове, вода). Це пояснюється тим, що при додаванні сироватки більш інтенсивно відбувається молочнокисле бродіння. Молочнокислі бактерії мають великий вплив на смак та аромат, хліб приготований на сироватці має приємний кислуватий смак. При додаванні ферменту трансглютамінази газоутворювальна здатність дещо зменшується, так загальний об'єм діоксиду вуглецю для зразків зменшується  $0,021 \dots 0,079 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Отже, представленні данні свідчать, що трансглютаміназа має незначний вплив на газоутворювальну здатність безглютенового тіста порівняно з тим потужний впливом, який чинить рідка фаза тіста (зокрема, сироватка).

На другому етапі досліджували можливість втрат діоксиду вуглецю в безглютеновому тісті. Для проведення кількісної оцінки розходжень між експериментальними та розрахунковими даними здійснено математичну обробку отриманих результатів (табл.2). Для визначення інтегруванням знаходили площу під окремою кривою (газоутворювальною  $\Sigma 1$  та газоутримувальною  $\Sigma 2$  відповідно) без ТГ та під її впливом (табл.3). Різницю ( $\Sigma 1 - \Sigma 2$ ) визначали як втрати  $\text{CO}_2$  за 5 годин бродіння безглютенового тіста.

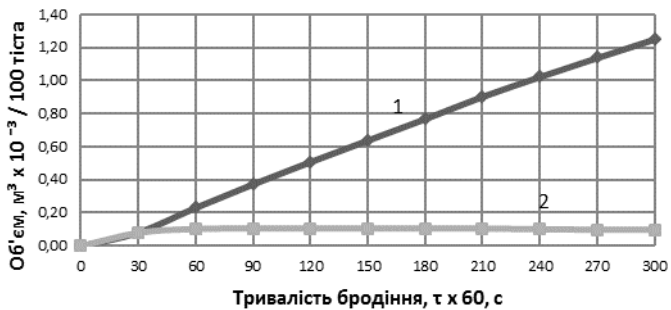
Представленні данні свідчать, що найбільші витрати діоксиду вуглецю має зразок, у складі якого за рідку фазу використана вода, найменші витрати у зразка з сироваткою. Це пояснюється тим, що кислотність сприяє набухання і пептизації білків рисового борошна, за рахунок чого збільшується в'язкість тіста та збільшується його газоутримувальна здатність.



А)

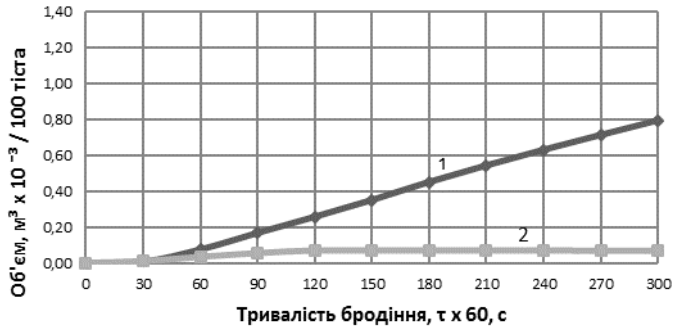


Б)

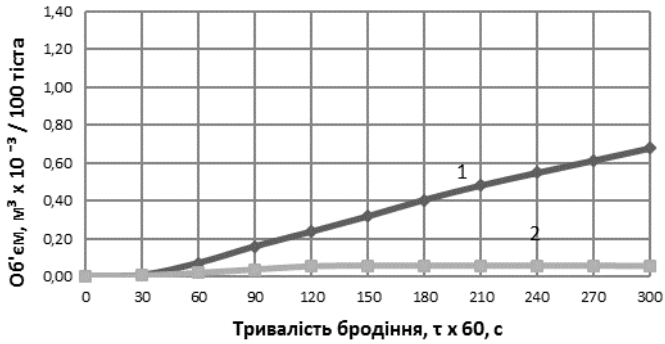


В)

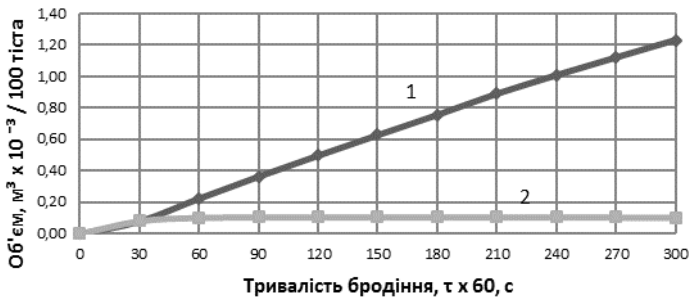
Рис. 1. Дослідження впливу рідкої фази на газоутворювальну (1) та газотримувальну (2) здатність безглютенового тіста (А – вода, Б – молоко, В – сироватка)



А)



Б)



В)

Рис. 2. Дослідження впливу транsgлутамінази на газоутворювальну (1) та газотримувальну (2) здатність безглютенового тіста (А – вода, Б – молоко, В – сироватка)

