

RESEARCH OF INFLUENCE OF ARTICHOKE FLOUR ON THE SUGARS CONTENT IN SCALDED RYE BREAD

G. Voloshchuk, A. Yarkoviy, B. Polutskaya

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

N. Pashova, N. Gregirchak

National University of Food Technologies

Key words:

Sugar

Rye

Bread

Topinambur

Brewing

Sourdough

Fermentation processes

Article history:

Received 21.05.2019

Received in revised form
06.06.2019

Accepted 24.06.2019

Corresponding author:

G. Voloshchuk

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The influence of artichoke flour on the sugar content in scalded rye bread made on sourdough was researched. The mechanisms of the influence of artichoke flour on the biochemical and microbiological processes occurring during the preparation of the dough are revealed.

The optimal dosage of prescription components for obtaining bread with minimum sugar content in bread was determined with the method of experimental-statistical modeling at such dosages (to the mass of flour): artichoke flour — 3.3%; flour in brew — 5.0%; flour in sourdough — 10% or 20%. Quasi-one-factor analysis has established the patterns of the influence of the individual factor on the mass fraction of sugar in bread. It is confirmed that increasing the content of sugar in bread is influenced by the dosage of the brew and artichoke flour.

It was defined that the artichoke flour inhibits the growth of microorganisms during the process of fermentation of the dough, the amount of yeast that is part of the sourdough (*Saccharomyces cerevisiae* L1, *S. minor* “Chernorechenskaya”) by 40, 54 and 80% respectively in samples with addition of 2, 3 and 4% of artichoke flour in comparison with the control sample. The number of culture lactic acid bacteria with an increase of the dosage of artichoke flour decreases by 70, 83 and 97%. Artichoke flour also suppresses the microflora of spontaneous fermentation.

The composition of sugars in raw materials, semi-finished products and bread is determined by the method of high-resolution liquid chromatography. It has been found that bread with artichoke flour has higher sugar content due to twice amount of fructose and glucose compared to the control sample. The ratio of fructose to glucose in bread under the influence of artichoke flour is 1: 2.35; for control sample 1: 1.95. The total content of disaccharides in bread with artichoke flour and control sample is slightly different. It is assumed that an increase of sugar in the mass fraction in the rye bread with artichoke flour is primarily due to the lower fermentation activity of microorganisms in the dough.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-3-29

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОРОШКУ ТОПІНАМБУРА НА ВМІСТ ЦУКРІВ У ХЛІБІ ЖИТНЬОМУ ЗАВАРНОМУ

Г. І. Волощук, А. О. Ярковий, Б. М. Полуцька

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Н. В. Пашова, Н. М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив порошку топінамбура (ПТ) на вміст цукрів у хлібі житньому, приготовленому на заварці та заквасці. Розкрито механізми впливу порошку топінамбура на біохімічні та мікробіологічні процеси, перебіг яких відбувається під час приготування тіста.

Методом експериментально-статистичного моделювання визначено оптимальні дозування рецептурних компонентів для отримання хліба з мінімальним вмістом цукру в хлібі при таких дозуваннях (до маси борошна): ПТ — 3,3%; борошна в заварці — 5,0%; борошна в заквасці — 10% або 20%. Квазі-однофакторним аналізом встановлено закономірності впливу окремого фактора на масову частку цукру в хлібі. Підтверджено, що на збільшення вмісту цукру в хлібі впливають дозування заварки і ПТ. Середні кількості закваски забезпечують оптимальний рН дії цукроутворювальних ферментів борошна.

*Встановлено, що порошок топінамбура пригнічує приріст мікроорганізмів в процесі бродіння тіста, кількість дріжджів, які входять до складу закваски (*Saccharomyces cerevisiae* Л1, *S. minor* «чорноріченська») на 40, 54 та 80% відповідно в зразках з додаванням 2, 3 та 4% ПТ порівняно з контрольним зразком. Кількість молочнокислих бактерій зі збільшенням дозування ПТ зменшується на 70, 83 та 97% відповідно. Також ПТ пригнічує мікрофлору спонтанного бродіння.*

Методом рідинної хроматографії високороздільної здатності визначено склад цукрів у сировині, напівфабрикатах та хлібі. Встановлено, що хліб з ПТ має вищий вміст цукру за рахунок вдвічі більшої сумарної кількості фруктози та глюкози ніж контрольний зразок. Співвідношення фруктози до глюкози в хлібі під дією ПТ складає 1:2,35; для контрольного зразка — 1:1,95. Загальний вміст дисахаридів у хлібі з ПТ та контрольному зразку відрізняється незначно. Зроблено припущення, що збільшення масової частки цукру в хлібі житньому заварному з порошком топінамбура насамперед зумовлене зниженою бродильною активністю мікроорганізмів.

