

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.364887

IMPROVEMENT OF A SECTIONAL CASSETTE-CAPACITIVE APPARATUS FOR IMPLEMENTING PRELIMINARY THERMAL PROCESSING OF PLANT RAW MATERIALS (p. 6–16)**Andrii Zahorulko**State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7768-6571>**Iryna Voronenko**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1839-7275>**Iryna Bozhydai**State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-219X>**Hennadii Tesliuk**Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4541-5720>**Olesya Lebedenko**Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3421-2004>**Ruslan Zakharchenko**National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4651-0159>**Oleksandr Kletskov**Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2587-4647>**Eldar Ibaiev**Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3090-3553>

This study investigates processes of preliminary heat treatment of plant raw materials, using the example of heating a fruit and vegetable semi-finished product based on apples, carrots, beets, and elderberries, as well as partial drying of apple slices in an improved apparatus. The task addressed is to improve resource efficiency in implementing preliminary heat treatment of raw materials by improving a sectional cassette-capacitive apparatus.

A feature of the improved apparatus is the combination of capacitive and cassette stations on a truck platform, generation of a local heat supply from a film electric heater of the radiant type to eliminate the intermediate heat carrier, networks. The usable heat exchange surface of capacitive stations was increased from 0.98 m² to 1.47 m² through engineering by using mixing devices equipped with a heating surface. The multifunctionality of the device is formed by using a capacitive station equipped with a hemispherical perforated bubbler and hermetic covers with Peltier elements.

The capacitive station was tested on the kinetics of heating a semi-finished product (40% apple, 25% carrot, 25% beetroot, and 10% elderberry). It was established that the duration of reaching a gentle stationary mode within 55°C was reduced by 240 s (prototype – 360 s). The cassette station was tested on performing a preliminary thermal operation to dry apple slices to a content of 30...35% dry matter. The process is implemented in an improved device for 45...55 min, while convective drying – 70...85 min. Comparison of technical and technological parameters of the improved design with a steamer and a

convective dryer shows a decrease in the specific metal capacity from 387 kg/m² to 330 kg/m². Total heat consumption for heating 75 kg of polycomponent puree-like plant mass reduced from 21353 kJ to 11309 kJ.

Keywords: plant raw materials, polycomponent mixture, preliminary heat treatment, film electric heater of radiant type.

References

- Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Hounhouigan, M. H., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., Sohounhloue, C. K. D. (2023). Recent advances in the use of digital technologies in agri-food processing: A short review. *Applied Food Research*, 3 (2), 100329. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100329>
- Nazarova, L. V. (2014). Stan kharchovoi promyslovosti Ukrainy ta perspektyvy pidpriemstv haluzi na zovnishnikh rynkakh. Available at: <http://globalnational.in.ua>
- Sashnova, M., Zahorulko, A., Savchenko, T., Gakhovich, S., Parkhomenko, I., Pankov, D. (2020). Improving the quality of the technological process of packaging shape formation based on the information structure of an automated system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 28–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205226>
- Klymenko, N., Voronenko, I., Nehrey, M., Rogoza, K., Rogoza, N. (2023). Risk assessment of shock periods and investment attractiveness of agro-holdings of Ukraine. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 9 (2). <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.02.07>
- Salifou, A., Konfo, C. T. R., Bokossa, A., Chabi, N. W., Tchobo, F. P., Soumanou, M. M. (2023). Innovative approaches in food processing: enhancing quality, preservation, and safety through advanced technologies: A review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20 (2), 637–648. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.2.2297>
- Khojasteh, S. K., Elmizadeh, A., Sarraf, M., Dodange, S. (2025). Non-thermal innovations in solid food processing: Eco-friendly alternatives to thermal methods. *Applied Food Research*, 5 (2), 101256. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101256>
- Zahorulko, A., Zagorulko, A., Chuiko, L., Solomon, A., Sushko, L., Tesliuk, Y. et al. (2023). Improving the reactor for thickening organic plant-based polycomponent semi-finished products with high degree of readiness. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (126)), 103–111. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.294119>
- König, L. M., Renner, B. (2019). Boosting healthy food choices by meal colour variety: results from two experiments and a just-in-time Ecological Momentary Intervention. *BMC Public Health*, 19 (1). <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7306-z>
- Habanova, M., Saraiva, J. A., Holovicova, M., Moreira, S. A., Fidalgo, L. G., Haban, M. et al. (2019). Effect of berries/apple mixed juice consumption on the positive modulation of human lipid profile. *Journal of Functional Foods*, 60, 103417. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103417>
- Pylypenko, O. (2017). Development of Ukrainian food industry. *Scientific Works of NUFT* 2017, 23 (3), 15–25. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN K&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21ST N=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=Npnukht_2017_23_3_4
- Ruiz Rodríguez, L. G., Zamora Gasga, V. M., Pescuma, M., Van Nieuwenhove, C., Mozzi, F., Sánchez Burgos, J. A. (2021). Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Research International*, 140, 109854. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>

12. Zahorulko, A., Zagorulko, A., Mykhailov, V., Ibaiev, E. (2021). Improved rotary film evaporator for concentrating organic fruit and berry puree. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (112)), 92–98. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237948>
13. Marković, M. S., Radosavljević, D. B., Pavićević, V. P., Ristić, M. S., Milojević, S. Ž., Bošković-Vragolović, N. M., Veljković, V. B. (2018). Influence of common juniper berries pretreatment on the essential oil yield, chemical composition and extraction kinetics of classical and microwave-assisted hydrodistillation. *Industrial Crops and Products*, 122, 402–413. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.018>
14. Telezhenko, L. N., Bezusov, A. T. (2004). *Biologicheskii aktivnye veshstva fruktov i ovoshey i ih sohranenie pri pererabotke*. Odessa: Optimum, 268.
15. Fellows, P. J. (2022). Properties of foods and principles of processing. *Food Processing Technology*, 3–95. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85737-6.00007-8>
16. Sruthy, G. N., Sandhya, K. R., Kumkum, C. R., Mythri, R., Sharma, M. (2022). Thermal processing technologies for food. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 263–300. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91158-0.00014-4>
17. Zahorulko, A., Zagorulko, A., Cherevko, O., Dromenko, O., Solomon, A., Yakobchuk, R. et al. (2021). Determination of the heat transfer coefficient of a rotary film evaporator with a heating film-forming element. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (114)), 41–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247283>
18. Dolores Alvarez, M., Canet, W. (2013). Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees. *Journal of Food Engineering*, 114 (4), 449–464. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.034>
19. Reay, D. (2008). Heat recovery in the food industry. *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing*, 544–569. <https://doi.org/10.1533/9781845694678.4.544>
20. Ai, S., Wang, B., Li, X., Shi, W. (2016). Analysis of a heat recovery system of the spray-drying process in a soy protein powder plant. *Applied Thermal Engineering*, 103, 1022–1030. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.04.108>
21. de Chiara, M. L. V., Castagnini, J. M., Capozzi, V. (2024). Cutting-edge physical techniques in postharvest for fruits and vegetables: Unveiling their power, inclusion in 'hurdle' approach, and latest applications. *Trends in Food Science & Technology*, 151, 104619. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104619>
22. AlZohbi, G., Asfand, F., Shaik, F., Khan, M. I. (2026). Energy-efficient food drying for sustainable preservation: A review of technologies and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 235, 116918. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2026.116918>
23. Zahorulko, A. M., Zahorulko, O. Ye. (2021). Pat. No. 149981 UA. Plivkopodibnyi rezystivnyi elektronahrivach vprominiui-uchoho typu. No. u202102839; declared: 28.05.2021; published: 23.12.2021.
24. R-P-150m (MZ-2S-316) - Reaktor vakuum vyparnoy. Available at: <https://www.oborud.info/product/jump.php?6109&c=619>
25. Cherevko, A., Mayak, O., Kostenko, S., Sardarov, A. (2019). Experimental and simulation modeling of the heat exchange process while boiling vegetable juice. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*, 1 (29), 75–85. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2019_1_9

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365478

DEVELOPMENT OF A STATISTICAL MODEL FOR WALNUT SHELLING IN A RECIPROCATING MILLSTONE UNIT (p. 17–29)

Baurzhan Temov

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8675-5452>

Baurzhan Nurakhmetov

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5064-8687>

Ardak Askarov

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-1336>

Ilyas Nurakhmetov

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0934-8257>

Galymzhan Nasrullin

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0528-3391>

The object of this study is the process of walnut shelling in a reciprocating millstone, implementing combined compression, shear, and torsion loading. The problem being addressed is the lack of well-founded modes that simultaneously ensure complete shell destruction and a high yield of whole kernels—two conflicting requirements in processing. This study extends previous work that determined the shell fracture forces and the probabilistic nature of its failure; this work transitions from the strength characteristics of the object to machine performance.

A three-factor rotatable design of a central composite experiment (Box design) consisting of twenty trials was implemented. The factors included the angular velocity of the moving upper millstone (1.38–4.90 rad/s), the number of nut revolutions in the working channel (0.33–1.17 revolutions), and the roughness pitch of the working surfaces (7.95–18.05 mm). Two responses were recorded: shell fracture rate and whole kernel yield. Second-order regression models were obtained and tested using analysis of variance.

It was found that shell fracture rate increases with increasing angular velocity and rotational speed and decreases with increasing roughness pitch, while whole kernel yield decreases with increasing angular velocity and exhibits internal maxima at rotational speed and roughness pitch. Angular velocity is the dominant factor for both responses and serves as the main source of the tradeoff between cracking and kernel integrity. A compromise regime was identified: angular velocity of approximately 2.09 rad/s, approximately 1.0 nut revolution, and a roughness pitch of approximately 10 mm, resulting in a shell fracture rate of approximately 94.5% with a whole kernel yield of approximately 88.9%. The results serve as a basis for selecting walnut shelling machine parameters.

Keywords: reciprocating millstone, combined loading.

References

1. Bao, X., Chen, B., Dai, P., Li, Y., Mao, J. (2022). Construction and Verification of Spherical Thin Shell Model for Revealing Walnut Shell Crack Initiation and Expansion Mechanism. *Agriculture*, 12 (9), 1446. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091446>
2. Zhang, H., Shen, L., Lan, H., Li, Y., Liu, Y., Tang, Y., Li, W. (2018). Mechanical properties and finite element analysis of walnut under different cracking parts. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11 (6), 81–88. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181106.3309>
3. Koyuncu, M. A., Ekinci, K., Savran, E. (2004). Cracking Characteristics of Walnut. *Biosystems Engineering*, 87 (3), 305–311. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.11.001>
4. Altuntas, E., Erkol, M. (2009). The Effects of Moisture Content, Compression Speeds, and Axes on Mechanical Properties of Walnut Cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 4 (7), 1288–1295. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0283-y>
5. Shahbazi, F. (2013). Effective conditions for extracting higher quality kernels from walnuts. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 5 (3), 199–206. <https://doi.org/10.3920/qas2011.0105>

