ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.694
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-12

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

СЕНСОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОПЕРЕДНЬО КЛЕЙСТЕРИЗОВАНОГО АМАРАНТОВОГО БОРОШНА

К. В. КОСТЕЦЬКА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-2387-5400
О. П. ГЕРАСИМЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-4242-0946
Р. С. ГРИЩУК, аспірант
ORCID ID: 0009-0008-0108-1654
Д. А. КОЛІСНИК, здобувач вищої освіти
ORCID ID: 0009-0008-9021-1210
(Уманський національний університет)

Анотація. *Макаронні вироби є традиційним продуктом харчування для широкої верстви населення України та Світу. Для спеціального дієтичного споживання серед харчових продуктів особливе місце посідає продукція, що розробляється для категорії людей із захворюванням, що спричинений непереносимістю глютену. Проведено аналіз виробництва харчових продуктів для населення, що хворіє на целіакію. Метою дослідження є оптимізація рецептурного складу та оцінка сенсорних показників безглютенових макаронних виробів, виготовлених методом екструзії на основі борошна амаранту з різним ступенем попередньої клейстеризації крохмалю. Проведено серію лабораторних випробувань для встановлення оптимального гідромодуля тіста. За фіксованої вологості тістових мас на рівні 40%, адаптованої до високої водопоглинальної здатності амарантового борошна, досліджено вплив рівнів введення попередньо клейстеризованої борошняної заварки (15%, 25% та 35% від загальної маси борошна) на їхні реологічні властивості та якісні характеристики готових виробів. Установлено, що за відсутності попереднього термооброблення сировини тісто характеризується високою ламкістю та клейкістю, що унеможливлює формування стабільної структури через брак клейковинного каркаса в амарантовому борошні. Клейстеризований амілопектиновий крохмаль виконує роль структурного матриксу, що створює тривимірну сітку, здатну утримувати крохмальні гранули під час формування та варіння макаронних виробів. Водночас надмірне введення завареної фази (35%) призводить до деструкції білково-крохмальної матриці під дією зсувних деформацій в екструдері, що збільшує втрати сухих речовин у воду для варіння. Визначено оптимальну частку клейстеризованого борошна на рівні 25%, що забезпечує високі органолептичні, реологічні та фізико-хімічні показники готового продукту.*

Ключові слова: *безглютенові макаронні вироби, борошно амарантове, клейстеризація крохмалю, органолептичні показники якості.*

Постановка проблеми. Згідно з положеннями *Codex Alimentarius*, безглютенові продукти призначені для дієтотерапії хворих на целіакію (що вражає близько 1% світового населення) і не повинні містити проламінів пшениці, жита, ячменю, а граничний вміст глютену не має перевищувати 20 мг/кг (20 ppm) [1].

Традиційні макаронні вироби виготовляють із борошна твердої чи м'якої пшениці (вищого сорту), де структурно-механічну основу форми та міцність забезпечує тривимірний еластично-пружний клейковинний каркас, сформований білками гліадином та глютеніном.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори [2] обґрунтували потенціал нетрадиційних, високоякісних інгредієнтів, таких як борошно з псевдозлаків, бобових та олійних культур як техно-функціональних інгредієнтів для нових безглютенових преміксів. Розроблення безглютенових макаронних виробів є складним технологічним завданням через відсутність цього каркаса, що призводить до незадовільної консистенції виробів та високих втрат сухих речовин у воду під час кулінарного оброблення. Перспективною сировиною для вирішення цієї проблеми є псевдозернова культура – амарант [5]. Борошно цієї культури характеризується високим вмістом повноцінного за амінокислотним складом білка (13–18%, з високим рівнем лізину (у 2–2,5 раза більше, ніж у пшениці), триптофану, гістидину

та сірковмісного метіоніну), значною кількістю харчових волокон, вітамінів Е, групи В, а також есенціальних мікроелементів (магнію, заліза). Проте технологічне застосування такого борошна обмежене відсутністю клейковинноутворювальних білків [3]. Для формування зв'язаної структури тіста в безглютенових технологіях необхідне штучне створення гідроколоїдної матриці шляхом часткової теплової модифікації крохмалю – попередньої клейстеризації.

Метою дослідження є оптимізація рецептурного складу та оцінка сенсорних показників безглютенових макаронних виробів, виготовлених методом екструзії на основі борошна амаранту з різним ступенем попередньої клейстеризації крохмалю.

Завдання дослідження: обґрунтувати та експериментально підтвердити вибір сировини для отримання основних рецептурних інгредієнтів, які використовуються при створенні безглютенових макаронних виробів і встановити вплив складу і властивостей рецептурних компонентів на органолептичні характеристики продукції.