Ключові слова: цукор, жито, хліб, топінамбур, заварка, закваска, бродіння.

Постановка проблеми. Формула збалансованого харчування дорослої людини передбачає добову норму споживання з їжею цукру 50...90 г [1; 2]. Масову частку цукру в хлібних виробих контролюють лише для продукції, що містить цукровмісну сировину: цукор білий, патоку, повидло, згущене

молоко з цукром, мед. Але при цьому не враховують вміст власних цукрів борошна, солоду, а також вплив перебігу амілолітичних процесів під час приготування тіста, що забезпечують утворення глюкози, мальтози, декстринів із солодкістю на 30...75% меншою, але на 20...45% вищим глікемічним індексом ніж сахароза. Тому для безпечного вживання хліба людям з порушенням вуглеводно-ліпідного обміну рекомендовано вводити до рецептури додаткову сировину з функціональними властивостями, направленними на зниження інтенсивності накопичення глюкози в крові людини [3; 4]. Найпоширенішою сировиною вітчизняного виробництва є порошок топінамбура (ПТ). Але додавання ПТ призводить до специфічного трав'яного смаку та запаху, потемніння м'якушки, що нівелюється органолептичними характеристиками житніх заварних хлібів, які вирізняються яскраво вираженим кисло-солодким смаком та ароматом, темним кольором. Проте вплив ПТ на механізми накопичення цукру в хлібі не досліджувався.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною сировиною для виробництва житнього заварного хліба, крім житнього борошна, є ферментований чи неферментований солод (переважно житній), та/або вуглеводна сировина (солодовий концентрат, патока, вторинні продукти цукрового виробництва). Хімічною складовою цієї сировини є цукри з високим глікемічним індексом. Використання заварки також додає масову частку (м. ч.) цукру виробам та покращує умови для процесів амілолізу крохмальних полісахаридів борошна. Тому в 100 г хліба житнього міститься понад 30% крохмалю глікемічного типу і не менше 7,0% цукрів [5]. Наприклад, м.ч. цукру в хлібі Ризькому може досягати 25% сухих речовин (СР) [6], при тому, що в рецептуру входить сіяне борошно, 5% неферментованого солоду та 5% патоки. Вміст у житньому борошні некрохмальних полісахаридів (водорозчинних і водонерозчинних поліфруктозидів — ксиланів, що мають псевдопребіотичну дію) вважається недостатнім [7; 8]. Тому люди, у яких порушений вуглеводний обмін, намагаються уникати в раціоні харчування заварного хліба.

Для нормування засвоювання глюкози в крові у разі споживання хлібобулочних виробів вчені рекомендують збагачувати їх інуліновмісною сировиною. Вміст інуліну (фруктанів) в ПТ залежить від сорту, умов вирощування, збирання та зберігання бульб, технології висушування і може складати від 10 до 60% (від маси сухих речовин), середньою молекулярною масою (ступенем полімеризації) до 40 пентозно-гексозних одиниць [8], а масова частка цукрів, представлених глюкозою, фруктозою, дисахаридами, відповідно, 20...50%. Добова потреба в інуліні визначена: 2...4 г на добу, а для людей, хворих на цукровий діабет, обмежень не виявлено, є рекомендації вживати до 12 г [9]. У [7] встановлено, що на втрати інуліну під час виробництва житньо-пшеничних заварних сортів хліба впливає його ступінь полімеризації. Чим більше одиниць лінійності ланцюга має інулін, тим менший ступінь втрати полімерів у процесі виготовлення хліба та менше утворюється ароматичних речовин.

Доведено, що порівняно з використанням чистого інуліну, ПТ має більшу функціональність через додатковий вміст пектинових, мінеральних речовин [3]. Порошок топінамбура містить практично всі необхідні для стимуляції житте-

діяльності бродильної мікрофлори речовини: амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, білкові та органічні кислоти (переважно аскорбінову). Встановлено, що сировина із топінамбура (порошок, пюре, концентрат) забезпечує інтенсифікацію життєдіяльності бродильної мікрофлори у пшеничному тісті: інтенсивніше накопичуються продукти бродіння, знижується рН тіста та прискорюється процес дозрівання тіста. Але при дозуванні вище 3% ПТ спостерігалось різке пригнічення цих процесів, тому запропоновано [3] здійснювати попереднє гідролітичне розщеплення інуліну, яке небажане при розробці виробів профілактичного призначення. Встановлено, що при додаванні ПТ зростає загальна кількість цукру в пшеничному хлібі, та зроблено припущення, що приріст здійснюється за рахунок фруктози, продуктів розкладу полісахаридів топінамбура.