6. Han, B., Su, G., Zeng, Y., Yang, J., Fan, X., Zhang, Y. et al. (2023). FDEM investigation on the crack propagation characteristics of walnut shell under multi-contact loadings. *Frontiers in Materials*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1293683>
7. Zhang, H., Liu, H., Zeng, Y., Tang, Y., Zhang, Z., Che, J. (2022). Design and Performance Evaluation of a Multi-Point Extrusion Walnut Cracking Device. *Agriculture*, 12 (9), 1494. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091494>
8. Chengmao, C., Si, S., Ran, D., Bing, L., Shuo, W. (2017). Experimental study on mechanical characteristics of nut rupturing under impact loading. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10 (1), 53–60. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20171001.2331>
9. Karimi, N., Minaei, S., Hasani, D., Eyvani, A. (2008). Parameters Involved in Walnut Peeling Process. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 4 (4), 389–393. Available at: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/119118>
10. Altuntas, E., Özkan, Y. (2008). Physical and Mechanical Properties of Some Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars. *International Journal of Food Engineering*, 4 (4). <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1349>
11. Aviara, N. A., Ajikashile, J. O., Lawal, A. A. (2012). Effect of moisture content and impact energy on the cracking of conophor nut. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14 (2), 68–76. Available at: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2008>
12. Ojolo, S. J., Damisa, O., Orisaleye, J. I., Ogbonnaya, C. (2010). Design and development of cashew nut shelling machine. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 8 (2), 146–157. <https://doi.org/10.1108/17260531011062528>
13. Olaoye, J. O., Adekanye, T. A. (2018). Properties influencing cracking and separation of palm nuts in a mechanical cracker cum separator. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 10 (1), 42–50. <https://doi.org/10.17508/cjfst.2018.10.1.07>
14. Opobiyi, A. T., Ishola, T. A., Ariyo, E. O., Abioye, K. J. (2019). Development of a Walnut (*Tetracarpidium conophorum*) Cracker. *KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology*, 12 (1). <https://doi.org/10.14416/j.ijast.2019.01.003>
15. Iyilade, I. J., Aviara, N. A., Oyeniyi, S. K., Aremu, A. K. (2019). Performance Evaluation of a Bush Mango (*Irvingia gabonensis*) Nut Cracking Machine. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 21 (1), 156–162. Available at: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/download/5093/2923/22955>
16. Ibiyeye, D., Olunloyo, O., Aderemi, A., Emmanuel, I.-O., Akala, A., Owolola, O. (2022). Design and development of a palm kernel nut cracking unit. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (3 (63)), 30–44. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.253931>
17. Sam, E. O., Ndirika, V. I. O., Umoh, A. T., Usuh, G. A., Umoh, E. O. (2024). Determination of the Optimum Moisture Content for the Whole Kernel Recovery During the Cracking Process of Oil Palm Nuts. *Advanced Journal of Science, Technology and Engineering*, 4 (4), 125–138. <https://doi.org/10.52589/ajste-cwcbfgjp>
18. Maghsoudi, H., Khoshtaghaza, M. H., Minaei, S., Zaki Dizaji, H. (2012). Fracture Resistance of Unsplit Pistachio (*Pistacia vera* L.) Nuts against Splitting Force, under Compressive Loading. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 299–310. Available at: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20123079723>
19. Valentini, N., Rolle, L., Stévigny, C., Zeppa, G. (2006). Mechanical behaviour of hazelnuts used for table consumption under compression loading. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (8), 1257–1262. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2486>
20. Temov, B. M., Shalbaev, K. K., Askarov, A. D. (2022). Pat. No. 10179 RK. Ustanovka dlya ochistki greckih orehov ot skorlupy.
21. Temov, B., Nurakhmetov, B., Askarov, A., Nurakhmetov, I., Nasrulin, G. (2026). Identifying patterns of walnut shell fracture under combined loading in a reciprocating millstone system. *Eastern-Europe-*

an Journal of Enterprise Technologies, 2 (11 (140)), 6–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.358671>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360605

ASSESSING THE INFLUENCE OF LACTIC ACID FERMENTATION ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF PLANT SUBSTRATES AND SUBSTANTIATING THE RATIONAL PROCESS DURATION (p. 30–40)

Larysa Bal-Prylypko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>

Mykola Nikolaenko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-4985>

Marina Serdyuk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6504-4093>

Valentyna Bandura

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8074-3020>

Svitlana Danylenko

Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

Olena Sydorenko

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7591-2595>

Inna Kurbatova

Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7333-7371>

Natalia Nesterenko

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3003-0406>

This study investigates the lactic acid fermentation process involving plant substrates of various natures (spelt, flax seeds, kelp, oyster mushrooms) with the participation of *Lactiplantibacillus plantarum*. The task addressed relates to the insufficient certainty of the patterns in biochemical transformations in plant substrates of various natures in the lactic acid fermentation process. This complicates their targeted selection and use as fermented ingredients in food products.

Fermentation was carried out at a temperature of $32 \pm 2^\circ\text{C}$ for 24 hours with sampling every 6 hours. It was established that the pH dynamics have a phase character: the most intensive decrease occurs in the interval of 0–6 hours. The total pH decrease was 33.0% for spelt, 28.5% for oyster mushrooms, 20.2% for flax, and 12.2% for kelp. The average rate of pH decrease over 24 hours was from -0.088 units/h (spelt) to -0.034 units/h (kelp).

An increase in titrated acidity was found in all substrates, the most intense for spelt and oyster mushrooms: 9.35 and 9.5 times, respectively, with average rates of 0.042 and 0.040 g/100 g/h. For flax and kelp, the increase was lower – 0.48 and 0.28 g/100 g, respectively. A strong inverse correlation was found between pH and titrated acidity ($r = -0.98 \pm 0.03$). The decrease in soluble carbohydrates was 46.2% in oyster mushrooms and 42.3% in spelt, while in kelp and flax – 6.7% and 13.8%. The content of soluble protein increased by 58% in kelp, 50% in flax, 43% in spelt and 33% in oyster mushrooms in the absence of significant changes in total protein.

It was found that after 18 hours of fermentation, the rate of change of all indicators is significantly reduced. It was substantiated that the rational duration of fermentation is 18 hours, which enables a balanced acid profile and effective transformation of the carbohydrate-protein complex without excessive acidification.

Keywords: lactic acid fermentation, plant substrates, biochemical indicators of *Lactiplantibacillus plantarum*, fermentation duration.

References

- Koistinen, V. M., Hedberg, M., Shi, L., Johansson, A., Savolainen, O., Lehtonen, M. et al. (2022). Metabolite Pattern Derived from *Lactiplantibacillus plantarum* – Fermented Rye Foods and In Vitro Gut Fermentation Synergistically Inhibits Bacterial Growth. *Molecular Nutrition Food Research*, 66 (21). <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101096>
- Ashaolu, T. J. (2020). Safety and quality of bacterially fermented functional foods and beverages: a mini review. *Food Quality and Safety*, 4 (3), 123–127. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyaa003>
- Petrova, P., Petrov, K. (2020). Lactic Acid Fermentation of Cereals and Pseudocereals: Ancient Nutritional Biotechnologies with Modern Applications. *Nutrients*, 12 (4), 1118. <https://doi.org/10.3390/nu12041118>
- Kandić, V., Nikolić, V., Simić, M., Žilić, S., Stevanović, M., Mandić, D., Dodig, D. (2023). Spelt wheat (*Triticum spelta*) and common bread wheat compared for nutritional contents and functional-technological properties. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 83 (2), 146–158. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392023000200146>
- Žuk-Gołaszewska, K., Żuk-Gołaszewska, K., Gołaszewski, J., Majewska, K., Tyburski, J. (2022). Nutritional properties of organic spelt wheats in different growth stages and the resulting flours. *Journal of Elementology*, 3. <https://doi.org/10.5601/jelem.2022.27.1.2267>
- Mueed, A., Shibli, S., Korma, S. A., Madjirebaye, P., Esatbeyoglu, T., Deng, Z. (2022). Flaxseed Bioactive Compounds: Chemical Composition, Functional Properties, Food Applications and Health Benefits-Related Gut Microbes. *Foods*, 11 (20), 3307. <https://doi.org/10.3390/foods11203307>
- Puligundla, P., Lim, S. (2022). A Review of Extraction Techniques and Food Applications of Flaxseed Mucilage. *Foods*, 11 (12), 1677. <https://doi.org/10.3390/foods11121677>
- Lorenc, F., Jarošová, M., Bedrniček, J., Smetana, P., Bárta, J. (2024). Recent trends in food and dietary applications of flaxseed mucilage: a mini review. *International Journal of Food Science & Technology*, 59 (4), 2111–2121. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16978>
- Allahgholi, L., Jönsson, M., Christensen, M. D., Jasilionis, A., Nouri, M., Lavasani, S. et al. (2023). Fermentation of the Brown Seaweed *Alaria esculenta* by a Lactic Acid Bacteria Consortium Able to Utilize Mannitol and Laminari-Oligosaccharides. *Fermentation*, 9 (6), 499. <https://doi.org/10.3390/fermentation9060499>
- Healy, L. E., Zhu, X., Kakagianni, M., Poojary, M. M., Sullivan, C., Tiwari, U. et al. (2023). Fermentation of brown seaweeds *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima* for new product development using *Lactiplantibacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae* and kombucha SCOBY. *Algal Research*, 76, 103322. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103322>
- Rondilla, R. R., Mikneviciute, I., Edrada-Ebel, R. (2025). Lactic acid fermentation enhances the functional metabolome and antibiofilm potential of edible Scottish seaweeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 61 (1). <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvag016>
- Effiong, M. E., Umeokwochi, C. P., Afolabi, I. S., Chinedu, S. N. (2024). Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1279208>
- Wal, P., Dwivedi, J., Kushwaha, S., Yadav, A., Singh, S. P., Hanumanthachar, K. J. (2023). A Comprehensive Review on Nutritional and Medicinal Properties of *Pleurotus ostreatus*: An Oyster Mushroom. *Current Nutrition & Food Science*, 19 (4), 386–398. <https://doi.org/10.2174/1573401318666220901144438>
- Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Mushtruk, M., Nazarenko, M., Beiko, L. (2024). Physical and mathematical modelling of the process of cooking minced meat with spelt flour and champignon mushrooms. *Animal Science and Food Technology*, 15 (2), 38–55. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.38>
- Bal-Prylypko, L., Danylenko, S., Mykhailova, O., Nedorizanyuk, L., Bovkun, A., Slobodyanyuk, N. et al. (2024). Influence of starter cultures on microbiological and physical-chemical parameters of dry-cured products. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 313–330. <https://doi.org/10.5219/1960>
- Kurzyna-Szklarek, M., Cybulska, J., Zdunek, A. (2022). Analysis of the chemical composition of natural carbohydrates – An overview of methods. *Food Chemistry*, 394, 133466. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133466>
- Coronel-León, J., Maza, D., García-Álvarez de Toledo, I., Jofré, A., Martín, B., Serra, X., Bover-Cid, S. (2025). Fermentation Technologies to Produce and Improve Alternative Protein Sources. *Foods*, 15 (1), 117. <https://doi.org/10.3390/foods15010117>
- Jabłońska-Ryś, E., Przygoński, K. (2025). Possibilities of Using the New *Lactiplantibacillus plantarum* EK11 Strain as a Starter Culture for the Fermentation of the Fruiting Bodies of Edible Mushrooms. *Foods*, 14 (16), 2833. <https://doi.org/10.3390/foods14162833>
- Jabłońska-Ryś, E., Sławińska, A., Skrzypczak, K., Goral, K. (2022). Dynamics of Changes in pH and the Contents of Free Sugars, Organic Acids and LAB in Button Mushrooms during Controlled Lactic Fermentation. *Foods*, 11 (11), 1553. <https://doi.org/10.3390/foods11111553>
- Skonberg, D. I., Fader, S., Perkins, L. B., Perry, J. J. (2021). Lactic acid fermentation in the development of a seaweed sauerkraut-style product: Microbiological, physicochemical, and sensory evaluation. *Journal of Food Science*, 86 (2), 334–342. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15602>
- Agarwal, D., Kharangarh, P., Hao, P., Bradbury, M. I., Maharjan, P., Timilsena, Y. P. et al. (2025). Structure and Functionality of Fermented Faba Bean: Influence of Particle Size and Rhizopus spp. *Foods*, 14 (23), 4105. <https://doi.org/10.3390/foods14234105>
- Stone, A. K., Shi, D., Liu, E., Jafarian, Z., Xu, C., Bhagwat, A. et al. (2024). Effect of solid-state fermentation on the functionality, digestibility, and volatile profiles of pulse protein isolates. *Food Bioscience*, 61, 104580. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104580>
- Ghelihi, S., Jacobsen, C. (2025). Seaweed Proteins: Properties, Extraction, Challenges, and Prospects. *Journal of Food Science*, 90 (7). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70418>
- Bauer Petrovska, B. (2001). Protein Fraction in Edible Macedonian Mushrooms. *European Food Research and Technology*, 212 (4), 469–472. <https://doi.org/10.1007/s002170000285>
- Di Cagno, R., Coda, R., De Angelis, M., Gobbetti, M. (2013). Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiology*, 33 (1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.09.003>
- De Pasquale, I., Pontonio, E., Gobbetti, M., Rizzello, C. G. (2020). Nutritional and functional effects of the lactic acid bacteria fermentation on gelatinized legume flours. *International Journal of Food Microbiology*, 316, 108426. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108426>
- Emkani, M., Oliete, B., Saurel, R. (2022). Effect of Lactic Acid Fermentation on Legume Protein Properties, a Review. *Fermentation*, 8 (6), 244. <https://doi.org/10.3390/fermentation8060244>
- Ayar-Sümer, E. N., Verheust, Y., Özçelik, B., Raes, K. (2024). Impact of Lactic Acid Bacteria Fermentation Based on Biotransformation

