

PROSPECT OF THE NEW TYPES OF WHEAT FLOUR USAGE IN THE PRODUCTION OF REFINED SUGAR-FREE HARDTACKS

K. Iorgachova, O. Makarova, K. Khvostenko
Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:

Waxy wheat flour
JERUSALEM artichoke powder
Maltose syrup
Refined sugar-free hardtacks
Quality
Physico-chemical characteristics
Sensory characteristics

Article history:

Received 07.09.2018
Received in revised form 27.09.2018
Accepted 19.10.2018

Corresponding author:

K. Iorgachova
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

This study is devoted to the solution of the high quality ensuring problem of long-term storage pastry based on only natural ingredients in case of refined sugar exclusion. The actuality of alternative sugar ingredients search is shown, the experience of their usage in food technologies is considered, possible ways of solving the problems for sugar-free products are offered; the expediency of waxy wheat flour usage in the technology of long-term storage pastry, namely, refined sugar-free hardtacks, is substantiated.

The influence of the waxy wheat flour and the adding stage of the sugar substitute components — Jerusalem artichoke powder and maltose syrup, on the hardtack's quality were determined. The expediency of the alternative sugar ingredients adding in equal parts at the stage of sourdough and dough kneading is shown — the samples were characterized with better quality compared to products, in production of which the whole amount of Jerusalem artichoke powder or maltose syrup was added in sourdough kneading stage. Replacing sugar with Jerusalem artichoke powder or maltose syrup in refined sugar-free hardtack's production leads to the deterioration of the products quality — decreasing the ability of water absorption, increasing products firmness, samples were characterized with dense structure and worst sensory characteristics. For solving this problem in the production of refined sugar-free hardtacks the flour of waxy wheat variety Sofijka, which characterized with weaker strength and higher gas-forming ability, was proposed. It is proved that the production of refined sugar-free hardtack based on non-amylose flour allows to neutralize the negative effect of the sugar exclusion from the recipe and to obtain products with higher consumer characteristics — with pleasant color, high ability of water absorption, and lower density and, consequently, leavened structure and high porosity.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА З НОВИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГАЛЕТ БЕЗ ЦУКРУ

К.Г. Іоргачова, О.В. Макарова, К.В. Хвостенко

Одеська національна академія харчових технологій

У статті досліджується проблема забезпечення високої якості борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання при виключенні з рецептури цукру на основі використання інгредієнтів лише натурального походження. Показано актуальність пошуку альтернативних цукру сировинних джерел і розглянуто досвід їх використання в технологіях харчових продуктів, запропоновано можливі шляхи подолання труднощів, які виникають при виготовленні виробів без цукру, обґрунтовано доцільність використання борошна з ваксі-пшениці в технології борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання — галет без цукру.

Визначено вплив порошку топінамбура та мальтозного сиропу, які використовували замість цукру, залежно від стадії їх внесення, та борошна з пшениці ваксі на якість галет. Показана доцільність поетапного внесення альтернативної цукру сировини в рівних частках на стадії приготування опари і тіста — зразки виробів відрізнялись кращою якістю порівняно з виробами, при виробництві яких усю кількість порошку або сиропу вносили тільки в опару. Заміна цукру на порошок топінамбура або мальтозний сироп при приготуванні галет на основі хлібопекарської пшеничного борошна призводить до погіршення якості виробів — знижується їх здатність до намокання, підвищується твердість, вироби характеризуються щільною структурою, зниженими органолептичними властивостями. Для вирішення цієї проблеми при виробництві галет без цукру запропоновано використання безамілозного борошна з пшениці ваксі сорту Софійка як більш слабкого за силою з характерною для нього високою газоутворювальною здатністю. Доведено, що приготування галет на основі безамілозного борошна дає змогу нівелювати негативний ефект виключення з рецептури цукру й отримати вироби з поліпшеними споживчими властивостями — приємного насиченого кольору, з високою здатністю до намокання і меншою густиною, а отже, розпушеною структурою і підвищеною пористістю.

Ключові слова: борошно з пшениці ваксі, порошок топінамбура, мальтозний сироп, галети без цукру, якість, фізико-хімічні показники, органолептичні властивості.