На відміну від пшеничного борошна, житнє борошно має високу автолітичну активність і містить до 5,0% моно- і дисахаридів, більшість з яких є сахарозою. Тісто з житнього борошна замішується на заквасках з високою активністю строго підібраної композиції штамів молочнокислих бактерій (МКБ) і кислототолерантних дріжджів. Збільшення кислотності тіста і хліба, більше поживних речовин і знижений вміст дріжджів впливає на біохімічні та мікробіологічні процеси під час виробництва хліба й визначає остаточний вміст цукру.

Мета статті: дослідити вплив ПТ на зміни кількості цукрів у хлібі житньому заварному; визначити оптимальні кількості заварки та закваски за вмістом в них борошна для одержання хліба з мінімальною масовою часткою цукру та механізм впливу ПТ на перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів у житньому тісті.

Матеріали і методи. При проведенні виробничих і лабораторних досліджень для виготовлення дослідних зразків хліба використовували борошно житнє обдирне з показниками числа падіння 190 с, автолітичної активності — 43,0%. Основну та додаткову сировину, що відповідала вимогам чинної нормативної документації: солод житній ферментований; сіль кухонну харчову; воду питну; порошок топінамбуру торговельної марки «Дар» із загальним вмістом фруктанів 44%, середньою молекулярною масою 15 одиниць лійності ланцюга, титрованою кислотністю 20,0 град.

Тісто готували трифазним способом на заварці: рідка закваска — оцукрена заварка — тісто. Готову рідку житню закваску (складу: *Lactobacillus plantarum* 30, *L. casei* 26, *L. fermenti* 34, *L. brevis* та *Candida milleri* (*Saccharomyces minor*) «чорноріченська», *S. cerevisiae* П1) використовували з кислотністю 10,0±1,0 град. Заварку, приготовлену із житнього борошна та 5,0% солоду житнього ферментованого до загальної кількості борошна, оцукрювали протягом трьох годин.

ПТ вносили в тісто на стадії замісу як цукровмісну сировину у кількості 2,0%, 4,0% та 6% від маси борошна, що забезпечувало відповідно 30%, 60%, 100% добової потреби в інуліні при встановленій добовій нормі споживання хлібних виробів — 277 г. Тісто замішували на двошвидкісній машині з однаковою вологістю — 50%. Процес бродіння тіста відбувався при

температурі $29 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 60 ± 10 хв до кінцевої кислотності $7,0 \pm 0,5$ град. Готове тісто ділили вручну на шматки масою 550 г. Тістові заготовки вкладали у змащені форми і направляли на вистоювання при температурі $35 \pm 5^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря $75 \pm 10\%$ на 60 ± 10 хв. Випікали хліб у зволоженої пекарській камері печі при однакових температурних режимах протягом 45 ± 3 хв. Охолоджували хліб в умовах пекарні.

Якість сировини, напівфабрикатів і готових виробів контролювали згідно із загальноприйнятими методиками, м. ч. цукру в хлібі визначали йодометричним методом [10]. Хімічний склад цукрів у сировині, напівфабрикатах та в хлібі визначали методом рідинної хроматографії високороздільної здатності [11]. Інтенсивність газотворення тіста визначали на приладі АГ-1. Для визначення кількості дріжджів використовували середовище сусло-агар, для МКБ — середовище MRS. Співвідношення дріжджів та МКБ в заквасці та тісті перевіряли з використанням камери Горяєва.