- of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Mushrooms. *Foods*, 13 (11), 1616. <https://doi.org/10.3390/foods13111616>
29. Monteiro, P., Lomartire, S., Cotas, J., Pacheco, D., Marques, J. C., Pereira, L., Gonçalves, A. M. M. (2021). Seaweeds as a Fermentation Substrate: A Challenge for the Food Processing Industry. *Processes*, 9 (11), 1953. <https://doi.org/10.3390/pr9111953>
30. Raveschot, C., Cudennec, B., Coutte, F., Flahaut, C., Fremont, M., Drider, D., Dhulster, P. (2018). Production of Bioactive Peptides by *Lactobacillus* Species: From Gene to Application. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02354>
31. Verni, M., De Mastro, G., De Cillis, F., Gobbetti, M., Rizzello, C. G. (2019). Lactic acid bacteria fermentation to exploit the nutritional potential of Mediterranean faba bean local biotypes. *Food Research International*, 125, 108571. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108571>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365616

DETERMINING THE QUALITY OF MINCED MEAT PRODUCTS MANUFACTURED WITH THE USE OF THE FOOD ADDITIVE “LAMINARIA+NPF₃O₄” (p. 41–55)

Iryna Tsykhanovska

Educational and Scientific Institute “Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy” of V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9713-9257>

Lidiia Tovma

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5074-8303>

Oleh Lytvyn

Educational and Scientific Institute “Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy” of V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2357-3816>

Alexandr Alexandrov

Educational and Scientific Institute “Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy” of V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3592-285X>

Tetiana Lazarieva

Educational and Scientific Institute “Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy” of V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4435-3345>

Viktoriia Yevlash

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7479-1288>

Oleh Lushchenko

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9630-1258>

Ihor Morozov

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9643-481X>

Sergiy Kaplun

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3378-7431>

Vasyl Vakuliuk

Military Unit 3066 of the National Guard of Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0701-0263>

This study investigates the quality of minced meat products (beef steaks) fortified with a nanostructured food additive of the combined composition “Laminaria + NPF₃O₄”. The task addressed is to stabilize the polyphase structure and improve the consumer properties of minced meat products. It was found that introducing the additive in the amount of 0.1–0.3% improves the taste, aroma, and consistency of steaks, contributes to the formation of a more saturated and natural color, as well as increases the hardness, plasticity, elasticity, and chewiness of the products. With the introduction of the “Laminaria + NPF₃O₄” food additive, the brightness of the products decreased by 1.02–1.06 times, and the b* and H* indicators increased by 1.16–1.42 and 1.08–1.43 times, respectively. The optimal concentration of the additive was determined to be 0.2%.

The regularities in the influence of the nanostructured food additive of the combined composition “Laminaria + NPF₃O₄”, which combines components of brown algae *Laminaria* sp. and nanoparticles of iron oxide NPF₃O₄, on the properties of beef steaks (on the transformation of pigments, the formation of textural characteristics, and sensory profile) have been established. The synergistic nature of the action of the additive components, which provides a comprehensive effect on the quality characteristics of minced meat products, has been shown, and its rational concentration at the level of 0.2% of the mass of the recipe mixture has been justified.

The scope of practical application of the results includes the technology of manufacturing minced meat products. The expected effects of the implementation of the NFACC “Laminaria + NPF₃O₄” are the improvement of organoleptic and textural characteristics of products and the expansion of the range of functional meat products with increased biological value.

Keywords: “Laminaria + NPF₃O₄” food additive, minced meat products, quality assessment, food supply for the defense forces.

References

1. Tsykhanovska, I., Stabnikova, O., Yevlash, V., Gubsky, S. (2025). Wild Edible Brown Algae *Laminaria* and Iron Oxide Nanoparticles as a Combined Food Additive. *Wild Edible Plants*, 294–320. <https://doi.org/10.1201/9781003486794-11>
2. Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 59 (1), 5–13. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(01\)00053-5](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00053-5)
3. Peñalver, R., Lorenzo, J. M., Ros, G., Amarowicz, R., Pateiro, M., Nieto, G. (2020). Seaweeds as a Functional Ingredient for a Healthy Diet. *Marine Drugs*, 18 (6), 301. <https://doi.org/10.3390/md18060301>
4. Siladji, C., Djordjevic, V., Milijasevic, J. B., Heinz, V., Terjung, N., Sun, W., Tomasevic, I. (2024). Micro- and Macroalgae in Meat Products. *Foods*, 13 (6), 826. <https://doi.org/10.3390/foods13060826>
5. Kumari, A., Chauhan, A. K. (2021). Iron nanoparticles as a promising compound for food fortification in iron deficiency anemia: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 59 (9), 3319–3335. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05184-4>
6. Ameta, S. K., Rai, A. K., Hiran, D., Ameta, R., Ameta, S. C. (2020). Use of Nanomaterials in Food Science. *Biogenic Nano-Particles and Their Use in Agro-Ecosystems*, 457–488. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2985-6_24
7. Perez-Santaescobal, C., Goemaere, O., Hanskens, J., Lorenzo, J. M., Fraeye, I. (2019). Effect of stabiliser classes (animal proteins, vegetable proteins, starches, hydrocolloids and dietary fibre) on the physicochemical properties of a model lean meat product. *International Journal of Food Science & Technology*, 55 (3), 970–977. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14354>
8. Tsykhanovska, I., Skurikhina, L., Yevlash, V., Pavlotska, L. (2019). Influence of food additive “Magnetofood” on physical and chemical parameters, functional properties of model minced meat sys-

- tems. *Food Science and Technology*, 13 (2). <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1389>
9. Tsykhanovska, I., Stabnikova, O., Dorohovich, V., Lytvyn, O., Hetman, P. (2025). Meat cutlets with iron oxide nanoparticles and alga *Laminaria japonica*. *Ukrainian Food Journal*, 14 (2), 238–258. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2025-14-2-5>
 10. Tsykhanovska, I., Stabnikova, O., Oliinyk, S., Lazarieva, T., Gubsky, S. (2024). Combined food additive based on iron oxide nanoparticles and kombu in a rye-wheat bread technology. *Ukrainian Food Journal*, 13 (3), 576–596. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2024-13-3-10>
 11. McClements, D. J. (2020). Nanotechnology Approaches for Improving the Healthiness and Sustainability of the Modern Food Supply. *ACS Omega*, 5 (46), 29623–29630. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04050>
 12. Mustafa, F., Andreescu, S. (2020). Nanotechnology-based approaches for food sensing and packaging applications. *RSC Advances*, 10 (33), 19309–19336. <https://doi.org/10.1039/d0ra01084g>
 13. Yao, H., Liu, W., Lin, L., Lu, Y., Gan, J.-H., Liu, Y. et al. (2021). Micro-nano particle formation and transformation mechanisms of broth in meat braised processing. *Food Chemistry*, 342, 128383. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128383>
 14. Liu, S., Yu, B., Wang, S., Shen, Y., Cong, H. (2020). Preparation, surface functionalization and application of Fe₃O₄ magnetic nanoparticles. *Advances in Colloid and Interface Science*, 281, 102165. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102165>
 15. Zhang, J.-Q., Chen, C., Fu, X., Liu, R.-H. (2020). A study on the Fe₃O₄@Fructus mori L. polysaccharide particles with enhanced antioxidant activity and bioavailability. *Food & Function*, 11 (3), 2268–2278. <https://doi.org/10.1039/c9fo03047f>
 16. dos Santos, P. P., Andrade, L. D. A., Flóres, S. H., Rios, A. D. O. (2018). Nanoencapsulation of carotenoids: a focus on different delivery systems and evaluation parameters. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (10), 3851–3860. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3316-6>
 17. Wang, L., Huang, X., Wang, C., Tian, X., Chang, X., Ren, Y., Yu, S. (2021). Applications of surface functionalized Fe₃O₄ NPs-based detection methods in food safety. *Food Chemistry*, 342, 128343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128343>
 18. Cofrades, S., López-López, I., Solas, M. T., Bravo, L., Jiménez-Colmenero, F. (2008). Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Science*, 79 (4), 767–776. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.010>
 19. Cofrades, S., Benedí, J., Garcimartin, A., Sánchez-Muniz, F. J., Jimenez-Colmenero, F. (2017). A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. *Food Research International*, 99, 1084–1094. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.06.029>
 20. Agregán, R., Muneakata, P. E., Domínguez, R., Carballo, J., Franco, D., Lorenzo, J. M. (2017). Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. *Food Research International*, 99, 986–994. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.009>
 21. Tibbetts, S. M., Milley, J. E., Lall, S. P. (2016). Nutritional quality of some wild and cultivated seaweeds: Nutrient composition, total phenolic content and in vitro digestibility. *Journal of Applied Phycology*, 28 (6), 3575–3585. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0863-y>
 22. Kryzhova, Y., Antonuk, M., Stabnikov, V., Stabnikova, O. (2021). Stability of selenium and iodine in the functional meat products prepared with seaweeds under different cooking procedures. *Ukrainian Food Journal*, 10 (1), 136–144. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2021-10-1-12>
 23. Grabež, V., Devle, H., Kidane, A., Mydland, L. T., Øverland, M., Ottestad, S. et al. (2023). Sugar Kelp (*Saccharina latissima*) Seaweed Added to a Growing-Finishing Lamb Diet Has a Positive Effect on Quality Traits and on Mineral Content of Meat. *Foods*, 12 (11), 2131. <https://doi.org/10.3390/foods12112131>
 24. Grabež, V., Coll-Brasas, E., Fulladosa, E., Hallenstvedt, E., Håseth, T., Øverland, M. et al. (2022). Seaweed Inclusion in Finishing Lamb Diet Promotes Changes in Micronutrient Content and Flavour-Related Compounds of Raw Meat and Dry-Cured Leg (Fenalår). *Foods*, 11 (7), 1043. <https://doi.org/10.3390/foods11071043>
 25. Gomez-Zavaglia, A., Prieto Lage, M. A., Jimenez-Lopez, C., Mejuto, J. C., Simal-Gandara, J. (2019). The Potential of Seaweeds as a Source of Functional Ingredients of Prebiotic and Antioxidant Value. *Antioxidants*, 8 (9), 406. <https://doi.org/10.3390/antiox8090406>
 26. Gunathilake, T., Akanbi, T. O., Suleria, H. A. R., Nalder, T. D., Francis, D. S., Barrow, C. J. (2022). Seaweed Phenolics as Natural Antioxidants, Aquafeed Additives, Veterinary Treatments and Cross-Linkers for Microencapsulation. *Marine Drugs*, 20 (7), 445. <https://doi.org/10.3390/md20070445>
 27. Rajapakse, N., Kim, S.-K. (2011). Nutritional and Digestive Health Benefits of Seaweed. *Marine Medicinal Foods - Implications and Applications, Macro and Microalgae*, 17–28. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-387669-0.00002-8>
 28. Auer, J., Kim, A., Heupl, S., Mihnea, M., Öström, Å., Niimi, J., Langton, M. (2025). Consumer preferences of plant-based minced meat analogs: Linking physico-chemical properties, structural features, and sensory attributes. *Food Structure*, 46, 100492. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2025.100492>
 29. Prasol, I., Golembovskaya, N., Slobodyanyuk, N., Ochkolyas, E. (2017). Sensory analysis of semi-finished minced fish products by the flavour profile method. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series «Food Technologies»*, 19 (80), 83–87. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8017>
 30. Luo, M. R. (2015). *CIELAB. Encyclopedia of Color Science and Technology*, 1–7. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27851-8_11-1
 31. Faustman, C., Suman, S. P., Ramanathan, R. (2023). The eating quality of meat: I Color. *Lawrie's Meat Science*, 363–392. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85408-5.00023-6>
 32. Suman, S. P., Nair, M. N., Joseph, P., Hunt, M. C. (2016). Factors influencing internal color of cooked meats. *Meat Science*, 120, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.006>
 33. Godschalk-Broers, L., Sala, G., Scholten, E. (2022). Meat Analogues: Relating Structure to Texture and Sensory Perception. *Foods*, 11 (15), 2227. <https://doi.org/10.3390/foods11152227>
 34. Bakhsh, A., Lee, S.-J., Lee, E.-Y., Sabikun, N., Hwang, Y.-H., Joo, S.-T. (2021). A Novel Approach for Tuning the Physicochemical, Textural, and Sensory Characteristics of Plant-Based Meat Analogs with Different Levels of Methylcellulose Concentration. *Foods*, 10 (3), 560. <https://doi.org/10.3390/foods10030560>
 35. Tsykhanovska, I. T., Lazarieva, T., Alexandrov, O., Riabchykov, M., Koval, A., Bryzyska, O. (2026). Physico-Chemical Study on the Mechanism of Interaction Between Divalent and Trivalent Iron Double Oxide Nanoparticles With Fibrillar Protein-Gelatin. *Chemistry & Chemical Technology*, 20 (1), 37–52. <https://doi.org/10.23939/chcht20.01.037>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365661