Таблиця 2

Результати математичного моделювання експериментальних залежностей

Вид рідкої фази	Інтервал $\tau$	Рівняння апроксимації
<i>Без ТГ</i>		
Вода	30...300	$Y_{Гутв} = 0,000000002x^4 - 0,0000001371x^3 + 0,0000356447x^2 - 0,0002020429x - 0,0031818182;$ $Y_{Гутр} = 0,0000000001x^4 - 0,0000000429x^3 + 0,0000054911x^2 + 0,0004042152x$
Молоко	30...300	$Y_{Гутв} = 0,0000000002x^4 - 0,0000001263x^3 + 0,0000314909x^2 - 0,0000503302x - 0,0043496503;$ $Y_{Гутр} = 0,0000000001x^4 - 0,0000000343x^3 + 0,0000051910x^2 + 0,0001843693x - 0,0007202797$
Сироватка	30...300	$Y_{Гутв} = 0,0000000001x^4 - 0,0000000814x^3 + 0,0000181964x^2 + 0,0030720798x - 0,0067762238;$ $Y_{Гутр} = 0,0000000002x^4 + 0,0000001139x^3 - 0,0000292075x^2 + 0,0030067858x + 0,0041468531$
<i>З додаванням ТГ</i>		
Вода	30...300	$Y_{Гутв} = 0,0000000001x^4 - 0,0000001175x^3 + 0,0000310508x^2 - 0,0001125201x - 0,0034734266;$ $Y_{Гутр} = 0,0000000001x^4 - 0,0000000338x^3 + 0,0000034068x^2 + 0,0005577765x - 0,0028741259$
Молоко	30...300	$Y_{Гутв} = 0,0000000002x^4 - 0,0000001255x^3 + 0,0000307602x^2 - 0,0001645170x - 0,0034755245;$ $Y_{Гутр} = 0,0000000001x^4 - 0,0000000359x^3 + 0,0000052781x^2 + 0,0001996050x - 0,0011748252$
Сироватка	30...300	$Y_{Гутв} = 0,0000000001x^4 - 0,0000000831x^3 + 0,0000189553x^2 + 0,0029012756x - 0,0061748252;$ $Y_{Гутр} = 0,0000000002x^4 + 0,0000001271x^3 - 0,0000315799x^2 + 0,0031338125x + 0,0040419580$

## Розрахунок кількості зв'язаних іонів

Вид рідкої фази	Результати інтегрування		
	$\Sigma 1 = \int$ Угазоутвор	$\Sigma 2 = \int$ Угазоутрим	$\Sigma 1 - \Sigma 2$ (втрати CO <sub>2</sub> )
Без ТГ			
Вода	119,30	17,55	101,75
Молоко	104,70	13,35	91,35
Сироватка	188,60	29,40	159,20
З додаванням ТГ			
Вода	107,90	16,95	90,95
Молоко	95,70	13,50	82,20
Сироватка	185,90	30,00	155,9

При додаванні ферментного препарату ТГ втрати діоксиду вуглецю у всіх зразках зменшуються, найбільшою мірою – за використання молока в якості рідкої фази ( $\Sigma 1 - \Sigma 2 = 1,35$  абс.%), найменшою - сироватки ( $\Sigma 1 - \Sigma 2 = 0,56$  абс.%). Можливо це пов'язано з утворенням додаткових поперечних зшивок у структурі макромолекул білків рисового борошна та білків сироватки та молока, що, безумовно, потребує додаткових експериментальних досліджень впливу ТГ на стан білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів рисового борошна.

## Список літератури

1. Исследования процесса брожения в безглютеновом тесте [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <chrome-extension://oemmnecbldboiebfnladdacbfmadadm/http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9872/1/Tgamipbvbl.pdf>.
2. Кузнецова Л.И. Технологии отечественных безглютеновых изделий для лечебного и профилактического питания/ Л.И.Кузнецова, О.В.Афанасьева, Н.Д.Синявская, В.Н.Красильников / Хлебопродукты.-2009. – №9. – С.44-45.
3. Грищенко А.М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / А.М.Грищенко. – Київ, 2011. – 20 с.
4. Шнейдер Д.В. Теоретические и практические аспекты



создания безглютеновых продуктов питания на основе повышенной биодоступности сырья : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Д.В. Шнейдер. – Москва, 2012. – 32 с

#### **Аннотация**

### **ВЛИЯНИЕ ТРАНСГЛЮТАМИНАЗЫ НА ГАЗООБРАЗУЮЩУЮ И ГАЗОУДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ РИСОВОГО ТЕСТА**

*В статье рассмотрено технологические и научные аспекты использования разной жидкой фазы и фермента трансглутаминазы (ТГ) как структурообразователя безглютенового теста для хлебобулочных изделий. Установлено повышение газообразующей и газодерживающей способности, что позволяет дать позитивный прогноз относительно качества готовой хлебобулочной продукции.*

#### **Abstract**

### **INFLUENCE OF LIQUID PHASE AND ENZYME OF TRANSGLYUTAMINAZI IS ON BIOCHEMICAL PROCESSES OF BEZGLYUTENOVOGO OF DOUGH**

*In the article the technological and scientific aspects of application of different liquid phase and enzyme of transglytaminaza (TG) are considered as strukturoutvoryuvacha of bezglyutenovogo dough for bakegoodss. The increase of gazoutvoryuyuchei and gas-retaining ability is set due to formation of tie-bars between the molecules of albumen.*