

УДК 664.64.022.39

ВПЛИВ БОРОШНА КІНОА НА ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА

М.М. Самілик, Я.В. Нагорний

*Вибір безглютенової сировини, яка позитивно впливатиме на властивості тіста, є важливим завданням для науковців та технологів. В процесі пошуку нових інгредієнтів для створення інноваційного та натурального безглютенового хліба варто звернути особливу увагу на компоненти, які підвищують пружність тіста, його поживні та сенсорні властивості. До сировини, що може бути цікавою у виробництві безглютенового хліба відносяться псевдозлаки, зокрема, кіноа. Метою даного дослідження є оцінка впливу борошна із кіноа Квартет на властивості тіста при виробництві безглютенового хліба. Досліджено 5 зразків хліба із безглютенової сировини. Зразок 1 було виготовлено із суміші безглютенової сировини: рисового борошна, кукурудзяного крохмалю, псиліуму, льону золотистого та мальтози. В зразках 2, 3, 4, 5 частину кукурудзяного крохмалю було замінено на борошно із кіноа Квартет, селекції науковців Сумського національного аграрного університету. Зерна кіноа для виготовлення зразка 3 попередньо настоювали у холодній воді для видалення сапонінів. Кіноа для виготовлення зразків 4, 5 обробляли водою та ультразвуком. Для приготування тіста, в якості розпушувача, використовували закваску на основі рисового борошна, *Lactobacillus sanfranciscensis* та *Candida humilis*. Додавання борошна кіноа призвело до зниження кислотності тіста, що позитивно вплинуло на формування структури готових виробів. Також у зразках тіста із борошном кіноа спостерігалось зниження масової частки вологи. Клейстеризація крохмалю за умови нижчої вологості сприяла утворенню сухої, еластичної м'якушки хліба. За органолептичними показниками хліб із додаванням борошна кіноа Квартет мав приємний горіховий присмак, біле забарвлення, суху, еластичну м'якушку та тоненьку золотаво-жовту скоринку. М'якуш зразків хліба із борошном кіноа мав більш рівномірну дрібну тонкостінну пористість, без порожнин і ознак непромісу, закату. У зразку 2, який містив необроблені зерна кіноа, спостерігалась незначна гіркота. Зразок, виготовлений із вищим вмістом кукурудзяного крохмалю, без борошна кіноа, мав незадовільні органолептичні показники.*

Ключові слова: безглютеновий хліб, кіноа, тісто, кислотність, органолептичні властивості.

THE INFLUENCE OF QUINOA FLOUR ON THE PROPERTIES OF THE DOUGH IN THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE BREAD

M. Samilyk, Y. Nogorny

*The choice of gluten-free raw materials, which will positively affect the properties of the dough, is an important task for scientists and technologists. In the process of searching for new ingredients to create innovative and natural gluten-free bread, it is worth paying special attention to the components that increase the elasticity of the dough, its nutritional and sensory properties. Raw materials that can be interesting in the production of gluten-free bread include pseudocereals, in particular, quinoa. The purpose of this study is to evaluate the effect of Quartet quinoa flour on dough properties in the production of gluten-free bread. 5 samples of bread from gluten-free raw materials were studied. Sample 1 was made from a mixture of gluten-free raw materials: rice flour, corn starch, psyllium, golden flax and maltose. In samples 2, 3, 4, 5, part of the corn starch was replaced with Quartet quinoa flour, selected by scientists of the Sumy National Agrarian University. Quinoa grains for making sample 3 were pre-infused in cold water to remove saponins. Quinoa for the production of samples 4, 5 was treated with water and ultrasound. To prepare the dough, leavening agent based on rice flour, *Lactobacillus sanfranciscensis* and *Candida humilis* was used as a leavening agent. The addition of quinoa flour led to a decrease in the acidity of the dough, which had a positive effect on the formation of the structure of the finished products. Also, a decrease in the mass fraction of moisture was observed in the dough samples with quinoa flour. Starch pasteurization under conditions of lower humidity contributed to the formation of dry, elastic bread pulp. According to organoleptic indicators, bread with the addition of Quartet quinoa flour had a pleasant nutty taste, white color, dry, elastic crumb and a thin golden-yellow crust. The crumb of the bread samples with quinoa flour had a more uniform small thin-walled porosity, without cavities and signs of non-brewing, tempering. Sample 2, which contained unprocessed quinoa grains, showed slight bitterness. A sample made with a higher cornstarch content, without quinoa flour, had unsatisfactory organoleptic parameters.*

Key words: *gluten-free bread, quinoa, dough, acidity, organoleptic properties.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Хліб є найпопулярнішим продуктом у харчовому раціоні більшості людей, оскільки у його складі містяться вуглеводи, білки, вітаміни та мінеральні речовини. Проте, хліб із пшеничного борошна, який користується найбільшим попитом, має високу калорійність і нижчу біологічну цінність. Крім того, існує достатньо велика кількість споживачів, які мають целиацію. За останніми даними непереносимість глютену значно зростає у всьому світі [1].