DEVELOPMENT OF COARSE CORN FLOUR TECHNOLOGY FOR BAKING FUNCTIONAL BREAD (p. 56–62)

Alimzhan Imanbayev

Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4443-265X>

Zeinep Nurseitova

Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent,
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1057-533X>

Khojiakbar Abdurahimov

Gulistan State University, Gulistan, Republic of Uzbekistan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9185-070X>

Gulnoza Djakhangirova

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent,
Republic of Uzbekistan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8880-6014>

Azim Malikov

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent,
Republic of Uzbekistan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2353-6177>

The object of the study is coarse corn flour for baking bread in the Republic of Kazakhstan. The problem to be solved is following. When using bakery products made from premium wheat flour and other varieties that contain gluten, it is possible to say that there is no health and functional direction, only the value of its nutritional value and maintaining its satiety. A promising area is the development of special types of bakery and cereal products made from coarse corn flour containing nutritious and biologically active substances: dietary fibers, fats, carbohydrates, vitamins, enzymes, micro- and macronutrients and functional proteins.

As a result of the study, “Kazakhstanska” corn varieties with coarse grinding were studied and a comparative analysis with a control sample of wheat flour of water absorption capacity, in which coarse corn and the control sample showed the same result of 55.6%, with a combined change slightly.

It was found that in corn flour, of all the protein fractions, the water-soluble one accounts for only 11.63% of the total amount of protein. The protein part is made up of prolamins (20.17%) and glutelins (29.20%), which are soluble in alcohol and in an alkaline solution. Corn flour contains more insoluble protein than wheat flour – 2,367 and 1,044, respectively.

Corn bread made from coarse flour without admixture of wheat flour, prepared by the baking method, meets the requirements of consumers in taste and aroma, and due to this, the formulation technology has been developed. Considering this, the developed recipe technology is tailored specifically to the “Kazakhstanska” variety, which will allow the production of bread products from coarse corn flour for functional and dietary nutrition.

Keywords: corn flour, coarse flour, water absorption capacity, proteins, acidity, dough.

References

- Aidarova, A. B., Abdikhalik, S. M. (2022). Formation of demand, consumption of bread and bakery products in the Republic of Kazakhstan. *Problems of AgriMarket*, 1, 113–119. <https://doi.org/10.46666/2022-1.2708-9991.13>
- Mashanova, N. S., Tokmakhanbet, G. B. (2021). Improvement of gluten-free bread production technology. *The Journal of Almaty Technological University*, 1, 11–16. <https://doi.org/10.48184/2304-568x-2021-1-11-16>
- Alpaslan, M., Hayta, M. (2006). The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *Journal of Food Quality*, 29 (6), 617–627. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006.00099.x>
- Niță, S., Niță, L., Imbrea, F., Hinda, I. A., Bătrina, Ș., Botoș, L. (2024). Study of quantitative and qualitative indicators in wheat. *Sci. Papers Ser. A Agron.*, 67, 581–586. Available at: https://www.agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2024/issue_1/Art73.pdf
- Shynkaruk, L., Lykhochvor, V. (2021). Influence of fertilization and foliar feeding on maize grain qualitative indicators. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (6), 113–116. Available at: <https://www.ujecology.com/articles/influence-of-fertilization-and-foliar-feeding-on-maize-grain-qualitative-indicators.pdf>
- Gül, H., Özer, M. S., Dizlek, H. (2009). Improvement of the wheat and corn bran bread quality by using glucose oxidase and hexose oxidase. *Journal of Food Quality*, 32 (2), 209–223. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00246.x>
- Seyyedcheraghi, K. (2018). The effect of the using corn flour level and additive type on quality of corn bread. *Middle East Journal of Science*, 4 (2), 81–98. <https://doi.org/10.23884/mejs.2018.4.2.04>
- Huang, S. D. (1999). Wheat products: 2. Breads, cakes, cookies, pastries and dumplings. *Asian foods: Science and technology*, 71–109. Available at: <https://books.google.kz/books?hl=ru&lr=&id=H0hZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA71&dq=8.%>
- Sharma, G. M., Khuda, S. E., Pereira, M., Slate, A., Jackson, L. S., Parado, C. et al. (2013). Development of an Incurred Cornbread Model for Gluten Detection by Immunoassays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (49), 12146–12154. <https://doi.org/10.1021/jf404072x>
- Panfil, P., Dorica, B. O. T. A. U., Sorin, C., Emilian, M., Ersilia, A., Iosif, G. (2014). Biochemical characterization of flour obtained from germinated cereals (wheat, barley and oat). *Romanian Biotechnological Letters*, 19 (5), 9772–9777. Available at: <https://www.researchgate.net/profile/Sorin-Ciulca/publication/288121308>
- Curic, D., Novotni, D., Bauman, I., Kricka, T., Dugum, J. (2009). Optimization of extrusion cooking of cornmeal as raw material for bakery products. *Journal of Food Process Engineering*, 32 (2), 294–317. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00217.x>
- Mailybayeva, E., Imanbayev, A., Yessirkep, G., Mussayeva, S., Shingissov, A. (2022). Developing a procedure for controlling the rheological properties of dough during its kneading based on a parametric model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (117)), 31–38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.257323>
- Lavers, A., Kalmykova, Y., Rosado, L., Oliveira, F., Laurenti, R. (2017). Selecting representative products for quantifying environmental impacts of consumption in urban areas. *Journal of Cleaner Production*, 162, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.030>
- Ezekiel, R., Singh, N. (2011). Use of Potato Flour in Bread and Flat Bread. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, 247–259. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-380886-8.10023-6>
- Moreno-Rivas, S. C., Medina-Rodríguez, C. L., Torres-Chávez, P. I., Ramírez-Wong, B., Platt-Lucero, L. C. (2014). Changes in the Solubility of Corn Proteins through Interaction with the Arabinoxylans in Extruded Nixtamalized Corn Flour Treated with Xylanase. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69 (2), 148–154. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0411-3>
- Schober, T. J., Bean, S. R., Boyle, D. L. (2007). Gluten-Free Sorghum Bread Improved by Sourdough Fermentation: Biochemical, Rheological, and Microstructural Background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (13), 5137–5146. <https://doi.org/10.1021/jf0704155>
- Tariverdi, S., Gharekhani, M. (2025). Effect of Sourdough Made With *Lactobacillus amylovorus* and *Lactobacillus brevis* Starters on the Quality Characteristics of Gluten-Free Bread Based on Corn Flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2025 (1). <https://doi.org/10.1155/jfpp/6662199>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365023

ELUCIDATING MECHANISMS OF THERMODYNAMIC DETOXIFICATION AND CONFORMATIONAL ENGINEERING OF *Lemna minor* RuBisCO: IN SITU PICKERING ARMOR CROSS-LINKING IN CRYORESISTANT HYBRID CHEESE MODELS (p. 63–72)

Pang Yongfeng

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6573-139X>

Anna Helikh

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3769-1231>

Andrii Filon

T. G. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",
 Chernihiv, Ukraine
 Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0237-2185>

This study focuses on the design of cryoresistant buffalo cheese models, in which the lipid phase is volumetrically replaced by a Pickering emulsion gel based on a RuBisCO isolate derived from Lemna minor biomass. The core problem addressed is the limited upcycling potential of this phyto-remediant into sustainable alternative proteins, caused by heavy metal hyperaccumulation during biomass harvesting in contaminated military and industrial biotopes. Results demonstrate that a thermodynamic detoxification protocol (acid shock at pH 3.0 and dialysis) reduced the initial concentrations of Pb (6.9 mg/kg) and Cd (0.6 mg/kg) to < 0.10 mg/kg (efficiencies of $\geq 98.5\%$ and $\geq 83.3\%$, respectively) and Cu levels by $\geq 84.6\%$, ensuring the production of a decontaminated isolate. The resulting isolate underwent conformational engineering (a pH-shift from 11.0 to 7.0) to form nanoparticles that stabilized the initial Pickering emulsion. Following ionotropic gelation, the emulsion was utilized for the volumetric replacement of animal fat by up to 75%. Gel integration substantially enhanced the water-holding capacity of the system (up to 87%) and minimized cryo-syneresis (from 14% to 1.5%). During the Schreiber test (85°C), the hybrid model exhibited a transition from a viscoelastic melt to a thermostable gel with suppressed lipid exudation. These macroscopic effects are attributed to enhanced polymer hydration, Donnan osmotic swelling, and the spatial restriction of capillary water mobility. The observed structural transition and thermostability are likely driven by synergistic in situ interfacial cross-linking of the Pickering armor, disulfide bond formation, and thermally induced macromolecular consolidation indicative of late-stage Maillard reactions. The stability of this rheological test system confirms the efficacy of upcycling phyto-remediant for non-food applications and the feasibility of extrapolating the protocol to standard food raw materials.

Keywords: alternative proteins, biomass upcycling, heavy metal removal, multiphase rheology, phyto-remediation.