Постановка проблеми. Значна частка на ринку кондитерської продукції припадає саме на борошняні кондитерські вироби. Їх асортимент доволі різноманітний і здатний задовольнити будь-які уподобання споживача. Проте більша частина харчових речовин усіх груп борошняних кондитерських виробів представлена вуглеводами, серед яких значну частку займає цукор. У

зв'язку з цим у світовій практиці перед науковцями і фахівцями галузі постає проблема пошуку альтернативних цукру сировинних джерел природного походження. Пошук економічно вигідних натуральних цукрозамінників є актуальним і для України. Це насамперед пов'язано як зі зростанням кількості хворих з порушеним вуглеводним обміном і збільшенням затребуваності на продукти дієтичного спрямування, так і з необхідністю раціонального використання дорогої сировини та зниження собівартості виробів.

При цьому важливо відзначити, що якість виробів, поряд з параметрами ведення технологічного процесу, насамперед визначається співвідношенням і видом сировинних інгредієнтів. Так, різна рецептурна кількість цукру дає змогу отримувати кондитерське тісто з відмінними структурно-механічними властивостями і, як наслідок, виготовляти різноманітну за текстурою, смаковими властивостями продукцію. При зменшенні або виключенні його із рецептури за рахунок використання іншої сировини, зазвичай, виникають відповідні проблеми із виробництвом борошняних кондитерських виробів на існуючому обладнанні та збереженням їх споживчої привабливості [1—3], що призводить до розповсюдженого використання виробниками поліпшувачів-коректорів неорганічної природи при їх приготуванні та ставить під загрозу безпечність вживання таких виробів. У зв'язку з цим для фахівців галузі актуальною є проблема забезпечення високої якості борошняних виробів при зниженні або виключенні з рецептури цукру на основі рецептурних інгредієнтів лише натурального походження та розробки відповідних технологічних рішень для адаптації їх виробництва на встановленому на підприємствах устаткуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на наявність значної кількості досліджень і розробок борошняних виробів, здатних задовольнити потреби сучасних споживачів з огляду на збалансованість та адекватність їх складу вимогам новітньої концепції харчування, на ринку все ще спостерігається дефіцит продукції зі зниженим вмістом або без цукру.

Складність заміни цукру при виробництві харчових продуктів, в тому числі борошняних кондитерських виробів, пов'язана з його важливими технологічними функціями. Адже цукор як рецептурний інгредієнт, окрім надання солодкого смаку, значно впливає на перебіг технологічного процесу, формування властивостей напівфабрикатів, структуру і колір готових виробів. Тому при обґрунтуванні доцільності та рекомендацій щодо використання при виготовленні кондитерських виробів цукрозамінників, які відрізняються походженням, складом, солодкістю тощо, необхідно враховувати їх технологічні властивості та особливості груп виробів, для яких вони призначені. Так, у рецептуру борошняних кондитерських виробів запропоновано замість цукру внесення олігомерів (сиропу Mylose 351 та порошку Glucodry 314), поліолів, рослинних цукрозамінників, що надає можливість рекомендувати їх до вживання людям з порушеним вуглеводним обміном і надмірною вагою. Використання сумішей цукрозамінників і коректування технологічних параметрів виробництва дає змогу отримати конкурентоспроможну кондитерську продукцію спеціального призначення [4—7].

Знизити цукроємність різних видів печива запропоновано за рахунок внесення порошку листя стевії. А завдяки його використанню у комплексі з іншою рослинною сировиною — пророслим соєвим, рисовим і банановим борошном, знежиреним соєвим борошном, вирішується проблема покращення харчової цінності та фізіологічних властивостей при забезпеченні відповідних органолептичних характеристик виробів [8; 9].

Перспективною цукровмісною сировиною, що знижує калорійність і витрати цукру при виробництві харчових продуктів, є різні крохмальні сиропи (глюкозний і глюкозно-фруктозний сироп, мальтозна патока тощо). Продукти переробки крохмальвмісної сировини серед досить значної кількості замінників цукру, які використовуються в харчовій промисловості за кордоном, завдяки своїм характеристикам і економічній привабливості, стали вагомими складовими елементами світового ринку цукристих речовин і нині широко визнані.

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання продуктів гідролізу крохмалю, зокрема крохмальних сиропів, завдяки їх високій солодкості і близького до цукру впливу на текстуру продуктів, дає змогу замінити цукор у кондитерських і хлібобулочних виробах (від 20 до 100%) [10]. Внесення сиропів у рецептури борошняних виробів відбувається на тих же стадіях, що й цукру і патоки, які традиційно використовуються, і не вимагає додаткових технологічних операцій [11].