Більшість безглютенових продуктів (особливо хліб), які зазвичай виготовляються із безглютенового борошна та крохмалю позбавлені глютенів білків, мають погані сенсорні, текстурні та поживні властивості. Крім того, повна заміна глютену білка в рецептурі безглютенового хліба є великою проблемою, оскільки саме білок глютену формує потрібні технологічні властивості тіста. Тому, вибір безглютенової сировини, яка позитивно впливатиме на властивості тіста, є важливим завданням для науковців та технологів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В процесі пошуку нових інгредієнтів для створення інноваційного та натурального безглютенового хліба варто звернути особливу увагу на компоненти, які підвищують пружність тіста, його поживні та сенсорні властивості.

Основними інгредієнтами для виробництва безглютенового хліба є рис, маніок, кукурудза, соєве борошно, картопляний крохмаль [2]. Найбільш підходящим борошном для отримання безглютенових борошняних виробів є рисове борошно. Рис широко визнаний як гіпоалергенна культура з високою харчовою цінністю [3]. Як правило, до рисового борошна додаються інші види зернового борошна для покращення функціональності та поживних властивостей кінцевих продуктів.

Борошно є найважливішою сировиною для хлібобулочних виробів. Незважаючи на погані технологічні властивості білків, борошно без глютену має головну перевагу в поживних властивостях і добре збалансованому складі профілю амінокислот. Вони є ключовими сполуками, незамінними для багатьох біохімічних реакцій. Вільні амінокислоти, зокрема, сприяють аромату та смаку хлібобулочних виробів [4]. Вони беруть участь у реакції Майяра, утворюючи смако- та ароматоутворюючі активні сполуки [5, 6].

До сировини, що може бути цікавою у виробництві безглютенового хліба відносяться псевдозлаки, зокрема, кіноа. Виняткова поживна цінність кіноа пояснюється його збалансованим складом, високим вмістом білка, мінералів, клітковини та інших біологічно цінних сполук [7]. Кіноа містить високий рівень незамінних жирних кислот та вітамінів. Вміст вуглеводів у насінні кіноа коливається від 49% до 68% [8].

До антипоживних факторів у насінні кіноа, які діють як природний захист від патогенів і травоядних, відносять сапоніни [9]. Сапоніни надають кіноа гіркий смак і в основному містяться у зовнішній оболонці насіння. Їх можна видалити, або частково знизити вміст, за допомогою різноманітних методів обробки, таких як промивання холодною водою, стирання та лущення. Але при стиранні

та лушценні знижується біологічна цінність борошна кіноа оскільки із нього видаляється значна частина харчових волокон [10]. Тому, доцільно проаналізувати інші способи видалення сапоніну із зерна.

Варто зазначити, що вирощування та споживання кіноа постійно зростає в усьому світі не лише завдяки його дієтичним особливостям, але й здатності переносити несприятливі умови та адаптуватися до дуже різних екологічних ситуацій [11]. В Україні офіційно зареєстровано три сорти кіноа, в тому числі на Сумщині. Науковцями Сумського національного аграрного університету створено сорт Квартет, який відрізняється зниженим вмістом сапонінів. Проте, практично відсутні дослідження щодо можливості застосування даного сорту кіноа у виробництві безглютенового хліба.

Мета статті - дослідження впливу борошна із кіноа Квартет на властивості тіста при виробництві безглютенового хліба.

Для вирішення поставленої мети запропоновано наступні завдання дослідження:

- ввести у рецептуру безглютенового хліба борошно із кіноа Квартет та дослідити властивості тіста;
- проаналізувати органолептичні показники хліба із борошном кіноа Квартет та запропонувати його раціональну кількість у рецептурі.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В ході досліджень було виготовлено 5 зразків хліба, рецептури яких представлено в табл. 1:

- Зразок 1 виготовлено за відомою рецептурою [12] без борошна кіноа;
- Зразок 2 – із додаванням борошна, виготовленого із необроблених зерен кіноа;
- Зразок 3 – із додаванням борошна, виготовленого із зерен, які настоювали у холодній воді протягом 30 хв, висушували та подрібнювали;
- Зразки 4, 5 – із додаванням борошна, виготовленого із зерен, які обробляли ультразвуком у воді за температури 30°C (співвідношення 1:1).

Фактично для виготовлення всіх дослідних зразків використана одна рецептура, запропонована Амтаг та інш. [12]. Відмінність полягала лише у способах попередньої обробки зерен кіноа перед виготовленням борошна та в його кількості.