Методика дослідження. Дослідження проведено на базі кафедри харчових технологій Уманського національного університету. З логічною послідовністю і точністю, згідно методик, що описані в стандартах, виконувалися підбір сировини та досліди готових виробів та їх аналіз. Об'єктом дослідження була якість безглютенових макаронних виробів.

Для проведення експерименту використовували насіння амаранту, вирощене в умовах Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України. Перед замісом тіста насіння піддавали подрібненню до отримання дисперсної маси (борошна) з розміром частинок не більше 0,7 мм. Контроль ступеня подрібнення здійснювали шляхом ситового аналізу за величиною проходу крізь лабораторне сито з розміром чарунок 0,7 мм.

Рецептура макаронних виробів. Рецептурний склад безглютенових дослідних зразків наведено в табл. 1.

Гідротермічне оброблення для формування клейстеризованої фази здійснювали шляхом приготування борошняної заварки з гідромодулем 1:4 (масова частка борошна в замісі заварки – 20%). Отриману водно-борошняну суспензію нагрівали до температури 78–82 °С у водяній бані протягом 30 хв до повної клейстеризації крохмалю.

У рецептурах дослідних зразків клейстеризованою фазою замінювали відповідно 15%, 25 та 35% борошна амарантового від його загальної маси. Охолоджену до температури 35–40 °С борошняну заварку змішували з рештою сухого борошна та сіллю в міксері протягом 8–10 хв до отримання однорідної маси (макаронної крупки).

Формування проводили за допомогою побутового макаронного преса (діаметр матриці 1,65 мм, температура тіста до 45 °С). Сушіння сформованих макаронних виробів здійснювали за комбінованим диференційованим режимом. Початковий етап високотемпературного сушіння проводили за температури 70–80 °С протягом 1 години для швидкої фіксації крохмальної матриці. На наступному етапі здійснювали плавне охолодження та стабілізацію виробів у сушильній камері за температури 45–50 °С та відносної вологості повітря 70–75% впродовж 2–3 годин з метою зняття внутрішньої напруги та запобігання розтріскуванню. Фінальне витримування (акліматизацію) проводили за температури 20–22 °С протягом 20 годин до досягнення залишкової вологості виробів менше 12,5%.

Контролем слугував зразок, виготовлений зі 100% борошна амарантового без попередньої клейстеризації (вологість тіста 40%).

Для порівняння також брали зразок, виготовлений зі 100% пшеничного борошна вищого сорту (вологість тіста 32%).

Сенсорний аналіз та споживчі характеристики. Органолептичні показники (табл. 2) зразків варених макаронних виробів з амарантового борошна оцінювали методом сенсорного аналізу. Дегустаційна комісія складалася з 5 споживачів без попередньої спеціальної підготовки. Для аналізу кожному учаснику надавали приблизно 3 г кожного зразка безпосередньо після відварювання (протягом оптимального часу варіння).

Таблиця 1

Рецептурний склад дослідних зразків безглютенових макаронних виробів

Інгредієнти	Контроль	Зразок 1 (15% завареної фази)	Зразок 2 (25% завареної фази)	Зразок 3 (35% завареної фази)
Борошно амарантове (попередньо клейстеризоване), %	–	8,85	14,75	20,65
Фактичний гідромодуль борошняної заварки	–	1:4,00	1:4,00	1:1,94
Борошно амарантове (без попередньої клейстеризації), %	59	50,15	44,25	38,35
Вода на приготування заварки, %	0,0	35,4	59,0	40,0
Вода на замішування тіста, %	40,0	4,6	0,0	0,0
Сіль, %	1	1	1	1

Оцінювання здійснювали шляхом заповнення двох типів дегустаційних листів. Перший лист містив профільну 5-бальну шкалу для оцінки базових сенсорних властивостей за 5 дескрипторами: зовнішній вигляд і колір, запах (аромат), смак, текстура (у т. ч. клейкість та твердість) і загальна прийнятність. Другий лист використовували для гедонічного аналізу за 5-бальною шкалою (де 1 – «дуже не подобається», 5 – «дуже подобається») з метою визначення споживчих переваг та потенційного наміру придбати розроблений продукт.

Результати досліджень та обговорення. Органолептична оцінка зразків безглютенових макаронних виробів на основі борошна амарантового є ключовим індикатором їх споживчої спроможності, оскільки введення нетрадиційної сировини та зміна технологічних параметрів замісу безпосередньо трансформують текстурні, смакові та візуальні характеристики готового продукту. Дегустаційну оцінку відварених зразків проводили за 5-бальною шкалою за такими дескрипторами: зовнішній вигляд, колір, аромат, смак та консистенція (текстура).