При розробці борошняних кондитерських виробів зі зниженою цукроємністю ефективних результатів можна досягти, використовуючи інулінвмісну рослинну сировину, а саме: продукти переробки топінамбура [12], до складу яких входять харчові волокна та повільно засвоювані вуглеводи. Численні дослідження показують, що регулярне вживання порошку топінамбура в складі харчових продуктів сприяє стимулюванню мінерального обміну в напрямку збільшення засвоєння кальцію, виборчої стимуляції росту біфідо- і лактобактерій, уповільненню швидкості адсорбції нутрієнтів; позитивно впливає на імунітет і ліпідний обмін, знижуючи таким чином ризик серцево-судинних захворювань та ожиріння [13].

Варто зазначити, що проведений аналіз інформаційних джерел свідчить, що недостатньо уваги приділяється розширенню асортименту борошняних виробів з низькою вологістю — галет зі зниженим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів та збагачених дефіцитними нутрієнтами, які є затребуваними продуктами в сучасних економічних і соціально-політичних умовах країни. Проте зменшення або виключення із рецептури галет цукру викликає, зазвичай, труднощі, пов'язані з підвищенням пружних властивостей тіста унаслідок надмірного набухання клейковинних білків, уповільненням процесів бродіння, погіршенням якості випечених виробів. Отже, актуальним залишається пошук натуральної сировини, технологічні властивості якої здатні стабілізувати якість борошняних виробів зі зниженою цукроємністю, та розробка технологічних рекомендацій при її використанні.

Одним із ефективних шляхів вирішення або часткового нівелювання зазначених проблем без додавання коректорів синтетичного походження та забезпечення високої якості продукції є використання борошна зі специфіч-

ними властивостями, зокрема борошна з безамілозної пшениці ваксі (БПВ) [14]. При оцінці сили тіста з цього борошна за структурно-механічними властивостями встановлено, що воно характеризується як більш слабке порівняно з хлібопекарським борошном (ХПБ). Менший прояв пружних властивостей, отриманих з БПВ напівфабрикатів, поряд з характерною для нього високою газоутворювальною здатністю свідчить про переваги використання більш слабого безамілозного борошна для виготовлення борошняних кондитерських виробів на дріжджах без цукру [15]. Для обґрунтування висновків, зроблених за результатами встановлених властивостей напівфабрикатів для галет на основі БПВ, необхідним є визначення показників якості виробів.

Мета дослідження: обґрунтування доцільності використання борошна з ваксі-пшениці для підвищення якості борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання, а саме: галет, при виключенні цукру із рецептури та розробка технологічних рішень щодо їх виробництва.

Викладення основних результатів дослідження.

При проведенні досліджень зміни показників якості галет як альтернативну цукру сировину при їх виробництві використовували:

- інулінвмісну рослинну сировину — порошок топінамбура (ПТ);
- цукровмісний крохмальний сироп, а саме: мальтозний сироп (МС).

Для визначення раціональної стадії внесення ПТ і МС при приготуванні галет дослідження проводили при їх додаванні за двома варіантами — в опару (спосіб 1); у рівних частках в опару і тісто (спосіб 2).

Найбільш важливими показниками якості галет, що нормуються стандартом, окрім органолептичних характеристик, є вологість, кислотність, лужність і здатність до намокання.

Дослідження впливу заміни цукру на ПТ або МС на фізико-хімічні показники якості галет показало, що лужність і кислотність у всіх зразках виробів змінювалися незначно і залишалися в передбачених нормативною документацією межах. Вологість галет зі зниженою цукроємністю на основі хлібопекарського пшеничного борошна зменшувалась на 2,2...6,7% порівняно з контролем, при цьому більше у разі заміни цукру на ПТ. Незначне зниження вологості виробів без цукру, на нашу думку, обумовлене, незважаючи на збільшення кількості внесеної при замісі цих зразків тіста води, зменшенням вмісту вільної вологи у напівфабрикатах і галетах у результаті більш повного її зв'язування гідроколоїдами борошна внаслідок виключення цукру з рецептури та внесення з порошком харчовими волокнами.