Для виробництва дослідних зразків хліба застосовували суміш борошна, у складі якого були: рисове борошно ТОВ «Каскад» (Україна), льон золотистий ТМ «Земледар» (Україна), псилліум ФОП «Храмов В.М.» (Україна), крохмаль кукурудзяний сухий ТОВ «Інтерстарч

Україна», борошно кіноа, яке отримували подрібненням зерен на лабораторному дисковому млині ЛЗМ-1 до крупності, що забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито №025 (0,25 мм). Обробку зерен кіноа ультразвуком проводили за допомогою ультразвукової ванни UCleaner TV02 потужністю 120 Вт, 40 кГц. Як заміник цукру у рецептурі використовували мальтозу ТМ «EatoFit» (Україна). Для приготування тіста, в якості розпушувача, використовували закваску на основі рисового борошна, *Lactobacillus sanfranciscensis* та *Candida humilis*. Закваску було виготовлено в лабораторних умовах. Для цього рисове борошно (300 г) змішували з водою (375 г) та медом (10 г). Отримане тісто інкубували при 25 ± 2 °С до досягнення рН 4,0, а потім його безперервно підтримували за допомогою техніки підживлення закваски в тих самих контрольованих умовах. Загальна тривалість ферментації закваски становила 7 діб.

Таблиця 1

Рецептура дослідних зразків хліба

Сировина, г	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5
Рисове борошно	135	135	135	135	135
Крохмаль кукурудзяний	115	103	103	103	92
Борошно кіноа	-	12	12	12	23
Льон золотистий	12	12	12	12	12
Псиліум	8	8	8	8	8
Мальтоза	12	12	12	12	12
Сіль	6	6	6	6	6
Оливкова олія	18	18	18	18	18
Закваска	137	137	137	137	137
Вода	185	185	185	185	185
Разом	628	628	628	628	628

Кислотність тіста досліджували арбітражним методом [12]. Визначення активної кислотності проводили за допомогою рН метра (AD 11 pH meter Adwa). Вологість тіста визначали методом висушування в сушильній шафі СЕШ-3М. Органолептичні показники визначали за допомогою органів чуття згідно з ДСТУ 9188:2022 «Вироби хлібобулочні. Органолептичне оцінювання показників якості».

Результати дослідження фізико-хімічних показників якості тіста представлено в табл.2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості тіста

Найменування показників	Дослідні зразки				
	1	2	3	4	5
Кислотність, °Н	8,3	7,8	7,0	6,2	5,2
pH	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9
Масова частка вологи, %	48,1	45,4	46,3	46,0	45,7

Результати дослідження показали, що додавання борошна кіноа призводило до зниження кислотності тіста. Кислотність сприяє руйнуванню крохмалю та дозволяє зменшити термін вистоювання тістових заготовок, проте каркас виробів мав меншу структурну підтримку. Правильно сформований клейковинний каркас забезпечить оптимальне газоутримання тіста. Враховуючи, що у рецептурі використана лише безглютенова сировина, можна припустити, що таке зниження кислотності позитивно вплинуло на формування структури готових виробів. Крім того в межах нижчого рівня pH повільніше відбувається меланоїдинова реакція, тому готові вироби (зразки 3–5) мали більш бліде забарвлення. Оскільки відсутні нормативні показники якості безглютенового хліба на рисовому борошні, отримані результати доцільно враховувати а разі розробки технічних умов на виготовлення даного виду хліба.

Додавання борошна кіноа призвело до зниження масової частки вологи у тісті. Клейстеризація крохмалю в умовах обмеженої кількості води сприяла утворенню сухої, еластичної м'якушки хліба (рис.1).

**Рис.1. Дослідні зразки хліба**

Вироби, що містили борошно кіноа (зразки 2,3,4,5) мали більш привабливий зовнішній вигляд. Поверхня виробів була гладкою, не забрудненою, без великих тріщин і підривів. Колір скоринки всіх зразків був рівномірним, не блідим і не підгорілим. Забарвлення – золотаво-жовте (зразки 3,4,5) та світло-коричнєве (зразки 1,2). Товщина скоринки хліба із борошном кіноа була дещо меншою (до 3 мм), ніж хліба, виготовленого з більшим вмістом крохмалю – до 4 мм. Стан м'якуша зразка 1 був незадовільним, липким, структура порушена, в'язка. М'якуш зразків хліба із борошном кіноа мав більш рівномірну дрібну тонкостінну пористість, без порожнин і ознак непромісу, закалу.