Для встановлення впливу дозування ПТ, кількості заварки та кількості закваски (за вмістом у них борошна) на масову частку цукру в хлібі використано підходи експериментально-статистичного моделювання та метод Бокса-Уїлсона [12]. Багатофакторний експеримент ставили за D-оптимальним планом, який включав приготування 15 зразків хліба зі змінними керуючими факторами: кількість ПТ $G_{\text{ПТ}}$ (X1), $G_{\text{б.зав}}$ кількість борошна в заварці $G_{\text{б.зав}}$ (X2), кількість борошна в заквасці $G_{\text{б.закв}}$ (X3). Для обґрунтування оптимальних режимів вибору технології вивчали сумісний вплив $G_{\text{ПТ}}$ (X1) від 2,0% (–1) до 6,0% (+1). Згідно з технологічними рекомендаціями щодо виробництва заварного хліба з житнього борошна [13], $G_{\text{б.зав}}$ (X2) було вибрано — від 5% (–1) до 15% (+1) та $G_{\text{б.закв}}$ (X3) — від 10% (–1) до 20% (+1). Опрацювання експериментальних даних здійснювали методом кореляційно-регресійного аналізу, що дало змогу отримати рівняння регресії другого ступеня. Оптимальні дозування рецептурних компонентів для хліба з мінімальними показниками масової частки цукру виконано методом «крутого сходження». Математичні залежності впливу кількості ПТ, борошна в заварці та кількості борошна в заквасці на масову частку цукру в хлібі одержані при стабілізації двох змінних в оптимальних значеннях (квазіоднофакторним аналізом).

Викладення основних результатів дослідження. Характер динаміки впливу сировини та напівфабрикатів на біохімічні й мікробіологічні процеси під час приготування хліба визначається початковим вмістом в них цукрів.

Як видно з табл. 1, кількість і склад цукрів, що містяться в сировині: борошні житньому обдирному, солоді житньому ферментованому, ПТ та в основних напівфабрикатах (заварці та заквасці) корелюється з довідниковими даними. Борошно житнє обдирне містить у десять раз більше дисахаридів (сахарози), ніж глюкози і фруктози. Цукри солоду житнього ферментованого на 85% представлені продуктами амілолітичного розкладу крохмалю — мальтозою та глюкозою; кількість фруктози, утвореної в результаті біопроцесів з сахарози та некрохмальних полісахаридів зерна жита, сягає 3,5% від м. ч. СР.

ПТ містить майже 29% цукрів до маси сухих речовин. Цукри ПТ представлено в основному дисахаридами (13,1%), глюкозою (11,8%) і лише 4,1% припадає на фруктозу.

Загальна кількість м. ч. цукрів у заварці, в результаті дії амілолітичних ферментів борошна протягом трьох годин, зростає майже вдвічі за рахунок продуктів гідролізу крохмалю (очевидно, мальтози). Кількість цукрів у вибродженої заквасці в результаті мікробіологічних процесів зменшилася до 0,5%.

Таблиця 1. Вміст цукрів у сировині і напівфабрикатах для виробництва заварного хліба з житнього обдирного борошна, % до маси СР

Об'єкт дослідження	М. ч. СР, %	Фруктоза	Глюкоза	Сахароза і мальтоза	Разом
Борошно житнє обдирне	86,00	0,20	0,26	2,73	3,19
Солод житній ферментований	90,05	3,52	10,27	11,40	25,19
Порошок топінамбура	92,11	4,06	11,82	13,11	28,99
Заварка до оцукрення	36,13	0,75	2,12	2,83	5,7
Оцукрена заварка	36,11	0,73	2,50	6,00	9,23
Рідка закваска	28,06	0,27	0,22	—	0,49

У результаті експериментально-статистичного моделювання впливу дозування ПТ (X_1), кількості борошна в заварці (X_2) та кількості борошна в заквасці (X_3) на вміст цукру в хлібі житньому заварному (Y) отримали залежність впливу у вигляді поліному другого ступеня (1):

$$Y = 9,43 + 1,73 \cdot X_1 + 2,52 \cdot X_2 - 0,08 \cdot X_3 + 0,08 X_1 \cdot X_2 + 0,45 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,40 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,69 \cdot X_1^2 + 1,18 \cdot X_2^2 - 1,39 \cdot X_3^2, \text{ мас. частка цукру, \%СР.} \quad (1)$$

Методом програми «крутого сходження» встановлено оптимальні дозування рецептурних компонентів для отримання хліба з мінімальною кількістю м.ч. цукру в хлібі — 6,12% СР за таких показників: $G_{\text{ПТ}} X_1 = -0,36$ (3,3% ПТ до маси борошна); $G_{\text{б.зав}} X_2 = -1,0$ (5,0% борошна в заварці); $G_{\text{б.закв}} X_3 = \pm 1,0$ (10,0% або 20% борошна в заквасці). Для отримання хліба з мінімальною м.ч. цукру та з максимальним об'ємним виходом, $G_{\text{б.закв}}$ було обрано максимальне значення $G_{\text{б.закв}}$: $X_3 = +1,0$ (20% борошна в заквасці).