При розробці кондитерських виробів із дріжджового тіста зі зниженим вмістом цукру (Ц) особливу увагу слід звернути на здатність їх до намокання, адже цей показник непрямо характеризує пористість випеченої продукції, яка, у свою чергу, залежить від швидкості газоутворення у напівфабрикатах.

Встановлено, що заміна цукру на ПТ або МС в рецептурі галет призводить до зменшення їх здатності до намокання (рис. 1). Так, порівняно з контролем, цей показник при використанні ПТ знизився на 15% при 1-му способі його внесення, а при 2-му — на 11%. Заміна ж цукру на МС привела до зменшення здатності до намокання на 27 і 22% відповідно.

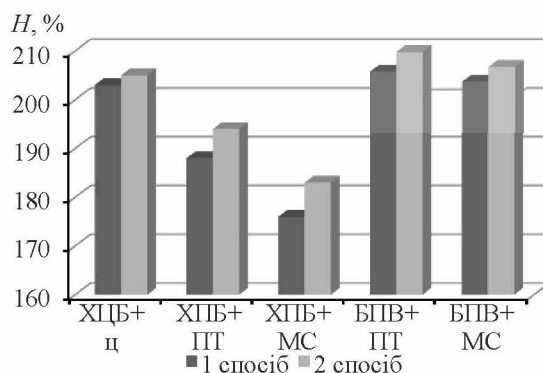


Рис. 1. Здатність до намокання галет

Отримані результати пов'язані з тим, що цукор як рецептурний компонент значно впливає не тільки на смакові властивості, але й на інтенсивність перебігу біохімічних, мікробіологічних і колоїдних процесів у борошняних напівфабрикатах. Зменшення здатності до намокання галет при виключенні цукру з рецептури за рахунок внесення МС, імовірно, відбувається внаслідок зниження об'єму вуглекислого газу, що виділяється при бродінні напівфабрикатів [11; 15]. Більш низька здатність до намокання виробів із заміною цукру на ПТ, незважаючи на достатньо високе газоутворення в напівфабрикатах зразків, можливо, обумовлена підвищенням міцності тіста у результаті внесення з порошком харчових волокон [16; 17]. Адже їх наявність з характерною для них розгалуженою структурою супроводжується ущільненням тістових заготовок, що в подальшому ускладнює їх розпушення при прогріванні під час випікання.

Дослідження зміни пористості, структури галет зі зниженою цукроємністю оцінювали також за їх густиною і твердістю (рис. 2, 3). Ці показники стандартом не нормуються, але добре корелюють з консистенцією і текстурою виробів, відчуттями людини при їх споживанні, тобто органолептичною оцінкою. Використання замість цукру ПТ або МС у рецептурі галет призводить до підвищення густини і твердості виробів, що узгоджується з отриманими результатами визначення зміни їх здатності до намокання.

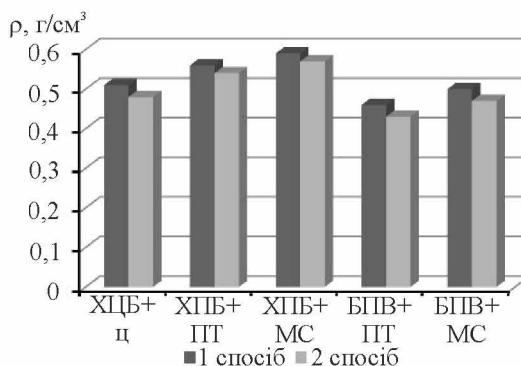


Рис. 2. Залежність густини галет при заміні цукру від виду пшеничного борошна

Так, при заміні цукру на ПТ, незважаючи на встановлену попередніми дослідженнями інтенсифікацію виділення вуглекислого газу в процесі бродіння напівфабрикатів [17], твердість галет порівняно з контролем збільшилась на 43% при внесенні інулінвмісної сировини на стадії замісу опари (1-й спосіб) і на 20% при постадійному додаванні порошку (2-й спосіб). Така тенденція обумовлена ущільненням структури готових виробів за рахунок гідрофільних і загущувальних властивостей харчових волокон, що містяться в порошку топінамбура.