Колір та зовнішній вигляд. Борошно амарантове надає виробам специфічного сірувато-кремового або світло-коричневого відтінку з помітними вкрапленнями темних частинок оболонок зерна, що суттєво відрізняє їх від традиційного пшеничного еталону яскраво-жовтого кольору. Контрольний зразок після варіння отримав найнижчу оцінку за зовнішнім виглядом (3,1±0,2 бала) через виражену деформацію, наявність мікротріщин на поверхні та втрату чіткості геометричної форми. Введення попередньо клейстеризованої фази (заварки) сприяло стабілізації кольору та покращенню стану поверхні. Зразки 1 та 2 характеризувалися однорідним кремовим забарвленням із приємним матовим відтінком та гладкою, нелипкою поверхнею. У Зразку 3 (35% заварки) зафіксовано погіршення зовнішнього вигляду (3,6±0,3 бала) внаслідок часткового оплавлення контурів виробів через надмірне набухання поверхневих шарів.

Аромат і смак. Специфічний, глибокий горіхово-землистий аромат амаранту є домінуючим у контрольному зразку. Окремі дегустатори відзначали легкий трав'янистий присмак, який може сприйматися споживачами неоднозначно. Гідротермічне оброблення борошна під час приготування заварки (Зразки 1, 2, 3) зумовило часткову деактивацію ліполітичних ферментів та перерозподіл летких компонентів, що призвело до пом'якшення органолептичного профілю. Смак став більш збалансованим, набувши виражених приємних ноток підсмаженого горіха чи зернових пластівців, без сторонніх відтінків трави чи гіркоти. Найвищі оцінки за смаковими якостями отримав Зразок 2 (4,7±0,2 бала).

Консистенція та текстура. Цей дескриптор виявився найбільш чутливим до структурних змін. Контрольний зразок після варіння мав пухку, неоднорідну консистенцію, легко розвалювався під час механічного впливу та характеризувався підвищеною липкістю поверхні через інтенсивний вихід амілози у воду для варіння. Зразок 1 (15% заварки) продемонстрував кращу зв'язаність, проте залишався недостатньо пружним.

Зразок 2 (25% заварки) отримав максимальну оцінку за консистенцію (4,8±0,1 бала). Його текстура була щільною, помірно пружною, наближеною до стану *al dente*, з повною відсутністю липкості чи розварювання. Це підтверджує, що 25% клейстеризованого крохмалю є оптимумом для формування тривимірної безглютенової матриці, яка міцно утримує вологу. Подальше збільшення частки заварки до 35% (Зразок 3) викликало ефект «гумоподібної» або надмірно затяжної консистенції; вироби втрачали пружність на користь в'язкості, ставали липкими, що негативно вплинуло на загальне сприйняття продукту.

Таким чином, за результатами комплексного сенсорного профілювання, зразок із заміною 25% борошна на попередньо клейстеризовану заварку (Зразок 2) визнано оптимальним. Він продемонстрував гармонійне поєднання пружної текстури,

Таблиця 2

Органолептичні показники якості експериментальних макаронних виробів (n=5, P≥0,95)*

Показник	Контроль	Зразок 1 (15% завареної фази)	Зразок 2 (25% завареної фази)	Зразок 3 (35% завареної фази)	Пшеничний зразок (еталон)
Зовнішній вигляд	3,1±0,2a	4,2±0,1b	4,8±0,1c	3,6±0,3d	4,9±0,1c
Колір	3,8±0,1a	4,4±0,2b	4,6±0,1b	4,1±0,2a,b	5,0±0,0c
Запах (аромат)	3,5±0,3a	4,2±0,1b	4,7±0,2c	4,5±0,2b,c	4,8±0,1c
Смак	3,4±0,2a	4,1±0,3b	4,7±0,2c	4,0±0,1b	4,9±0,1c
Консистенція (текстура)	2,2±0,3a	3,8±0,2b	4,8±0,1c	3,2±0,2d	5,0±0,0c
Загальна прийнятність**	3,28±0,22	4,14±0,18	4,72±0,14	3,88±0,20	4,92±0,06

Примітки:

* – літерами (a, b, c, d) у межах одного рядка позначено статистично значущі відмінності між зразками за критерієм Тьюкі (P<0,05). Якщо літери збігаються, різниця між зразками за цим показником є статистично незначущою (P>0,05).