За умови стабілізації двох факторів на оптимальних рівнях отримали рівняння номограм залежності впливу окремо кожного фактора на м. ч. цукру в хлібі (2, 3, 4), графічну інтерпретацію яких наведено на рис. 1.

$$Y(X_1) = 1,2 X_1 + 1,69 X_1^2 + 6,37 \quad (X_2 = -1; X_3 = +1) \quad (2)$$

$$Y(X_2) = 2,9 X_2 + 1,18 X_2^2 + 7,87 \quad (X_1 = -0,36; X_3 = +1) \quad (3)$$

$$Y(X_3) = 0,17 X_3 + 1,4 X_3^2 + 7,72 \quad (X_1 = -0,36; X_2 = -1) \quad (4)$$

Як свідчать криві стабілізаційних функцій впливу та аналіз коефіцієнтів рівнянь 1, 2, 3, на збільшення м.ч. цукру в хлібі більше впливають дозування цукровмісної сировини — ПТ і заварки. Проте збільшення дозування ПТ ($Y(X_1)$) до 3% зумовлює тенденцію зниження м. ч. цукру в хлібі. Причиною такого впливу може бути збільшена інтенсивність перебігу мікробіологічних процесів при менших дозуваннях ПТ як джерела поживних речовин для життєдіяльності мікроорганізмів [3]. Дозування понад 3% призводить до значного приросту м. ч. цукру в хлібі.

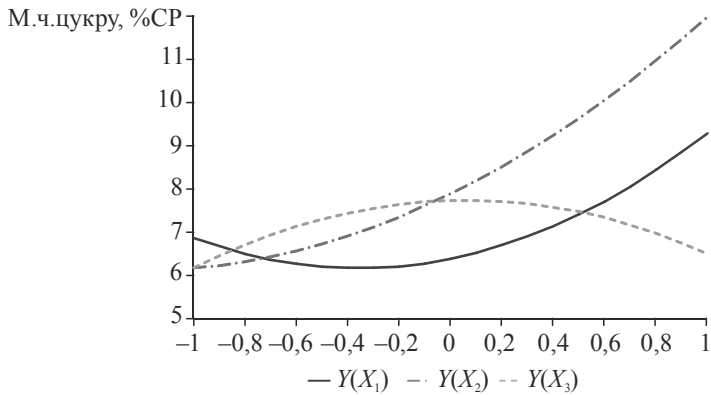


Рис. 1. Квазіоднофакторний аналіз впливу дозування $G_{ПТ}$ ($Y(X_1)$), $G_{б.зав}$ ($Y(X_2)$) та $G_{б.закв}$ ($Y(X_3)$) на м. ч. цукру в хлібі. По осі абсцис: $G_{ПТ}$, $G_{б.зав}$, $G_{б.закв}$ у кодованому вигляді

Збільшення дозування заварки в тісто призводить майже до лінійного зростання м. ч. цукру в хлібі $Y(X_2)$.

Дозування закваски до нульового рівня (15% борошна в заквасці) сприяє збільшенню м. ч. цукру, а подальше збільшення кількості закваски спричиняє зниження функції вмісту цукру $Y(X_3)$. Вплив кількості закваски, очевидно, пов'язаний із забезпеченням оптимальної кислотності для дії цукроутворювального ферменту — β -амілази (рН 4,8) [14].

Дослідження впливу обраних дозувань ПТ (від 2 до 6% від маси борошна) на органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба житнього заварного, виготовленого за визначеними оптимальними дозуваннями борошна в заварці та в заквасці показало, що додавання ПТ призводить до збільшення питомого об'єму хліба, пористості, впливає на зростання кислотності та м. ч. цукру хліба (табл. 2). При дозуванні 3% ПТ — якість хліба залишається на рівні контрольного зразка. Але при дозуванні ПТ понад 4% і більше — хліб набуває темного забарвлення, стороннього трав'яного присмаку топінамбура, м'якушка грудкується під час розжовування та має підвищений вміст цукру.