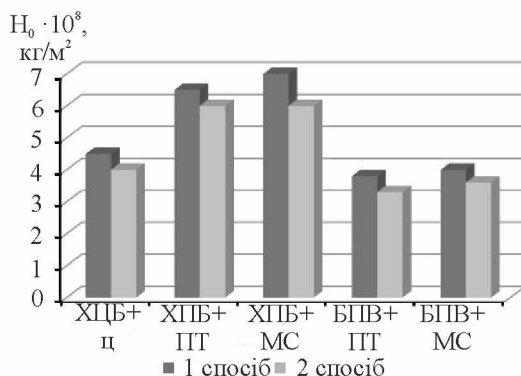


Рис. 3. Твердість галет

Заміна ж цукру на МС привела до підвищення твердості виробів в 1,5 раза незалежно від варіанта його внесення, що, ймовірно, пов'язано з недостатнім газоутворенням на стадії дозрівання опари і тіста для галет без цукру, внаслідок чого структура отриманих виробів менш розпушена.

Порівняльний аналіз впливу різних варіантів внесення використовуваної замість цукру сировини на фізико-хімічні показники та структурні властивості галет показав, що кращою якістю відрізняються зразки, приготовлені при внесенні ПТ або МС в рівних частинах в опару і тісто (2-й спосіб). Отримані залежності, очевидно, пояснюються пришвидшенням підвищення кислотності та більшою кількістю утвореного при бродінні вуглекислого газу під час відлежування-вистоювання зразків тіста [18]. Це сприяє розслабленню і розпушенню його структури у більшій мірі, та, як наслідок, отриманню галет з краще розвинутою структурою пористості, про що свідчить більш висока здатність до намокання і менша густина й твердість зразків галет. У разі ж внесення всієї кількості досліджуваної сировини на першій стадії тістоприготування в опару (1-й спосіб), більша частина продуктів інверсії вуглеводів зброджуються дріжджами вже в опарі, що призводить до зниження інтенсивності газоутворення у тісті й обмеженого розвитку пористості виробів при випіканні.

Результати досліджень показників якості галет із заміною цукру на ПТ або МС при використанні для їх приготування БПВ показали, що вироби на її основі характеризувались більш низькою густиною і твердістю, вищою здатністю до намокання (див. рис. 1—3) як порівняно з контролем, так і з галетами без цукру на основі ХПБ.

Формування якісних характеристик борошняних виробів з дріжджового тіста відбувається під час випікання в результаті ряду теплофізичних, колоїдних, біохімічних і мікробіологічних процесів. Отже, покращення пористої й отримання добре розпушеної структури готових виробів без цукру на основі БПВ обумовлено термічним розширенням газоподібних продуктів, які утворилися в більшій кількості внаслідок інтенсифікації спиртового бродіння протягом усіх етапів дозрівання напівфабрикатів для галет.

Також підвищення здатності до намокання, зменшення густини зразків галет може бути пов'язано з тим, що заміна хлібопекарського борошна на більш слабке за якістю БПВ супроводжується зменшенням пружності та міцнісних властивостей тіста для галет без цукру [16], яке чинить менший опір газоподібним речовинам, що розширюються під час випікання, і легше розпушується, що, у свою чергу, також сприяє поліпшенню пористості виробів.

При використанні безамілозного пшеничного борошна для виробництва галет зі зниженою цукроємністю спостерігається зниження їх твердості порівняно із зразками з ХПМ на 13...18% при 1-му і 2-му способі внесення ПТ і на 4...9% при заміні цукру на МС відповідно. Зменшення твердості галет без цукру на основі безамілозного борошна, вочевидь, пояснюється, окрім підвищення їх пористості, зменшенням вмістом клейковиноутворюючих білкових фракцій у складі БПВ [18], що призводить до утворення менш зв'язаної, міцної структури тіста, а згодом і виробів.

Отже, використання БПВ при приготуванні галет, навіть у разі виключення з рецептури цукру, призводить до покращення фізико-хімічних показників якості, які характеризують пористість і структуру готових виробів.