References

- Liu, Y., Helikh, A., Filon, A., Duan, Z. (2023). Sausage technology for food sustainability: recipe, color, nutrition, structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (124)), 47–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286323>
- Helikh, A., Filon, A. (2025). Biochemical variability of vegetable juice powders: a key factor in modulating the physicochemical properties and safety profile of vegan fermented sausages. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (3 (84)), 52–59. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.334830>
- Helikh, A., Filon, A. (2025). Nanocomposite Biopolymer Coating with β -Nanochitosan for Preserving Snail Fillets: A Synergistic Antimicrobial System with *Monarda punctata* Oil. 2025 IEEE 15th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), MTFC12–1. <https://doi.org/10.1109/nap68437.2025.11216270>
- Muller, T., Bazinet, L. (2025). Water lentil (duckweed) protein purification by chemical (HCl) and electrochemical (Electrodialysis with bipolar membranes) acidification: Composition, structure and functional properties vs commercial protein isolates. *Food Chemistry*, 489, 144901. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144901>
- Müller, M., Holderer, O., Schwärzer, K., Wiese-Klinkenberg, A., Förster, B., Förster, S. et al. (2025). Proteins derived from green biomass: Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and water lentil concentrate (Lemna minor L.) in the focus as stabilizers for emulsions. *Food Hydrocolloids for Health*, 8, 100233. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2025.100233>
- Pérez-Vila, S., Fenelon, M. A., O'Mahony, J. A., Gómez-Mascaraque, L. G. (2022). Extraction of plant protein from green leaves: Biomass composition and processing considerations. *Food Hydrocolloids*, 133, 107902. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107902>
- Wang, X., Huang, J.-H., Meng, B., Mao, K., Zheng, M., Tan, A. et al. (2024). LmGSTF3 Overexpression Enhances Cadmium Tolerance in Lemna minor. *Environmental Science & Technology*, 59 (5), 2711–2721. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c08749>
- Zhytniakivska, O., Tarabara, U., Vus, K., Trusova, V., Gorbenko, G. (2024). Interaction of Heavy Metals with β -Lactoglobulin: Molecular Dynamics Study. *East European Journal of Physics*, 4, 511–517. <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-4-60>
- Takano, C., Shigemasa, Y., Aoki, K., Maulidin, I., Kawasaki, S., Nakashima, K. (2025). Protein- and Polysaccharide-Based Heavy Metal Removal Materials: Batch and Continuous Systems. *ACS Sustainable Resource Management*, 2 (11), 2095–2102. <https://doi.org/10.1021/acssusresmg.5c00270>
- Sternke-Hoffmann, R., Liu, C., Wang, X., Pupart, H., Sun, X., Dreiser, J. G.-H. et al. (2026). Protein-Driven Copper Redox Regulation: Uncovering the Role of Disulphide Bonds and Allosteric Modulation. *Angewandte Chemie International Edition*, 65 (15). <https://doi.org/10.1002/anie.202519673>
- Helikh, A., Filon, A. (2025). Study of the amino acid profile of alternative proteins (*Helix pomatia*, *Lissachatina fulica*, *Helix aspersa*) and their potential application in a healthy diet: optimization of a modern brandade recipe. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (3 (82)), 71–79. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.326896>
- Park, J. I., McClements, D. J., Choi, S. J. (2025). Impact of small molecule surfactant type and oil phase composition on Ostwald ripening in model food emulsions. *Food Science and Biotechnology*, 34 (13), 3067–3076. <https://doi.org/10.1007/s10068-025-01954-4>
- Geng, Q., Zhou, L., Gao, K., Yi, X., Wu, Z., Chen, H. (2026). pH-Shifting-Mediated Coassembly with Polyphenols Reduces Allergenicity and Maintains Functionality of Peanut Protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 74 (15), 12448–12460. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6c00749>
- Huang, G., Liu, G., Xu, Z., Jiang, L., Zhang, Y., Sui, X. (2023). Stability, rheological behavior and microstructure of Pickering emulsions stabilized by soy protein and carboxymethyl chitosan. *Food Hydrocolloids*, 142, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108773>
- Dobson, S., Marangoni, A. G. (2024). Fat stabilization techniques for the reduction of oil loss in high protein plant-based cheese. *Food Hydrocolloids*, 156, 110362. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110362>
- Yang, J., Monta, K., Ishikawa, D., Fujii, T. (2025). Analysis of syneresis phenomenon of surimi gel due to freezing and thawing. *Food Science and Technology Research*, 31 (3), 205–213. <https://doi.org/10.3136/fstr.fstr-d-24-00189>
- Zimmerman, B. K., Datta, B., Shi, R., Schulman, R., Nguyen, T. D. (2024). A reactive electrochemomechanical theory for growth and remodeling of polyelectrolyte hydrogels and application to dynamic polymerization of DNA hydrogels. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 186, 105568. <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2024.105568>
- Cao, L., Lu, W., Mata, A., Nishinari, K., Fang, Y. (2020). Egg-box model-based gelation of alginate and pectin: A review. *Carbohydrate Polymers*, 242, 116389. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116389>
- Fomich, M., Yuan, Y., Smith, M. D., Krishnan, H. B., Dia, V., Wang, T. (2025). Glycosylated peptides isolated from cheese whey have antifreezing activity. *Food Chemistry*, 469, 142530. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142530>
- Lin, X., Zhang, C., Hu, S., Chen, R. (2024). Heterogeneous ice nucleation of salt solution in porous media. *The Journal of Chemical Physics*, 160 (9). <https://doi.org/10.1063/5.0190862>

21. Zhao, Q., Hong, X., Fan, L., Liu, Y., Li, J. (2023). Freeze-thaw stability and rheological properties of high internal phase emulsions stabilized by phosphorylated perilla protein isolate: Effect of tea saponin concentration. *Food Hydrocolloids*, 134, 108001. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108001>
22. Anuar, M. N. B., Zuo, J. (2025). Enhancing Yellow Pea Protein Extraction and Purification Through Ultrafiltration. *Membranes*, 15 (11), 326. <https://doi.org/10.3390/membranes15110326>
23. Tan, Y., Zhang, Z., McClements, D. J. (2023). Preparation of plant-based meat analogs using emulsion gels: Lipid-filled RuBisCo protein hydrogels. *Food Research International*, 167, 112708. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112708>
24. Du, L., Ru, Y., Weng, H., Zhang, Y., Chen, J., Xiao, A., Xiao, Q. (2024). Agar-gelatin Maillard conjugates used for Pickering emulsion stabilization. *Carbohydrate Polymers*, 340, 122293. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122293>
25. El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., Bou-Maroun, E. (2025). Maillard Reaction: Mechanism, Influencing Parameters, Advantages, Disadvantages, and Food Industrial Applications: A Review. *Foods*, 14 (11), 1881. <https://doi.org/10.3390/foods14111881>
26. Khan, M. A., Wani, G. A., Majid, H., Farooq, F. U., Reshi, Z. A., Husaini, A. M., Shah, M. A. (2020). Differential Bioaccumulation of Select Heavy Metals from Wastewater by Lemna minor. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105 (5), 777–783. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-03016-3>
27. Syrpas, M., Valanciene, E., Augustiniene, E., Malys, N. (2021). Valorization of Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) Pomace by Enzyme-Assisted Extraction: Process Optimization and Comparison with Conventional Solid-Liquid Extraction. *Antioxidants*, 10 (5), 773. <https://doi.org/10.3390/antiox10050773>
28. Kratochvil, D., Volesky, B. (1998). Advances in the biosorption of heavy metals. *Trends in Biotechnology*, 16 (7), 291–300. [https://doi.org/10.1016/s0167-7799\(98\)01218-9](https://doi.org/10.1016/s0167-7799(98)01218-9)
29. Mao, Y., Huang, W., Jia, R., Bian, Y., Pan, M.-H., Ye, X. (2023). Correlation between Protein Features and the Properties of pH-Driven-Assembled Nanoparticles: Control of Particle Size. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71 (14), 5686–5699. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00147>
30. Kazempour, N., Salehi Inchebron, M., Valizadeh, J., Sepehrmanesh, M. (2016). Clotting characteristics of milk by Withania coagulans: Proteomic and biochemical study. *International Journal of Food Properties*, 20 (6), 1290–1301. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1207664>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360314

IDENTIFICATION OF FACTORS INFLUENCING THE COMPOSITION AND QUALITY OF WINE MATERIAL
(p. 73–84)

Hasil Fataliyev

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5310-4263>

Vugar Mikayilov

Azerbaijan State Oil and Industry University (ASOIU), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9283-2952>

Mehman Ismayilov

Azerbaijan Technological University (ATU), Ganja, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8620-3412>

Elnur Heydarov

Azerbaijan Technological University (ATU), Ganja, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7643-7746>

Natavan Gadimova

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1939-1796>

Shabnam Fataliyeva

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9727-7492>

The object of the study is the production technology of high-quality Cahors wines. Although a number of studies have been conducted on the production of Cahors wines, the factors affecting the composition and quality of the wine material-particularly the regime of thermal treatment of the mash, as well as the type of alcohol and the method of fortification and their influence on the physicochemical composition of Cahors wine material-have not been sufficiently studied.

The total content of phenolic compounds in the control sample produced by the white winemaking method was 980 mg/dm³, whereas it reached 2740 mg/dm³ in the red winemaking method, 3230 mg/dm³ during thermovinification, and 3860 mg/dm³ in the Kurdamir method. A similar pattern, with some exceptions, was observed for color compounds. Relatively prolonged thermal treatment (4 hours) resulted in a pronounced caramelized note in taste and was evaluated 0.2 points lower than the preceding variant. In terms of quality, the second variant subjected to thermal treatment at 65°C for 3 hours performed better, receiving a score of 8.7 points. According to the results of organoleptic analysis, samples fortified with wheat alcohol were rated 0.9–1.6 points higher than the others.

Determining the effects of technological methods on the composition and quality of Cahors wine material samples, the duration of CO₂ maceration, and the changes in physicochemical composition caused by thermal treatment, as well as the correct selection and use of alcohol for Cahors wines, is of practical importance for production. The results obtained can be applied in wineries and wine-producing enterprises.

Keywords: wine material, phenolic compounds, anthocyanins, thermovinification, fortification, tartaric acid.

References

1. Miele, A. (2021). Wine composition of Merlot and Cabernet Sauvignon vine clones under the environmental conditions of Serra Gaúcha, Brazil. *Food Science and Technology*, 41, 116–122. <https://doi.org/10.1590/fst.10520>
2. Zhang, K., Zhang, Z.-Z., Yuan, L., Gao, X.-T., Li, Q. (2021). Difference and characteristics of anthocyanin from Cabernet Sauvignon and Merlot cultivated at five regions in Xinjiang. *Food Science and Technology*, 41, 72–80. <https://doi.org/10.1590/fst.11020>
3. Arslan Kulcan, A., Öziyici, H. R., Tetik, N., Karhan, M. (2015). Changes In Turbidity, Total Phenolic And Anthocyanin Contents Of Clear Red Grape Juice During Processing. *Gida / the Journal of Food*, 40 (6), 311–317. <https://doi.org/10.15237/gida.gd15029>
4. Mota, R. V. d., Peregrino, I., Silva, C. P. C., Raimundo, R. H. P., Fernandes, F. d. P., Souza, C. R. d. (2021). Row orientation effects on chemical composition and aromatic profile of Syrah winter wines. *Food Science and Technology*, 41 (2), 412–417. <https://doi.org/10.1590/fst.38219>
5. Liu, C., Wang, L., Wang, J., Wu, B., Liu, W., Fan, P., Liang, Z., Li, S. (2013). Resveratrols in Vitis berry skins and leaves: Their extraction and analysis by HPLC. *Food Chemistry*, 136 (2), 643–649. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.017>
6. Bayram, M., Kayalar, M., Kaya, C., Topuz, S. (2016). Şarapta Fenolik ve Aroma Bileşikleri Üzerine ‘Teruar’ın Etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 35–46. Available at: <https://izlik.org/JA87MM97SC>
7. Jara-Palacios, M. J., Hernanz, D., González-Manzano, S., Santos-Buelga, C., Escudero-Gilete, M. L., Heredia, F. J. (2014). Detailed phenolic composition of white grape by-products by RRLC/MS and measurement of the antioxidant activity. *Talanta*, 125, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.02.065>