Таблиця 3. Вплив ПТ на якість хліба з оптимальним дозуванням борошна з заваркою і з закваскою

Показники якості	Контроль	Дозування ПТ, % до маси борошна			
		2%	3%	4%	6%
1	2	3	4	5	6
Форма	Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів				
Поверхня	Шорсткувата, без великих тріщин і підривів				
Колір	Від коричневого до темно-коричневого			Темно-коричневий	
Смак	Властивий цьому виду виробів, без стороннього присмаку			Є незначний трав'яний присмак топінамбура	
Грудкуватість під час розжовування	Відсутня			Незначна	

1	2	3	4	5	6
Пористість	Пори дрібні та середні, товстостінні, розподілені рівномірно		Пори різної величини, середньої товщини, розподілені рівномірно		
Питомий об'єм, см ³ /г	1,54	1,58	1,58	1,59	1,60
Пористість, %	52,0	56,0	56,0	57,0	58,0
Кислотність, град.	6,0	6,5	6,6	6,8	7,0
М.ч цукру, % СР	6,0	6,8	6,4	8,2	10,4

При дозуванні ПТ до 3% збільшення м. ч. цукрів було незначним, показник змінився менш ніж на 1%, а дозування 4% ПТ і вище — сприяло різкому збільшенню м. ч. цукрів у готовій продукції.

Для встановлення механізму дії ПТ на приріст цукрів у хлібі вивчали вплив ПТ на біохімічні та мікробіологічні процеси бродіння тіста. Як свідчать залежності впливу ПТ на інтенсивність газоутворювальної здатності (ГУЗ) в тісті під час бродіння (рис. 2), внесення меншої кількості ПТ (2%) призводило до більш інтенсивного газоутворення в першу годину бродіння тіста. Тісто з 4% ПТ протягом першої години бродіння мало меншу ГУЗ, ніж контрольний зразок, що могло спричинити меншу кількість зброджених цукрів та вищу м.ч. цукру в хлібі.

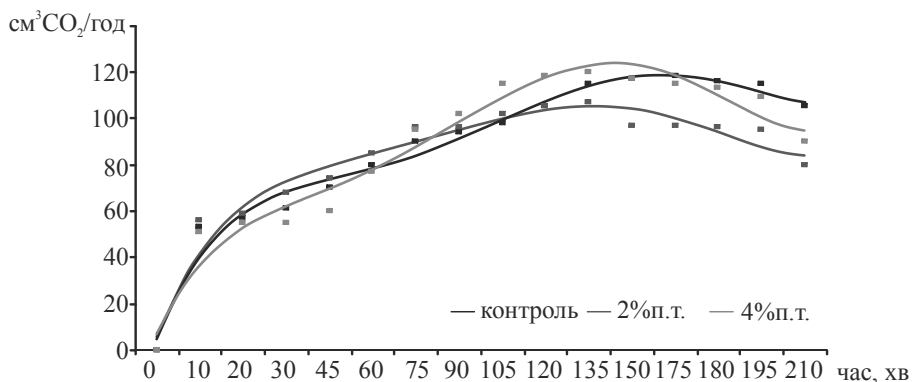


Рис. 2. Вплив ПТ на ГУЗ житнього тіста з 100 г борошна, приготовленого на заквасці і заварці

Мікробіологічними дослідженнями встановлено, що в заквасці та зразках тіста співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій (за камерою Горяєва) було приблизно на одному рівні: 1:9...1:6 (табл. 3, 4). Зменшення концентрації мікроорганізмів у досліджуваних зразках тіста порівняно із закваскою пояснюється збільшенням вмісту додаткової сировини. При цьому співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій під дією ПТ знижується.

Додавання ПТ призводить на кінець бродіння тіста до зменшення кількості дріжджів, які входять до складу закваски (*Saccharomyces cerevisiae* Л1, *S. milleri* «чорноріченська») на 40, 54 та 80% відповідно в зразках з додаванням 2, 3 та 4% ПТ порівняно з контрольним зразком. Кількість культуральних молочнокислих бактерій зі збільшенням дозування ПТ зменшується на

70, 83 та 97% відповідно. Також ПТ пригнічує мікрофлору спонтанного бродіння — диких дріжджів, гнильних бактерій, лейконостоку (табл. 4).

Кінцева кислотність тіста з ПТ збільшується, зокрема кислотність тіста без ПТ (контроль) з додаванням 2, 3, 4% ПТ збільшується з 6,4 до 7,0; 7,2 та 7,4 град. відповідно, очевидно за рахунок органічних кислот ПТ.