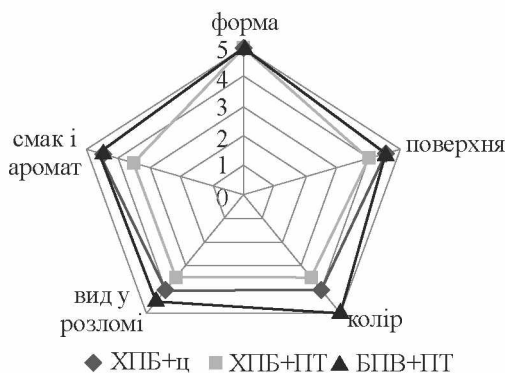
Визначення вологості виробів без цукру показало, що їх приготування на основі БПВ супроводжується підвищенням вологості галет, але не перевищує регламентованих меж. Так, вологість контрольного зразка становить 9%, а при заміні ХПБ на безамілозне борошно цей показник збільшився на 0,3% і 0,6% для галет з ПТ і МС відповідно. Отримані результати, на наш погляд, обумовлені розгалуженою структурою амілопектину, утворенням більшої кількості декстринів унаслідок більш низької температури клейстеризації крохмалю ваксі з характерними для них водозв'язувальними властивостями, що сприяє зменшенню втрати вологи при випіканні виробів.

Значення кислотності галет без цукру з БПВ також знаходились у межах вимог стандарту, що забезпечувалось рекомендованим скороченням тривалості відлежування-бродіння тіста на основі безамілозного борошна завдяки інтенсифікації його дозрівання та зниженню пружних властивостей на 30...60 хв залежно від варіанта внесення ПТ або МС.

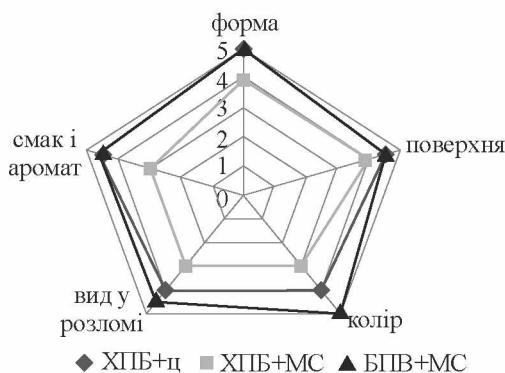
Необхідно відзначити, що одним із найбільших ризиків при розробці нових видів виробів є погіршення традиційних органолептичних властивостей, яке стає критичною контрольною точкою при їх виробництві. Через це особливу увагу слід приділити змінам характеристик при використанні ПТ і МС в технології галет зі зниженою цукроємністю.

З огляду на те, що кращими фізико-хімічними показниками характеризувалися галети без цукру, приготовлені з постадійним внесенням ПТ або МС

(згідно з 2-м способом), то органолептична оцінка наводиться тільки для цих виробів. Представлені профілограми галет зі зниженою цукроємністю на основі різних видів пшеничного борошна свідчать (рис. 4), що виключення цукру з рецептури виробів на основі ХПБ призводить до погіршення їх якості. Галети при заміні цукру досліджуваною альтернативною сировиною порівняно з контролем мали нерівну поверхню, ненасичений колір, недостатньо розвинену структуру, невиразний смак і аромат, форма деяких виробів була деформована.



а)



б)

Рис. 4. Профілограми галет

Заміна ж хлібопекарського пшеничного борошна на безамілозне в технології галет зі зниженою цукроємністю дає змогу стабілізувати їх якість: вироби характеризуються правильною формою, більш приємним, насиченим кольором, добре розпушеною структурою і яскраво вираженим ароматом.

Завдяки використанню у галетах замість цукру порошку топінамбура, для полісахаридів якого характерні пребіотичні властивості, забезпечується підвищення фізіологічної, харчової цінності виробів — знижується вміст легкозасвоюваних вуглеводів при одночасному збільшенні в 1,9 раза харчових волокон, а також вітамінів і мінеральних речовин.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що заміна цукру на ПТ і МС при приготуванні галет на основі хлібопекарської пшеничного борошна призводить до погіршення якості виробів — знижується їх здатність до намокання, підвищується твердість, вироби характеризуються щільною структурою, зниженими органолептичними характеристиками. Використання ж борошна з пшениці ваксі, як більш слабкого за силою з характерною для нього високою газоутворювальною здатністю, дає змогу нівелювати негативний ефект виключення з рецептури цукру й отримати вироби з поліпшеними споживчими властивостями — приємного насиченого кольору, з високою здатністю до намокання і меншою густиною, що свідчить про добре розпушену структуру і розвинену пористість галет. Порівняльна оцінка способу внесення цукрозаміщуючих інгредієнтів показала, що кращими фізико-хімічними й органолептичними показниками характеризуються вироби, при приготуванні яких ПТ/МС вносили поетапно — в рівних частках в опару і тісто (2-й спосіб).