8. Guler, A. (2023). Effects of different maceration techniques on the colour, polyphenols and antioxidant capacity of grape juice. *Food Chemistry*, 404, 134603. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134603>
9. Baron, M., Kumsta, M., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J. (2018). Einfluss der Dauer der Maceration auf den Gehalt von Antioxidantien im Traubensaft. *Erwerbs-Obstbau*, 60, 37–45. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0385-7>
10. Puzovic, A., Mikulic-Petkovsek, M. (2024). Comparative Evaluation of Conventional and Emerging Maceration Techniques for Enhancing Bioactive Compounds in Aronia Juice. *Foods*, 13 (20), 3255. <https://doi.org/10.3390/foods13203255>
11. Puzovic, A., Pelacci, M., Simkova, K., Hudina, M., Rusjan, D., Vebelic, R., Mikulic-Petkovsek, M. (2024). Effect of Heat Pasteurization and Enzymatic Maceration on Yield, Color, Sugars, Organic Acids, and Phenolic Content in the 'Merlot Kanthus' Grape Juice. *Beverages*, 10 (3), 66. <https://doi.org/10.3390/beverages10030066>
12. Błaszak, M., Lachowicz-Wiśniewska, S., Kapusta, I., Szewczuk, M., Ochmian, I. (2025). Enhanced Extraction of Polyphenols, Physicochemical Properties, and Microbial Control in *Vitis vinifera* L. Juice Using Ultrasound-Assisted Maceration. *Molecules*, 30 (3), 587. <https://doi.org/10.3390/molecules30030587>
13. Gu, X., Liu, Y., Suo, R., Yu, Q., Xue, C., Wang, J. et al. (2025). Effects of different low-temperature maceration times on the chemical and sensory characteristics of Syrah wine. *Food Chemistry*, 463, 141230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141230>
14. Wojdyło, A., Samoticha, J., Chmielewska, J. (2021). Effect of different pre-treatment maceration techniques on the content of phenolic compounds and color of Dornfelder wines elaborated in cold climate. *Food Chemistry*, 339, 127888. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127888>
15. Mallard, J., Valentin, D., Ballester, J. (2025). Oxidation in white wine: The point of view of winemakers from areas with different oenological practices. *Food Research International*, 199, 115341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115341>
16. Benucci, I., Cerreti, M., Esti, M. (2024). Dosing oxygen from the early stages of white winemaking: Effect on oxidation–reduction potential, browning stability, volatile composition, and sensory properties. *Food Chemistry*, 432, 137243. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137243>
17. Ailer, Š., Jakabová, S., Benešová, L., Ivanova-Petropulos, V. (2022). Wine Faults: State of Knowledge in Reductive Aromas, Oxidation and Atypical Aging, Prevention, and Correction Methods. *Molecules*, 27 (11), 3535. <https://doi.org/10.3390/molecules27113535>
18. Mercanti, N., Macaluso, M., Pieracci, Y., Brazzarola, F., Palla, F., Verdini, P. G., Zinnai, A. (2024). Enhancing wine shelf-life: Insights into factors influencing oxidation and preservation. *Heliyon*, 10 (15), e35688. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35688>
19. Fia, G., Bucalossi, G., Proserpio, C., Vincenzi, S. (2021). Unripe grapes: an overview of the composition, traditional and innovative applications, and extraction methods of a promising waste of viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 28 (1), 8–26. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12522>
20. Olejar, K. J., Ricci, A., Swift, S., Zujovic, Z., Gordon, K. C., Fedrizzi, B. et al. (2019). Characterization of an Antioxidant and Antimicrobial Extract from Cool Climate, White Grape Marc. *Antioxidants*, 8 (7), 232. <https://doi.org/10.3390/antiox8070232>
21. Ferreira, R. M., Costa, A. M., Pinto, C. A., Silva, A. M. S., Saraiva, J. A., Cardoso, S. M. (2023). Impact of Fermentation and Pasteurization on the Physico-Chemical and Phytochemical Composition of *Opuntia ficus-indica* Juices. *Foods*, 12 (11), 2096. <https://doi.org/10.3390/foods12112096>
22. Fataliyev, H., Malikov, A., Lezgiyev, Y., Gadimova, N., Musayev, T., Aliyeva, G. (2024). Identifying the wine-making potential of the autochthon madrasa grape variety of different colors and quality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (128)), 56–63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.302971>
23. Fataliyev, H., Malikov, A., Lazgiyev, Y., Haydarov, E., Agayeva, S., Baloghlanova, K. et al. (2023). Effect Of Maceration Regime On Phenolic Compound Quantity And Color Quality Of Madrasa Wine Samples. *Food Science and Technology*, 17 (4). <https://doi.org/10.15673/fst.v17i4.2784>
24. Fataliyev, H., Lezgiyev, Y., Aghazade, Y., Gadimova, N., Heydarov, E., Ismailov, M. (2024). Identifying the influence of various technological techniques on the indicators of the composition of bunches and wine samples of the madras grape variety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (132)), 50–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.318532>
25. Fataliyev, H., Aghazade, Y., Heydarov, E., Gadimova, N., Ismayilov, M., Imanova, K. (2025). Identifying the factors affecting the production of juice and wine from the autochthonous Bayanshira grape variety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (133)), 38–50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323382>
26. Fataliyev, H., Isgandarova, S., Gadimova, N., Mammadova, A., Ismailov, M., Mammadzade, M. (2024). Identification of the effect of ripening conditions on the yield of rose hips and their processed products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11(130)),26–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309597>
27. Fataliyev, H., Mammadzade, M., Ismayilov, M., Gadimova, N., Mammadova, N., Musayev, T. (2025). Identifying the factors affecting the preparation of wine material from cherry fruits. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11(134)), 77–88. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.326471>
28. Gadimova, N., Fataliyev, H., Heydarov, E., Lezgiyev, Y., Isgandarova, S. (2023). Development of a model and optimization of the interaction of factors in the grain malting process and its application in the production of functional beverages. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (125)), 43–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289421>
29. Gadimova, N., Fataliyev, H., Allahverdiyeva, Z., Musayev, T., Akhundova, N., Babashli, A. (2022). Obtaining and investigation of the chemical composition of powdered malt and polymalt extracts for application in the production of non-alcoholic functional beverages. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (119)), 66–74. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265762>
30. Salimov, V., Huseynova, A., Guliyeva, A., Alizade, S., Mammadova, R. (2025). Assessment of Biomorphological and Economically Important Traits of some Local Grape Varieties and Clones of Azerbaijan. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 10 (2), 303–313. <https://doi.org/10.62476/abes.102303>
31. Fataliyev, H. K. (2012). *Winemaking practicum*. Baku: Elm, 328. Available at: <http://anl.az/el/Kitab/2013/Azf-272480.pdf>
32. Sheskin, D. J. (2020). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429186196>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365166

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF CORN MALT USING PLASMOCHEMICALLY ACTIVATED AQUEOUS SOLUTIONS (p. 85–98)

Olena Kovalova

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9508-2701>

Natalia Vasylieva

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4100-0659>

Tatiana Gontar

Education and Research Institute “Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy” of V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1088-6764>

Yana Svishchova

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5358-8624>

Oleg Kolontaievskiy

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2210-739X>

Anna Sokolenko

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9271-7118>

Inna Zabrodina

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8122-9250>

Serhii Stankevych

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8300-2591>

Tetiana Novozhylova

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2551-6954>

Maryna Ponomarova

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8463-821X>

The object of the study is the production of corn malt. The problem of developing an innovative technology for the production of high-quality and universal corn malt is being solved.

The rationality of using plasma-chemically activated solutions as an intensifier of corn grain malting, as well as a disinfectant agent in the implementation of the technological process and obtaining corn malt, has been experimentally proven. It has been established that the use of plasma-chemically activated aqueous solutions allows stimulating the process of soaking and germination of corn. The germination energy increased by 2–12%, the germination capacity by 2–9%. The moisture content of corn grain reached 42% 2.5 times faster. Monitoring of enzymatic activity showed a dynamic increase in the number of amylolytic enzymes by 2.8–3.4 times. The number of proteolytic enzymes increased from 19 units/g on the first day of germination and reached a maximum of 256 units/g on the fifth day. The total number of amino acids increased by 9.5%. An increase in the content of vitamins A, D, E, B₁, C was observed, the number of which increased by 14–25%. Technological characteristics of malt showed an increase in extractability by 5.7%, saccharification time decreased to 15 minutes, acidity decreased by 0.3 units, and the content of amine nitrogen increased by 52.7 mg/100 g. Stable disinfectant properties of solutions in relation to corn malt were noted. The results indicate the production of high-quality corn malt.

The presented technology can be used in the production of high-quality gluten-free corn malts. In addition, germinated corn has functional properties and can become a valuable component in the production of dietary gluten-free products.

The result of the study is the development of a technology for the production of corn malt using plasma-chemically activated aqueous solutions.

Keywords: corn malt, plasma chemical activation, hydrogen peroxide, germination enhancer, sprouted corn.

References

1. Ai, Y., Jane, J.-l. (2016). Macronutrients in Corn and Human Nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15 (3), 581–598. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12192>
2. Piazza, S., Bani, C., Colombo, F., Mercogliano, F., Pozzoli, C., Martinelli, G. et al. (2024). Pigmented corn as a gluten-free source of polyphenols with anti-inflammatory and antioxidant properties in CaCo-2 cells. *Food Research International*, 191, 114640. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114640>
3. Bandeira, C. M., Evangelista, W. P., Gloria, M. B. A. (2012). Bioactive amines in fresh, canned and dried sweet corn, embryo and endosperm and germinated corn. *Food Chemistry*, 131 (4), 1355–1359. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.135>
4. Flores-Calderón, A. M. D., Luna, H., Escalona-Buendía, H. B., Verde-Calvo, J. R. (2017). Chemical characterization and antioxidant capacity in blue corn (*Zea mays*L.) malt beers. *Journal of the Institute of Brewing*, 123 (4), 506–518. <https://doi.org/10.1002/jib.444>
5. Romano, G., Tufariello, M., Calabriso, N., Del Coco, L., Fanizzi, F. P., Blanco, A. et al. (2023). Pigmented cereals and legume grains as healthier alternatives for brewing beers. *Food Bioscience*, 52, 102463. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102463>
6. Ledley, A. J., Elias, R. J., Hopfer, H., Cockburn, D. W. (2021). A Modified Brewing Procedure Informed by the Enzymatic Profiles of Gluten-Free Malts Significantly Improves Fermentable Sugar Generation in Gluten-Free Brewing. *Beverages*, 7 (3), 53. <https://doi.org/10.3390/beverages7030053>
7. Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., Codină, G. G. (2021). Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. *Applied Sciences*, 11 (7), 3139. <https://doi.org/10.3390/app11073139>
8. Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., Blanco, C. A. (2021). Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. *Foods*, 10 (8), 1726. <https://doi.org/10.3390/foods10081726>
9. Sokrab, A. M., Mohamed Ahmed, I. A., Babiker, E. E. (2012). Effect of germination on antinutritional factors, total, and extractable minerals of high and low phytate corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11 (2), 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.02.002>
10. Gong, K., Chen, L., Li, X., Sun, L., Liu, K. (2018). Effects of germination combined with extrusion on the nutritional composition, functional properties and polyphenol profile and related in vitro hypoglycemic effect of whole grain corn. *Journal of Cereal Science*, 83, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.002>
11. Partichelli, C. P., Silveira, V. C. C., Manfroi, V., Rodrigues, R. C. (2024). Exogenous enzymes for gluten-free beer production: A review of the industrial practice and its implications for scientific research. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 95, 103709. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103709>
12. Ledley, A. J., Elias, R. J., Cockburn, D. W. (2024). The role of starch digestion in the brewing of gluten-free beers. *Food Bioscience*, 61, 104949. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104949>
13. Hager, A.-S., Taylor, J. P., Waters, D. M., Arendt, E. K. (2014). Gluten free beer – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 36 (1), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.001>
14. Cela, N., Galgano, F., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., Condelli, N. (2022). Assessment of brewing attitude of unmalted cereals and pseudocereals for gluten free beer production. *Food Chemistry*, 384, 132621. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132621>
15. Kerpes, R., Fischer, S., Becker, T. (2017). The production of gluten-free beer: Degradation of hordeins during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.004>