Таблиця 3. Співвідношення дріжджів і молочнокислих бактерій (за камерою Горяєва)

Зразок	Співвідношення дріжджі:МКБ
Закваска	1:9
Тісто (контроль)	1:7
Тісто з ПТ 3%	1:6

Таблиця 4. Вплив ПТ на мікрофлору тіста, КУО/г

Зразок	Дріжджі	Молочно-кислі бактерії	Дикі дріжджі	Лейконосток	Гнильні бактерії
Заварка	—	$0,02 \cdot 10^7$	—	—	$< 1 \cdot 10^3$
Закваска	$5,5 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^7$	$0,1 \cdot 10^4$	—	—
Тісто (контроль)	$2,5 \cdot 10^6$	$7,8 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
Тісто з топінамбуром	2%	$1,5 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$	$0,5 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^3$
	3%	$0,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^7$	$0,16 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^3$
	4%	$0,5 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^7$	$0,1 \cdot 10^4$	$< 1 \cdot 10^3$

— Мікроорганізмів не виявлено.

Отже, антимікробна дія ПТ, спрямована на пригнічення мікроорганізмів закваски та сировини, забезпечує збільшення кількості незброджених цукрів, масова частка яких збільшилась від 6,0% в контрольному зразку до 6,8, 6,5, 8,2 та 10,4% в зразках, відповідно, з 2, 3, 4 та 6% ПТ.

Спільний вплив ПТ і процесів, перебіг яких відбувається під час приготування тіста, вистоювання і випікання хліба на зміну хімічного складу цукрів у процесі виробництва хліба без додаткової сировини (К) і з додаванням ПТ в кількості 4% наведено у табл. 5.

Таблиця 5. Вплив ПТ на м. ч. цукру в напівфабрикатах і заварному хлібі з житнього обдирного борошна, % до маси СР

Об'єкт дослідження	Фруктоза		Глюкоза		Сахароза та мальтоза		Разом		% до вмісту в попередній фазі	
	К	ПТ	К	ПТ	К	ПТ	К	ПТ	К	ПТ
Тісто після замісу	0,33	0,42	0,49	0,80	1,95	2,23	2,77	3,55	—	—
Тісто після бродіння	1,17	2,28	1,26	1,88	2,47	2,48	4,90	6,64	+77	+87
Тісто після вистоювання	1,25	2,64	1,15	1,94	2,30	2,35	4,70	6,93	—4	+4
Хліб	1,33	2,60	0,82	1,94	4,04	4,32	6,19	8,86	+32	+28

М. ч. цукру в тісті на кінець фази бродіння зростає для контрольного зразка і для тіста з ПТ, відповідно, на 77 і 87%. Істотне збільшення кількості моно- і дисахаридів під час бродіння тіста дає змогу стверджувати, що ПТ не пригнічує дію цукроутворювальних ферментів житнього борошна та забез-

печує перевагу біохімічних процесів амілолізу над процесами бродіння. Під час вистоювання, що відбувається в оптимальних температурних режимах газоутворення, для контрольного зразка переважають процеси бродіння, відбувається зниження м. ч. цукру на 4% за рахунок зниження м. ч. глюкози та мальтози. Для зразка з ПТ динаміка м. ч. цукру залишається позитивною, очевидно через антимікробну дію топінамбура. м. ч. дисахаридів у процесі випікання збільшилася для двох зразків приблизно на 30%. Під час випікання зменшується вміст моносахаридів, особливо м. ч. глюкози для контрольного зразка та м. ч. фруктози для виробу з ПТ. Внаслідок реакцій меланоїдиноутворення та часткової карамелізації цукрів у виробках з ПТ, що мали темніший колір, приріст загальної кількості цукрів під час випікання був на 5% нижчий, ніж у контрольному зразку.

Хліб з ПТ має вищу м. ч. цукру за рахунок вдвічі більшої кількості фруктози та глюкози. Сумарна м. ч. фруктози і глюкози в хлібі з ПТ на 2,3% вища, ніж у контрольному зразку і складає 4,5%. Вміст дисахаридів у контрольному зразку та в хлібі з ПТ відрізняється незначно. Співвідношення фруктози до глюкози в хлібі під дією ПТ через пригнічення бродильної мікрофлори збільшується і складає 1:2,35 при 1:1,95 для контрольного зразка.

Результати дослідження вказують на те, що ПТ не знижує глікемічність хліба житнього заварного, виготовленого згідно з оптимальними технологічними режимами замісу та бродіння тіста, а приріст цукрів спричинено насамперед накопиченням продуктів гідролізу крохмальних полісахаридів, що не були збродженими.