Отже, сумісне використання при приготуванні галет ПТ/МС та борошна з ваксі-пшениці дозволить розширити асортимент борошняних кондитерських виробів тривалого зберігання зі зниженою цукроємністю, енергетичною цінністю, раціонально використовувати цукристу сировину та знизити собівартість продукції при забезпеченні її високої якості.

Література

1. Manley D. Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, 2011. 632 p.
2. Struck S., Jaros D., Brennan C. S., Rohm H. Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International journal of Food Science and Technology*. 2014. V. 49(9). P. 1963–1976. doi: 10.1111/ijfs.12617.
3. Carniel Beltrami M., Doring T., De Dea Lindner J. Sweeteners and sweet taste enhancers in the food industry. *Food Science and Technology*. 2018. No. 38(2). P. 181–187. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.31117>.
4. Kweon M., Slade L., Levine H. Potential sugar reduction in cookies formulated with sucrose alternatives. AACCI Annual Meeting. Minneapolis, 2015. P. 1–5.
5. Дорохович В.В., Абрамова А.Г. Розроблення бісквітів дієтичного призначення на основі цукрозамінників нового покоління. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23. № 3. С. 217–228.
6. Mariotti M., Lucisano M. Bakery Products. Science and Technology. Sugar and Sweeteners. John Wiley & Sons, Ltd. 2014. P. 776. doi: 10.1002/9781118792001
7. Sman R.G.M., Renzetti S. Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. P. 1–15. doi: 10.1080/10408398.2018.1442315.
8. Kulthe A., Pawar V.D., Kotecha P.M. Development of high protein and low calorie cookies. *J Food Sci Technol*. 2011. Vol 51(1). P. 1–5. doi: 10.1007/s13197-011-0465-2.
9. Inyang U.E., Effiong C.F., Edima-Nyah A.P. Physical Properties, Nutritional Composition and Sensory Evaluation of Cookies Prepared from Rice, Unripe Banana and Sprouted Soybean Flour Blends // *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2018. Vol. 3(2). P. 70–76. doi: 10.11648/j.ijfsb.20180302.15.
10. Zargaraan A., Kamaliroosta A., Yaghoubi A.S., Mirmoghtadaie L. Effect of Substitution of Sugar by High Fructose Corn Syrup on the Physicochemical Properties of Bakery and Dairy Products: A Review // *Nutrition and Food Sciences Research*. Vol. 3, No. 4. P. 1–11.

11. Дробот В.І., Білик О.А., Савчук Н.І., Бондаренко Ю.В. Харчові добавки та цукристи речовини в технології хлібобулочних виробів: монографія. НУХТ. Київ, 2017. 253 с.
12. Davis C. Inulin: Chemical Properties, Uses & Health Benefits. Nova Science Publishers Inc, 2017. P. 120.
13. Stanley J.K., Nottingham S.F. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L.. CRC Press, 2007. P. 496 p.
14. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. Логос. Київ, 2011. С. 495.
15. Хвостенко К.В. Розробка галет зі зниженою цукроємністю // SWEETS&BAKERY Ukraine: матеріали тез доп. наук.-техн. конф., Київ, 2—4 жовтня 2012 р. Київ, НУХТ, 2012. С. 36.
16. Iorgachova K., Makarova O., Khvostenko K. The study of technological properties of waxy wheat flour and its influence on refined sugar-free hardtack's dough. EUREKA: Life Sciences. 2018. Issue 5. P. 54—62. doi: <http://dx.doi.org/10.21303/2504-5695.2018.00721>.
17. Iorgachova K., Makarova O., Fateeva A., Khvostenko K. Intensification of fermentation of semi-finished products of hardtracks with lowered sugar content . Technics, technologies and education: матеріали тез доп. Міжнар. конф., Yambol, 19—20 October 2017. Yambol of Trakia University, 2017. P. 363—367.
18. Yu X. R., Zhou L., Zhang J. Comparison of structural development and biochemical accumulation of waxy and non-waxy wheat caryopses. Cereal Research Communications. 2015. Vol. 43. P. 307—317. doi: <https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0038>.