** – середнє арифметичне усіх п'яти дескрипторів для кожного зразка.

гладкої поверхні та пом'якшеного горіхового присмаку, що робить його конкурентоспроможним на ринку безглютенових дієтичних продуктів.

Що стосується споживчого тесту, учасники експерименту віддали перевагу макаронним виробам з борошна пшеничного. Однак, перед дегустацією макаронних виробів 80% учасників зазначили, що безглютенові макаронні вироби вони «ймовірно були б готові споживати» у повсякденному житті. Такий самий відсоток був зафіксований для контрольного зразку з 100% борошна амарантового. Після дегустації відсоток переваги знизився. Дійсно, лише 60% учасників зазначили, що «ймовірно, готові споживати» контрольний зразок. Це зниження було пов'язане переважно з текстурою макаронних виробів з амаранту та їхнім зовнішнім виглядом.

Висновки. За результатами комплексного оцінювання органолептичних властивостей та текстурного профілю (4,6±0,2 бала), найкращі показники якості продемонстрував Зразок 2 (25% завареної фази). Він характеризується щільною, пружною, формоутримувальною структурою, позбавленою липкості, та гармонійним органолептичним профілем із приємним горіховим присмаком, що дозволяє рекомендувати його як базову технологічну модель у виробництві безглютенових макаронних виробів підвищеної біологічної цінності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Osokina N., Kostetska K., Kysil A., Priss O. Devising an approach to assessing the quality of gluten-free bread of new recipes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology and Equipment of Food Production.* 2025. Vol. 6. No. 11. (138). P. 38–46. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.345357

2. Coronel E.B., Ixtaina V.Y., Capitani M.I. Nutritional and Functional Characterization of Chia Expeller and Gluten-Free Flours as Ingredients for Premixes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2025, Sep 6; 80(3), P. 155. https://doi.org/10.1007/s11130-025-01402-y

3. Caratini C., Rosentrater K.A. Developing and testing gluten-free spaghetti using quinoa. *Journal of Food Research*, 2019, Vol. 8, No. 5, pp. 20–32. https://doi.org/10.5539/jfr.v8n5p20

4. Fiorda F.A., Junior M.S.S., Da Silvia F.A., Fontinelle S.L.R., Eiras G.M.V. Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology,* 2013, 48, 1977–1984. https://doi.org/10.1111/ijfs.12179

5. Chen D., Inglett G.E., Liu S.X. Antioxidant Activities of Selective Gluten Free Ancient Grains. *Food and Nutrition Sciences,* 2015, 6, pp. 612–621. https://doi.org/10.4236/fns.2015.67065

6. Agama A.E., Islas H.J.J., Osorio D.P., Rendon,V.R., Utrilla C.R.G., Angulo O., Bello P. L. A. Pasta With Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and Preference Study. *Journal of Food Science,* 2009, 74, pp. 263–267. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01215.x

7. Bustos M.C., Perez G.T., Leon A.E. Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *The Royal Society of Chemistry,* 2015, 5, 80–92. https://doi.org/10.1039/C4RA11857J

8. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2013. *Les proteins*. Retrieved from https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines

9. Arendt E.B., Dal Bello F. *The Science of Gluten-Free Foods and Beverages.* Minnesota: American Association of Cereal Chemist. 2009. Chapter 4, Gluten-Free Cereal Products and Beverages, pp. 89–90. https://doi.org/10.1094/9781891127670

10. Atwell B., Engleson J. Gluten free Product Development. *Quality Assurance & Food Safety,* 2008, *53*(4), pp. 180–184. https://doi.org/10.1094/CFW-53-4-0180

11. Рахметов Д.Б., Костецька К.В., Ковтун-Водяницька С.М., Рахметова С.О., Клименко С.О. Сенсорне оцінювання макаронних виробів збагачених борошном із рижію та гірчиці. *Таврійський науковий вісник*, 2024. № 139. Частина 2. С. 236–241. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.30

12. Guine R.P.F., Correia P.M.R. Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Product. CRC Press: Florida, 2014. Chapter 10, Pasta, pp. 211–238.