16. Canelo-Álvarez, F., Figueroa-Cárdenas, J. d. D., Martínez-Cruz, E., Pérez-Robles, J. F., Arámbula Villa, G., Mariscal-Moreno, R. M., Vélez Medina, J. J. (2023). Effect of nixtamalization on gluten-free whole corn, dough viscoelasticity, and the bread-making quality of leavened corn bread. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, 100648. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100648>
17. Olaimat, A. N., Al-Rousan, W. M., Al-Marazeeq, K. M., Osaili, T. M., Ajo, R. Y., Angor, M., Holley, R. A. (2023). Physicochemical and sensory characteristics of gluten-free corn-based biscuit supplemented with walnut and peanut for celiac patients. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22 (7), 413–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.03.007>
18. Bresciani, A., Giordano, D., Vanara, F., Blandino, M., Marti, A. (2021). High-amylose corn in gluten-free pasta: Strategies to deliver nutritional benefits ensuring the overall quality. *Food Chemistry*, 353, 129489. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129489>
19. Francisco, Á. R., José, d. l. R. M., Igor, H. (2021). Development of a no added sugar kombucha beverage based on germinated corn. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100355>
20. Kumar, S., Paramasivan, K., Mutturi, S. (2025). Microbiology and health benefits of beer. *Microbiology and Health Benefits of Traditional Alcoholic Beverages*, 65–90. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-13322-0.00010-1>
21. Tovar, G. I., Briceño, S., Suarez, J., Flores, S., González, G. (2020). Biogenic synthesis of iron oxide nanoparticles using *Moringa oleifera* and chitosan and its evaluation on corn germination. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 14, 100350. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100350>
22. He, W., Wang, Y., Dai, Z., Liu, C., Xiao, Y., Wei, Q. et al. (2019). Effect of UV-B radiation and a supplement of CaCl₂ on carotenoid biosynthesis in germinated corn kernels. *Food Chemistry*, 278, 509–514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.089>
23. Paucar-Menacho, L. M., Martínez-Villaluenga, C., Dueñas, M., Frias, J., Peñas, E. (2017). Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.064>
24. Kovaliova, O., Pivovarov, O., Kalyna, V., Tchoursinov, Y., Kunitisia, E., Chernukha, A. et al. (2020). Implementation of the plasmochemical activation of technological solutions in the process of ecologization of malt production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (107)), 26–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.215160>
25. Pivovarov, O., Kovaliova, O., Koshulko, V. (2020). Effect of plasmochemically activated aqueous solution on process of food sprouts production. *Ukrainian Food Journal*, 9 (3), 576–587. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2020-9-3-7>
26. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S. et al. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (126)), 59–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584>
27. Kovalova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Haliasnyi, I., Gontar, T. et al. (2023). Determining the effect of plasmochemically activated aqueous solutions on the bioactivation process of sea buckthorn seeds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (122)), 99–111. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275548>
28. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S. et al. (2024). Development of technology for the production of all-purpose buckwheat malt using plasmochemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (127)), 38–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298797>
29. Kovalova, O., Vasylieva, N., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Omelchenko, S., Kotliar, O. et al. (2024). Development of oat malt production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (131)), 80–91. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.311477>
30. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T. et al. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (124)), 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284810>
31. Kovalova, O., Vasylieva, N., Zhulinska, O., Balandina, I., Zhukova, L., Bezpal'ko, V. et al. (2024). Development of lentil malt production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (130)), 76–86. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.308298>
32. Cetinkaya-Rundel, R., Hardin, J. (2021). *Introduction to Modern Statistics*. OpenIntro, 549.
33. Greene, W. (2017). *Econometric Analysis*. London: Pearson Learning Solutions, 1176.
34. Vasylieva, N., Pugach, A. (2017). Economic assessment of technical maintenance in grain production of Ukrainian agriculture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23 (2), 198–203. Available at: <https://www.agrojournal.org/23/02-04.pdf>
35. Chaves-López, C., Rossi, C., Maggio, F., Paparella, A., Serio, A. (2020). Changes Occurring in Spontaneous Maize Fermentation: An Overview. *Fermentation*, 6 (1), 36. <https://doi.org/10.3390/fermentation6010036>
36. Geiflinger, C., Gastl, M., Becker, T. (2021). Enzymes from Cereal and *Fusarium* Metabolism Involved in the Malting Process – A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80 (1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1911272>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.364887

УДОСКОНАЛЕННЯ СЕКЦІЙНОГО КАСЕТНО-ЄМНІСНОГО АПАРАТА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (р. 6–16)

А. М. Загорулько, І. В. Вороненко, І. І. Божидай, Г. В. Теслюк, О. В. Лебеденко, Р. В. Захарченко, О. М. Клецков, Е. Б. Ібасв

Об'єктом дослідження є процеси попередньої теплової обробки рослинної сировини, на прикладі процесів нагрівання плодово-овочевого напівфабрикату на основі яблука, моркви, буряка та бузини, а також часткового підсушування яблучних слайсів на удосконаленому апараті. Проблема дослідження базувалася на підвищенні ресурсоощадності реалізації попередніх теплових обробок сировини при удосконаленні секційного касетно-ємнісного апарату. Особливістю удосконаленого апарату є комбінування на автоплатформі ємнісної та касетної станцій, формування локального теплопідведення від плівкового електронагрівача випромінювального типу для ліквідації проміжного теплоносія, мереж. Інженерно збільшена корисна поверхня теплообміну ємнісних станцій з 0,98 м² до 1,47 м² за рахунок перемішувальних пристроїв, які оснащені обігрівальною поверхнею. Багатофункціональність апарату формується використанням ємнісної станції оснащеної напівсферичним перфорованим барботером та герметичними кришками з елементами Пельтьє. Ємнісна станція апробована на кінетиці нагрівання напівфабрикату (40% яблука, 25% моркви, 25% буряка та 10% бузини). Встановлено скорочення тривалості виходу на щадний стаціонарний режим в межах 55°C за 240 с (прототип – 360 с). Касетна станція апробована на виконанні попередньої теплової операції з підсушування яблучних слайсів до вмісту 30...35% сухих речовин. Процес реалізується в удосконаленому апараті протягом 45...55 хв, тоді як конвективному сушінні – 70...85 хв. Порівняння технічно-технологічних параметрів удосконаленої конструкції з уварювачем та конвективною сушаркою спостерігається зниження питомої металоемності з 387 кг/м² до 330 кг/м². Зменшення загальних витрат теплоти на нагрівання 75 кг полікомпонентної пореподібної рослинної маси з 21353 кДж до 11309 кДж.

Ключові слова: рослинна сировина, полікомпонентна суміш, попередня тепла обробка, плівковий електронагрівач випромінювального типу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365478

РОЗРОБЛЕННЯ СТАТИСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЧИЩЕННЯ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХА В УСТАНОВЦІ ЗІ ЗВОРотно-ПОВОРОТНИМ ЖОРНОВОМ (с. 17–29)

Baurzhan Temov, Baurzhan Nurakhmetov, Ardak Askarov, Ilyas Nurakhmetov, Galymzhan Nasrullin

Об'єктом дослідження є процес очищення волоського горіха від шкаралупи в установці зі зворотно-поворотним жорновом, що реалізує комбіноване навантаження стисканням, зсувом і крученням. Розв'язувана проблема пов'язана з відсутністю обґрунтованих режимів, які одночасно забезпечують повне руйнування шкаралупи та високий вихід цілого ядра, тобто двох вимог, що суперечать одна одній під час переробки. Дослідження є продовженням попередньої роботи, у якій було визначено сили руйнування шкаралупи та ймовірнісний характер її руйнування; у цій роботі здійснено перехід від міцнісних характеристик об'єкта до показників роботи машини.

Реалізовано трифакторний ротатбельний план центрального композиційного експерименту (план Бокса), що включав двадцять дослідів. Як фактори прийнято кутову швидкість рухомого верхнього жорнова (1,38–4,90 рад/с), кількість обертів горіха в робочому каналі (0,33–1,17 оберту) та крок шорсткості робочих поверхонь (7,95–18,05 мм). Реєструвалися два відгуки: ступінь руйнування шкаралупи та вихід цілого ядра. Отримано регресійні моделі другого порядку, перевірені методом дисперсійного аналізу.

Установлено, що ступінь руйнування шкаралупи зростає зі збільшенням кутової швидкості та кількості обертів і зменшується зі збільшенням кроку шорсткості, тоді як вихід цілого ядра знижується зі зростанням кутової швидкості та має внутрішні максимуми за кількістю обертів і кроком шорсткості. Кутова швидкість є домінуючим фактором для обох відгуків і слугує основним джерелом суперечності між ефективністю розколювання та збереженням цілісності ядра. Визначено компромісний режим: кутова швидкість близько 2,09 рад/с, близько 1,0 оберту горіха та крок шорсткості близько 10 мм, що забезпечує ступінь руйнування шкаралупи близько 94,5% при виході цілого ядра близько 88,9%. Отримані результати є основою для вибору параметрів машин для очищення волоського горіха.

Ключові слова: зворотно-поворотний жорнов; комбіноване навантаження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360605

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІН БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИННИХ СУБСТРАТІВ У ПРОЦЕСІ МОЛОЧНОКИСЛОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ТА ОБґРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ (с. 30–40)

Л. В. Баль-Прилипко, М. С. Ніколаєнко, М. Є. Сердюк, В. М. Бандура, С. Г. Даниленко, О. В. Сидоренко, І. М. Курбатова, Н. А. Нестеренко

Об'єктом дослідження є процес молочнокислої ферментації рослинних субстратів різної природи (спельта, насіння льону, ламінарія, глива) за участю *Lactiplantibacillus plantarum*. Проблема, яка вирішувалась в роботі, полягала у недостатній визначеності

закономірностей біохімічних перетворень у рослинних субстратах різної природи в процесі молочнокислої ферментації. Це ускладнює їх цілеспрямований вибір і використання як ферментованих інгредієнтів у харчових продуктах.

Ферментація проводилась при температурі $32 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 24 годин із відбором проб кожні 6 годин. Встановлено, що динаміка рН має фазовий характер: найбільш інтенсивне зниження відбувається в інтервалі 0–6 год. Загальне зниження рН становило 33,0% для спельти, 28,5% для гливи, 20,2% для льону та 12,2% для ламінарії. Середня швидкість зниження рН за 24 години становила від $-0,088$ од/год (спельта) до $-0,034$ од/год (ламінарія). Встановлено зростання титрованої кислотності у всіх субстратах, найбільш інтенсивне – для спельти та гливи: у 9,35 та 9,5 раза відповідно, із середніми швидкостями 0,042 і 0,040 г/100 г/год. Для льону та ламінарії приріст був нижчим – 0,48 та 0,28 г/100 г відповідно. Виявлено сильний зворотний кореляційний зв'язок між рН і титрованою кислотністю ($r = -0,98 \pm 0,03$). Зниження вмісту розчинних вуглеводів становило 46,2% у гливі та 42,3% у спельті, тоді як у ламінарії та льону – 6,7% і 13,8%. Вміст розчинного білка зростає на 58% у ламінарії, 50% у льону, 43% у спельті та 33% у гливі при відсутності суттєвих змін загального білка. Встановлено, що після 18 годин ферментації швидкість змін усіх показників істотно знижується. Обґрунтовано, що раціональна тривалість ферментації становить 18 годин, що забезпечує збалансований кислотний профіль та ефективну трансформацію вуглеводно-білкового комплексу без надмірного підкислення.