Висновки

1. За результатами досліджень математичних моделей впливу дозування ПТ та кількості заварки і закваски на якість хліба зі зниженою м. ч. цукру можна рекомендувати дозування ПТ у кількості 3,0%, борошна в заварку — 5,0%, борошна в закваску — 20%.

2. Дозування ПТ до 3% сприяє поліпшенню газоутворювальної здатності тіста та зниженню масовою частки цукру в хлібі, що пояснюється інтенсивною асиміляцією цукрів дріжджами при нижчих дозуваннях ПТ. Внесення порошку топінамбура більше 3% має тенденцію до різкого зниження газоутворювальної здатності та зростання масової частки цукру в тісті і в хлібі.

3. Встановлено, що з додаванням 2, 3 та 4% ПТ знижується приріст дріжджів та молочно-кислих бактерій закваски після години бродіння тіста на 40, 54 та 80% та 70, 83 та 97% відповідно, пригнічується мікрофлора спонтанного бродіння.

4. Внесення ПТ практично не впливає на дію цукроутворювальних ферментів борошна, накопичення в тісті та хлібі дисахаридів — сахарози і мальтози. Хліб з ПТ має вищу м. ч. цукру за рахунок вдвічі більшої кількості фруктози та глюкози. Сумарна м. ч. фруктози і глюкози в хлібі з ПТ на 2,3% вища ніж в контрольному зразку Співвідношення фруктози до глюкози в хлібі під дією ПТ через пригнічення бродильної мікрофлори збільшується і складає 1:2,35 при 1:1,95 для контрольного зразка. Отже, збільшення масової

частки цукру в хлібі житньому заварному з порошком топінамбура насамперед відбувається за рахунок зниженої бродильної активності мікроорганізмів.

Для зменшення м. ч. цукру в хлібі з підвищеним вмістом ПТ надалі доцільно дослідити додаткове використання пресованих осмочутливих дріжджів.

Література

1. Закон України № 2639/2019 Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів URL: <https://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19>.
2. Mitka M. ANA : Added sugar not to sweet [Text]. *JAMA*, 2009. № 302. P. 1741—1742.
3. Доценко В. Ф. Наукове обґрунтування і розробка технології хліба з використанням нової вуглеводовмісної сировини та цукрозамінників: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.01. Київ, 1994. 49 с.
4. Шевченко А. О. Удосконалення діабетичних хлібобулочних виробів, збагачених функціональними інгредієнтами : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.18.01. Харків, 2018. 20 с.
5. Пашова Н. В., Волощук Г. І., Онищук Н. І., Федонюк А. В. Вплив технологічних параметрів приготування заварного хліба із житнього борошна на масову частку цукру в хлібі. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві та Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі* : матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. Київ : НУХТ, 2018. С. 36—37
6. Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки. / [Л. И. Кузнецова, Н. Д. Синявская, О. В. Афанасьева, Е. Г. Фленова ; за ред. Л. И. Кузнецовой]. СПб филиал ГосНИИХП : ООО «Береста», 2003. 203 с.
7. Корячкина С. Я., Байбашева Д. К. Влияние степени полимеризации молекул инулина и олигофруктозы на остаточное содержание их в ржано-пшеничном заварном хлебе функционального назначения. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2010. № 1. С. 28—30
8. Капрельянц Л. В. Пребиотики : химия, технология, применение: монография. Киев: ЭнтерПринт, 2015. 252 с.
9. Пища и пищевые добавки. Роль БАД в профилактике заболеваний: пер. с английского под. ред.: ДЖ. Ренсаль, Дж. Донелли, Н. Рида. Москва : Мир, 2004. С. 212—213.
10. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних та макаронних виробів: навчальний посібник / за ред. чл.-кор. НААН В. І. Дробот. Київ: Кондор. Видавництво, 2015. 972 с.
11. ДСТУ ISO 10504:1998. Продукти гідролізу крохмалю. Визначення складу глюкозних сиропів, фруктозних і гідрогенізованих глюкозних сиропів методом рідинних хроматографій високороздільної здатності. [Введ. в дію 01.01.2006]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2004. 6 с.
12. Юрчак В. Г. Оптимізація та вдосконалення технологічних процесів галузі : конспект лекцій для студ. спец. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» ден. форми навч. Київ : НУХТ, 2001. 64 с.
13. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий / НПО «Хлебпром». Москва: ПРЕЙСКУРАНТИЗДАТ, 1989. 495 с.
14. Сарычев Б. Г. Технология и биохимия ржаного хлеба. Москва : Пищепромиздат, 1959. 199 с.