Колір м'якуша – білий. На смак зразок 1 був занадто кислим, запах властивий хлібу. Зразок 2 мав дещо гіркуватий смак, з горіховим післясмаком, подібний смак мав зразок 3, але гіркота в ньому ледь відчувалася. Найвищу оцінку за результатами органолептичної оцінки отримали зразки 4 та 5, які мали приємний смак з горіховим присмаком, запах властивий хлібу без сторонніх відтінків.

Висновки. За рахунок введення у рецептуру безглютенового хліба борошна із кіноа Квартет знизилася кислотність тіста, покращилися його структурні властивості.

Органолептичний аналіз показав, що борошно із кіноа Квартет позитивно вплинуло на смако-ароматичні властивості хліба.

В подальших дослідженнях планується збільшити кількість борошна кіноа у рецептурі та дослідити фізико-хімічні властивості хліба та дослідити його реологічні властивості.

Список джерел інформації / References

1. Bravi E., Sileoni V., Marconi O. Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) as Functional Ingredient for the Formulation of Gluten-Free Shortbreads / Foods. – 2024.–Vol.13(3) –P. 377 <https://doi.org/10.3390/foods13030377>
2. Nagash F., Gani A., Gani A., Masoodi F.A. Gluten-free baking: combating the challenges – a review / Trends Food Sci Technol. – 2017.–Vol.66 – Pp. 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
3. Lazíková J., Takáč I., Schneir E.R., Rumanovská L. Legal Aspects of the Quinoa Imports Into the EU. EU Agrar. Law. – 2022.–Vol.11 – Pp. 13–21. <https://doi.org/10.2478/eual-2022-0003>
4. Kowalska S., Szlyk E., Jastrzębska A. Simple extraction procedure for free amino acids determination in selected gluten-free flour samples / Eur. Food Res. Technol. – 2022.–Vol.248 – Pp. 507–517. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03896-7>
5. Cayres C.A., Ascheri J.L.R., Peixoto-Gimenes Couto M.A. Evaluation of nutritional characteristics and consumers' acceptance of gluten-free sweet biscuits made from rice-based pregelatinized composite flours containing orange pomace and soy protein isolate / SN Appl. Sci. – 2021.–Vol.3 – Pp. 183. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04209-z>
6. Sileoni V., Alfeo V., Bravi E., Belardi, I., Marconi O. Upcycling of a by-product of the brewing production chain as an ingredient in the formulation of functional shortbreads / J. Funct. Foods. – 2022.–Vol.98, 105292. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105292>
7. Arslan M., Rakha A., Xiaobo Z. Complimenting Gluten Free Bakery Products with Dietary Fiber: Opportunities and Constraints / Trends Food Sci. Technol. – 2019.–Vol.83 – Pp. 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.011>
8. Angeli V., Miguel Silva P., Crispim Massuela D., Khan M.W., Hamar A., Khajehei F., Graeff-Hönniger S., Piatti C. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and

Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization / Foods. – 2020.–Vol. 9(2) – P. 216. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>

9. Rao N., Shahid M. Quinoa-a promising new crop for the arabian peninsula/ Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci. – 2012.–Vol. 12 – Pp. 1350–1355. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2012.12.1.0.1823>

10. Hu Y., Zhang, J., Zou L., Fu C., Li P., Zhao G. Chemical characterization, antioxidant, immune-regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from Chenopodium quinoa seeds/ Int. J. Biol. Macromol. – 2017.–Vol. 99 – Pp. 622–629. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.019>

11. Malik R. A., Srivastava S., Shahi N. C. Formulation of quinoa incorporated protein-rich biscuits and numerical optimization of its process parameters / Journal of Food Processing and Preservation. – 2022.–Vol. 46(1) – Pp. e16209. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16209>

12. Ammar I., Sebi H., Aloui T., Attia H., Hadrich B., Felfoul I. Optimization of a novel, gluten-free bread's formulation based on chickpea, carob and rice flours using response surface design / Heliyon. – 2022.–Vol. 8(12) – P. e12164. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12164>

13. Samilyk M., Demidova E., Nazarenko Y., Tymoshenko A., Ryzhkova T., Severin R., Hnoievyy I., Yatsenko I. Formation of the quality and shelf life of bread through the additive of powder from rowanberry / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023.–Vol. 3(11(123)) – Pp. 42–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.278799>

Самілик Марина Михайлівна, доктор технічних наук, доцент. Кафедра технологій та безпеки харчових продуктів Сумський національний аграрний університет, m.samilyk@ukr.net

Samilyk Maryna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. Department of Food Technology and Safety, Sumy National Agrarian University, m.samilyk@ukr.net

Нагорний Ярослав Вячеславович, аспірант. Кафедра технологій та безпеки харчових продуктів Сумський національний аграрний університет, mdv96@ukr.net

Nogorny Yaroslav, PhD student. Department of Food Technology and Safety, Sumy National Agrarian University, mdv96@ukr.net