Ключові слова: молочнокисла ферментація, рослинні субстрати, біохімічні показники *Lactiplantibacillus plantarum*, тривалість ферментації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365616

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ «LAMINARIA+NPF₃O₄» (с. 41–55)

І. В. Цихановська, Л. Ф. Товма, О. О. Литвин, О. В. Александров, Т. А. Лазарева, В. В. Євлаш, О. В. Луценко, І. С. Морозов, С. О. Каплун, В. В. Вакулук

Об'єкт дослідження – якість м'ясних січених виробів (яловичих бифштексів), збагачених наноструктурованою харчовою добавкою комбінованого складу «Laminaria + NPF₃O₄». Проблема, що вирішувалася, – стабілізація поліфазної структури та покращення споживних властивостей м'ясних січених виробів. Встановлено, що внесення добавки у кількості 0,1–0,3% покращує смак, аромат і консистенцію бифштексів, сприяє формуванню більш насиченого та природного забарвлення, а також підвищує твердість, пружність, еластичність і жувальну здатність виробів. За додавання харчової добавки «Laminaria + NPF₃O₄» світлота виробів зменшувалася у 1,02–1,06 раза, а показники b* та H* зростали відповідно у 1,16–1,42 та 1,08–1,43 раза. Оптимальною концентрацією добавки визначено 0,2%.

Встановлені закономірності впливу наноструктурованої харчової добавки комбінованого складу «Laminaria + NPF₃O₄», що поєднує компоненти бурої водорості *Laminaria* sp. та наночастинки оксиду заліза Fe₃O₄, на властивості яловичих бифштексів (на трансформацію пігментів, формування текстурних характеристик і сенсорного профілю). Показано синергічний характер дії компонентів добавки, який забезпечує комплексний вплив на якісні характеристики м'ясних січених виробів, та обґрунтовано її раціональну концентрацію на рівні 0,2% від маси рецептурної суміші.

Сфера практичного застосування результатів дослідження – у технології виробництва м'ясних січених виробів. Очікувані ефекти від впровадження НХДКС «Laminaria + NPF₃O₄» – покращення органолептичних і текстурних характеристик продукції та розширення асортименту функціональних м'ясних продуктів підвищеної біологічної цінності.

Ключові слова: харчова добавка «Laminaria + NPF₃O₄», м'ясні січені вироби, оцінювання якості, продовольче забезпечення сил оборони.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365661

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ГРУБОГО ПОМЕЛУ З КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА ДЛЯ ВИПІКАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА (с. 56–62)

Alimzhan Imanbayev, Zeinep Nurseitova, Khojiakbar Abdurahimov, Gulnoza Djakhangirova, Azim Malikov

Об'єктом дослідження є кукурудзяне борошно грубого помелу для випікання хліба в Республіці Казахстан. Проблема, яку необхідно вирішити, полягає в наступному. При використанні хлібобулочних виробів з борошна вищої пшениці та інших сортів, що містять глютен, можна стверджувати, що немає оздоровчого та функціонального напрямку, лише значення їх харчової цінності та збереження ситості. Перспективним напрямком є розробка спеціальних видів хлібобулочних та круп'яних виробів з борошна грубого помелу, що містять поживні та біологічно активні речовини: харчові волокна, жири, вуглеводи, вітаміни, ферменти, мікро- та макронутрієнти та функціональні білки.

В результаті дослідження було досліджено сорти кукурудзи «Казахстанська» грубого помелу та проведено порівняльний аналіз з контрольним зразком пшеничного борошна за водопоглинальною здатністю, в якому борошно грубого помелу та контрольний зразок показали однаковий результат 55,6%, при сумарній зміні незначній.

Встановлено, що в кукурудзяному борошні з усіх білкових фракцій водорозчинна становить лише 11,63% від загальної кількості білка. Білкову частину складають проламіни (20,17%) та глютеліни (29,20%), які розчинні в спирті та в лужному розчині. Кукурудзяне борошно містить більше нерозчинного білка, ніж пшеничне – 2367 та 1044 відповідно.

Кукурудзяний хліб з борошна грубого помелу без домішки пшеничного борошна, виготовлений методом випічки, відповідає вимогам споживачів за смаком та ароматом, і завдяки цьому була розроблена технологія рецептури. Враховуючи це, розроблена рецептурна технологія адаптована спеціально до сорту «Казахстанська», що дозволить виробляти хлібобулочні вироби з борошна грубого помелу для функціонального та дієтичного харчування.

Ключові слова: кукурудзяне борошно, борошно грубого помелу, водопоглинальна здатність, білки, кислотність, тісто.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365023

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ДЕТОКСИКАЦІЇ ТА КОНФОРМАЦІЙНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ RuBisCO З *Lemna minor*: ЗШИВАННЯ ПІКЕРІНГ-БРОНІ *IN SITU* У КРІОРЕЗИСТЕНТНИХ ГІБРИДНИХ СИРНИХ МОДЕЛЯХ (р. 63–72)

Yongfeng Pang, А. О. Геліх, А. М. Філон

Об'єктом дослідження є процес конструювання кріорезистентних буйволячих сирних моделей із заміщенням ліпідної фази емульсією Пікерінга на основі ізоляту RuBisCO з біомаси *Lemna minor*. Проблема, що вирішувалася, полягає в обмеженні апсайклінгу цього фіторемедіанту у сталі альтернативні білки через гіперакумуляцію важких металів при зборі сировини у забруднених військових та індустриальних біотопах. Показано, що протокол термодинамічної детоксикації (кислотний шок рН 3.0 та діаліз) біомаси знизив початковий вміст Pb (6.9 мг/кг) та Cd (0.6 мг/кг) до < 0.10 мг/кг (ефективність $\geq 98.5\%$ та $\geq 83.3\%$), а Cu на $\geq 84.6\%$, забезпечивши отримання деконтамінованого ізоляту. Цей білок піддавали конформаційній інженерії (рН-зсув від 11.0 до 7.0) для формування наночастинок, що стабілізували вихідну емульсію Пікерінга. Після іотропного гелеутворення емульсією об'ємно заміщували тваринний жир (до 75%). Інтеграція гелю істотно підвищила вологоутримувальну здатність системи (до 87%) та мінімізувала кріосинерезис (з 14% до 1.5%). У тесті Шрайбера (85°C) гібридна модель продемонструвала перехід зі стану в'язкопружного розплаву до термостабільного гелю із пригніченою ексудацією ліпідів. Ці макроскопічні ефекти пояснюються посиленою гідратацією полімерів, доннанівським осмотичним набуханням та просторовим обмеженням рухливості капілярної води. Цей структурний перехід та термостабільність, ймовірно, зумовлені синергічним міжфазним зшиванням Пікерінг-броні *in situ*, утворенням дисульфідних зв'язків та термічно індукованою макромолекулярною консолідацією з ознаками пізніх стадій реакції Майяра. Стабільність реологічної тест-системи підтверджує ефективність апсайклінгу фіторемедіантів для нехарчових цілей та доцільність екстраполяції протоколу на стандартну харчову сировину.

Ключові слова: альтернативні білки, апсайклінг біомаси, вилучення важких металів, багатофазна реологія, фіторемедіація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360314

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СКЛАД ТА ЯКІСТЬ ВІНОМАТЕРІАЛУ (с. 73–84)

Nasil Fataliyev, Vugar Mikayilov, Mehman Ismayilov, Elnur Heydarov, Natavan Gadimova, Shabnam Fataliyeva

Об'єктом дослідження є технологія виробництва високоякісних кагорів. Незважаючи на те, що було проведено низку досліджень щодо виробництва кагорів, фактори, що впливають на склад та якість виноматеріалу, зокрема режим термічної обробки затору, а також вид спирту та спосіб збагачення та їх вплив на фізико-хімічний склад кагору, недостатньо вивчені.

Загальний вміст фенольних сполук у контрольному зразку, виготовленому методом білого виноробства, становив 980 мг/дм³, тоді як у методі червоного виноробства він досяг 2740 мг/дм³, при термовініфікації – 3230 мг/дм³ та у методі Курдаміра – 3860 мг/дм³. Подібна закономірність, за деякими винятками, спостерігалася для кольорових сполук. Відносно тривала термічна обробка (4 години) призвела до вираженої карамелізованої нотки у смаку та була оцінена на 0,2 бала нижче, ніж попередній варіант. За якістю другий варіант, підданий термічній обробці при 65°C протягом 3 годин, показав кращі результати, отримавши оцінку 8,7 бала. За результатами органолептичного аналізу зразки, збагачені пшеничним спиртом, отримали оцінку на 0,9–1,6 бала вище за інші.

Визначення впливу технологічних методів на склад та якість зразків виноматеріалу Кагор, тривалості мацерації CO₂ та змін фізико-хімічного складу, спричинених термічною обробкою, а також правильний вибір та використання спирту для вин Кагор, має практичне значення для виробництва. Отримані результати можуть бути застосовані на виноробнях та виноробних підприємствах.

Ключові слова: виноматеріал, фенольні сполуки, антоціани, термовініфікація, збагачення, винна кислота.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365166

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНОГО СОЛОДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ (с. 85–98)

О. С. Ковальова, Н. К. Васильєва, Т. Б. Гонтар, Я. О. Свіцова, О. П. Колонтаєвський, А. С. Соколенко, І. В. Забродіна, С. В. Станкевич, Т. Б. Новожилова, М. С. Пономарьова

Об'єктом дослідження є виробництво кукурудзяного солоду. Вирішується проблема розробки інноваційної технології виробництва кукурудзяного солоду високої якості та універсального призначення.

Експериментально доведена раціональність використання плазмохімічно активованих розчинів, як інтенсифікатора солодування зерна кукурудзи, а також дезинфікуючого агента при реалізації технологічного процесу і отриманні кукурудзяного

солоду. Встановлено, що використання плазмохімічно активованих водних розчинів дає змогу стимулювати процес замочування і проростання кукурудзи. Енергія проростання збільшилась на 2–12%, здатність до проростання на 2–9%. Вологість зерна кукурудзи досягла 42% в 2,5 рази швидше. Моніторинг ферментативної активності показав динамічне збільшення кількості амілолітичних ферментів в 2,8–3,4 рази. Кількість протеолітичних ферментів збільшилось з 19 од./г в першу добу пророщування і сягнуло максимуму – 256 од./г на п'яту добу. Загальна кількість амінокислот підвищилась на 9,5%. Спостерігалось підвищення вмісту вітамінів А, D, Е, В₁, С, кількість яких збільшилась на 14–25%. Технологічні характеристики солоду показали збільшення екстрактивності на 5,7%, час оцукрювання зменшився до 15 хвилин, кислотність зменшилась на 0,3 одиниці, а вміст амінного азоту збільшився на 52,7 мг/100 г. Відмічені сталі дезінфікуючі властивості розчинів по відношенню до кукурудзяного солоду. Результати свідчать про отримання якісного кукурудзяного солоду.

Представлена технологія може бути використана при виробництві високоякісних безглютенових кукурудзяних солодів. На додачу пророщена кукурудза має функціональні властивості і може стати цінним компонентом при виробництві дієтичних безглютенових продуктів.

Результатом досліджень є розробка технології виробництва кукурудзяного солоду з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів.

Ключові слова: кукурудзяний солод, плазмохімічна активація, перексид водню, інтенсифікатор проростання, пророщена кукурудза.