REFERENCES

1. Osokina, N., Kostetska, K., Kysil, A., Priss, O. (2025). Devising an approach to assessing the quality of gluten-free bread of new recipes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology and Equipment of Food Production.* 2025. Vol. 6. No. 11. (138). P. 38–46. doi: 10.15587/1729-4061.2025.345357

2. Coronel, E.B., Ixtaina, V.Y., Capitani, M.I. (2025). Nutritional and Functional Characterization of Chia Expeller and Gluten-Free Flours as Ingredients for Premixes. *Plant Foods for Human Nutrition*, Sep 6; 80(3), 155. doi: 10.1007/s11130-025-01402-y

3. Caratini, C., Rosentrater, K. A. (2019). Developing and testing gluten-free spaghetti using quinoa. *Journal of Food Research*; Vol. 8, No. 5; Pp. 20–32. doi: 10.5539/jfr.v8n5p20

4. Fiorda, F. A., Junior, M. S. S., Da Silvia, F. A., Fontinelle, S. L.R., & Eiras, G. M. V. (2013). Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology,* 48, 1977–1984. https://doi.org/10.1111/ijfs.12179

5. Chen, D., Inglett, G. E., & Liu, S. X. (2015). Antioxidant Activities of Selective Gluten Free Ancient Grains. *Food and Nutrition Sciences, 6*, 612–621. doi: 10.4236/fns.2015.67065

6. Agama, A. E., Islas, H. J. J., Osorio, D. P., Rendon, V. R., Utrilla, C. R. G., Angulo, O., & Bello, P. L. A. (2009). Pasta With Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and Preference Study. *Journal of Food Science, 74*, 263–267. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01215.x

7. Bustos, M. C., Perez, G. T., & Leon, A. E. (2015). Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *The Royal Society of Chemistry, 5*, 80–92. doi: 10.1039/C4RA11857J

8. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), (2013). *Les proteins*. Retrieved from https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines

9. Arendt, E. B., & Dal Bello, F. (2009). *The Science of Gluten-Free Foods and Beverages.* Minnesota: American Association of Cereal Chemist. Chapter 4, Gluten-Free Cereal Products and Beverages, pp. 89–90. doi: 10.1094/9781891127670

10. Atwell, B., & Engleson, J. (2008). Gluten free Product Development. *Quality Assurance & Food Safety, 53*(4), 180–184. doi: 10.1094/CFW-53-4-0180

11. Rakhmetov D.B., Kostetska K.V., Kovtun-Vodianytska S.M., Rakhmetova S.O., Klymenko S.O. (2024). Sensory evaluation of pasta enriched with camelina and mustard flour [Sensorne otsiniuvannia makaronnykh vyrobiv zbahachenykh boroshnom iz ryzhiiu ta hirchytsi]. *Tavria Scientific Bulletin*. No. 139 (2). Pp. 236–241. doi: 10.32782/2226-0099.2024.139.2.30

12. Guine, R. P. F., & Correia, P. M. R. (2014). Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Product. CRC Press: Florida. Chapter 10, Pasta, pp. 211–238.

K. Kostetska, *PhD, Associate Professor;* ***O. Herasymchuk,*** *PhD, Associate Professor;* ***R. Hryshchuk****, Postgraduate Student;* ***D. Kolisnyk****, Student, (Uman National University).* ***Sensory characteristics of gluten-free pasta using pre-gelatinized amaranth flour***

Abstract. *Pasta is a staple food for the general population in Ukraine and worldwide. Within the realm of specialized dietary products, a significant role is played by foods developed for individuals with conditions caused by gluten intolerance. An analysis was conducted regarding the production of food products for people with celiac disease.* ***The aim*** *of the study is to optimize the formulation and evaluate the sensory characteristics of gluten-free pasta produced via extrusion using amaranth flour with varying degrees of starch pre-gelatinization.* ***Research methodology.*** *A series of laboratory tests was conducted to determine the optimal dough hydration ratio. With the moisture content of the dough masses fixed at 40% – adjusted to account for the high water-absorption capacity of amaranth flour – the effect of incorporating pre-gelatinized flour paste (at levels of 15%, 25%, and 35% of the total flour mass) on the dough's rheological properties and the quality characteristics of the finished products was investigated.* ***Results.*** *It has been established that without preliminary heat treatment of the raw material, the dough exhibits high brittleness and stickiness, making it impossible to form a stable structure due to the absence of a gluten network in amaranth flour. Gelatinized amylopectin starch acts as a structural matrix, creating a three-dimensional network capable of retaining starch granules during the shaping and cooking of the pasta. However, the incorporation of an excessive amount of the gelatinized phase (35%) leads to the breakdown of the protein-starch matrix under the influence of shear forces within the extruder, thereby increasing the loss of solids into the cooking water.* ***Conclusions.*** *The optimal proportion of gelatinized flour was determined to be 25%, ensuring high organoleptic, rheological, and physicochemical characteristics of the finished product.*

Keywords: *gluten-free pasta, amaranth flour, starch gelatinization, organoleptic quality indicators.*

Дата першого надходження статті до видання: 11.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026